مجلة علوم البحار والتقنيات البيئية
المجلد (1)، العدد (2) (ديسيمبر-2015)

ISSN: 2413-5267

مرض الانسمام الفلوري والمياه الجوفية: دراسة استطلاعية في الجيولوجيا البيئية والصحية في مناطق الشمال الغربي من ليبيا

أسامة أحمد أبو لبدة، فتحي محمد محمد، صالح أبو القاسم عمارة، أبوبكر علي سالم

قسم الحفر والموارد المائية، المعهد العالي لشؤون المياه، مدينة العجيلات، ليبيا.

Fluorosis and Groundwater: A Preliminary Environmental and Health Geology Investigation in the Northwestern Region of Libya

Abu-Libda O.A.M., Muhamed F.M.A., Amarah S.A.S., and Salem A.A.K.

Department of Drilling and Water Resources, Higher Institute of Water Affairs, Ajailat City, Libya.

الملخص

تعتبر ليبيا أحد دول الشمال الأفريقي الواقعة ضمن نطاق المياه الجوفية الحاوية على تراكيز فلورية تتجاوز الحد الآمن على الصحة البشرية (1.5 ملغم/لتر). وينتشر مرض الانسمام الفلوري في عدة مناطق بالقطر الليبي نتيجة لاستهلاك السكان مثل هذه المياه، ومنها المناطق الشمالية الغربية التي تعتمد مجتمعاتها على المكامن الجوفية الرسوبية في حوض سهل الجفارة لتلبية احتياجاتها اليومية من الماء في كافة الأغراض. تستطلع هذه الدراسة، من منظور جيوبيئي–صحي، العوامل والظروف التي أدت إلى تلوث المياه الجوفية بعنصر الفلور، ونشوء مرض الانسمام الفلوري في مجتمعات المناطق الشمالية الغربية من ليبيا. صممت منهجية البحث على أساس مزيج من ثلاثة أنواع، وهي: المنهج التاريخي، الذي يتيح تتبع تطور الظاهرة عبر الزمن ومقارنتها بمناطق عالمية تتشابه ظروفها مع منطقة الدراسة؛ والمنهج المسحي بطريقة الاستبيان، لتوثيق أدلة على الأرض تدعم عملية التحليل؛ والمنهج الوصفي، لتمثيل وتفسير البيانات المجموعة ضمن قالب موجه نحو توصيف المتغيرات وتفسير العلاقات ذات الارتباط بهذه الظاهرة. بينت نتائج الدراسة أن هناك مجموعة عوامل طبيعية وأخرى بشرية تتداخل فيما بينها ولها دور بارز في نشوء هذا المرض وتفشيه بالمنطقة. ومن أبرز العوامل الطبيعية، هي: الجيولوجيا المحلية، والمناخ الجاف، وكيميائية المياه الغنية طبيعيا بالفلور، وتضاريس الأرض المنبسطة، والقرب المكاني للمكمن المائي من البحر. أما العوامل البشرية، فشملت: الأنشطة التنموية المستنزفة للموارد الطبيعية والمرشِّحة للتدهور البيئي، والسلوكيات الاجتماعية الخاطئة تجاه الثروة المائية، والضعف العام بقضايا التثقيف الصحي. تقترح الدراسة إجراء قياسات على التراكيز الحقيقية للفلور في الخلفية الطبيعية لمنطقة الدراسة، لما لذلك من أهمية بالغة في دراسات تقييم الخطورة والصحة العامة.

الكلمات الدلالية: الفلور، الانسمام الفلوري، المياه الجوفية، جيولوجيا صحية، وبائيات بيئية.

Abstract

Libya is one of the North African countries situated in a high-groundwater fluoride province where fluoride concentrations in water exceed the permissible limit (1.5 *ml/l*). Consuming such type of water has been linked to the development of fluorosis in the country. The northwestern region of Libya is a typical example. The local community in this region depends heavily on groundwater, extracted from sedimentary aquifers of the Jefarah Plain Basin, as the main water supply for all applications. Placed on a geoenvironmental-health perspective, the present study explores the factors and conditions that play a key role in increasing fluoride concentrations in groundwater and, hence, the development of fluorosis in this part of Libyan geography. In doing so, the designed

ISSN: 2413-5267

methodology relies on the historical data pertaining to this phenomenon as well as world cases of similar conditions to the study area. In addition, a questionnaire survey was conducted in the study area to support data analysis and information synthesis, accompanied by a descriptive approach to cast all information into one pool that serves the interpretation process. The analysis results showed that two types of influences have prominently contributed to the development of fluorosis in the study area. The first one is related to natural factors, such as local geology, prevailing arid climatic conditions, naturally fluoridated groundwater, flat landscape topography, and aquifer's proximity to seawater (i.e., coastal basin). The second type is related to human factors, such as unsustainable exploitation of natural resources, deteriorative actions on the environment, unsound societal habits towards water resources, and overall poor health education. The study suggests the importance of determining the actual background values of fluoride in the study area as a priority information for environmental risk assessment and public health studies.

Keywords: *Fluoride, Fluorosis, Groundwater, Health Geology, Environmental Epidemics.*

1. مقدمة

يتفق المجتمع العلمي في العالم، على أن العوامل الطبيعية والبشرية الضاغطة على البيئة، تنعكس بلا شك على الخصائص الطبيعية للماء، وتؤدي إلى تضعضع نوعيته وترديها. ويعتبر الماء المتدهور بيئيا من الأوساط الفاعلة في نقل الأمراض والإصابة بالعدوى، ويشكل مصدرَ تهديدٍ للصحة العامة والاقتصاد الوطني. ومن المتغيرات المهمة التي تؤثر على نوعية المياه، ومدى ملاءمتها للاستعمال البشري، هي العناصر الكيماوية الشحيحة – كالسيلينيوم والمنغنيز والفلور والزرنيخ وغيرها (فوستر وآخرون، 2002). إذ رغم تواجد هذه العناصر بمقادير ضئيلة جدا في الماء، إلا أن أي اختلال ينجم عنه رفع مقاديرها، ولو بدرجات طفيفة، قد يجعل من الماء غير مناسب للاستعمال البشري، بل قد يهدد حياة المستهلك بعدد من المشاكل والعلل الصحية. فعنصر الفلور مثلا، لو تواجد في مياه الشرب بمستوى تركيز لا يتجاوز 1.5 جزء بالمليون – وهو الحد الأقصى المسموح به حسب توصيات منظمة الصحة العالمية (WHO, 2011) – فإنه يمنح الصحة البشرية عدة فوائد، منها: دعم مينا الأسنان وحمايتها من أخطار النخر والتسوس، والمساهمة في بناء العظام في الجسم. لكن إن تناول الإنسان مياها غنية بهذا العنصر بما يفوق هذا الحد التركيزي، فقد يؤدي ذلك مع مرور الزمن إلى تراكم الفلور في أجهزة الجسم المختلفة بمستويات حرجة وضارة على الصحة. وفي السنوات الأخيرة، حازت المياه الغنية طبيعيا بالعناصر الشحيحة على اهتمام العلماء والرأي العام؛ نظرا لخطورة الأمراض التي تسببها للإنسان، وآثارها المنعكسة على حياة المجتمع. ويعد الفلور من أبرز هذه العناصر؛ فالمياه الغنية به تعتبر المسبب الرئيسي في إصابة الملايين من سكان المعمورة بأعراض مرض الانسمام الفلوري (Fewtrell *et al.*, 2006؛ منظمة الصحة العالمية، 2015)

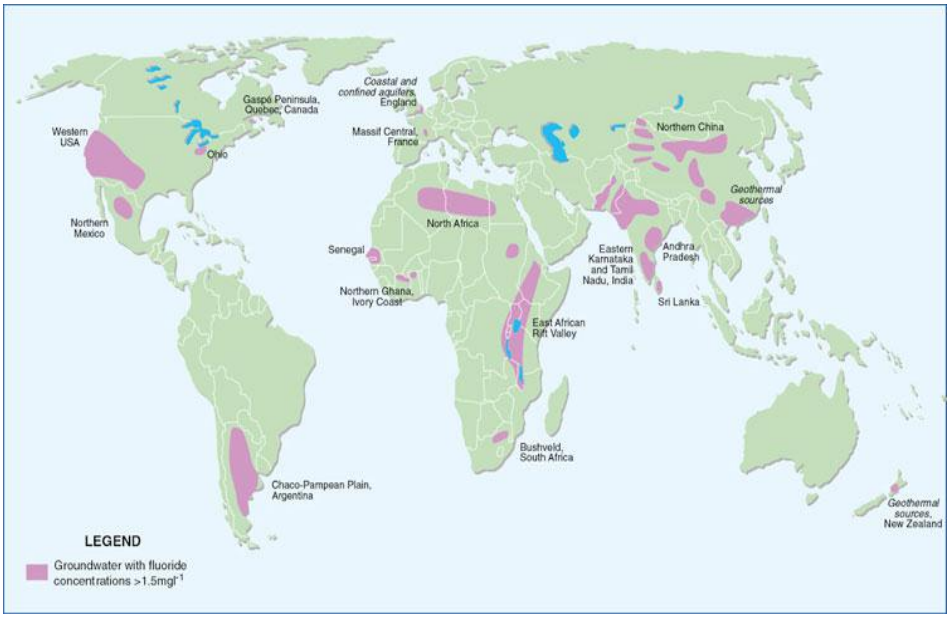
يعتبر الفلور (F) عنصراً لا فلزياً، وهو أخف الهالوجينات المعروفة وأكثرها سمية. كما أنه أكثر عناصر الجدول الدوري كهروسلبية وتفاعلية في الطبيعة. ويدخل الفلور في مكونات الترب والصخور والمياه والهواء والكائنات الحية بحالتي تأكسد فقط،

ISSN: 2413-5267

وهما: 0 في الحالة العنصرية، و-1 في الحالة الأيونية. ويتواجد الفلور في المواد الطبيعية الصلبة بمقادير نزرة، وأشهر معادنه هي الفلورايت والفلوروسبار (CaF_2)، والكريولايت (Na_3AlF_6)، والفلوروأباتايت ($Ca_5(PO_4)_3F$) (Nagy & Nagy, 2007; Kabata-Pendias & Pendias, 2001). أما في المياه الطبيعية، فهو يتواجد على شكل أيون شارد، يسمى بالفلورايد، وتعتبر تراكيزه في المياه السطحية العذبة، بشكل عام، منخفضة المستوى (0.01-0.3 ملغم/لتر) إذا ما قورنت بمثيلاتها في المياه تحت السطحية (<1-35 ملغم/لتر)، حيث تعتبر الأخيرة عرضة أكثر للتفاعلات مع صخور ومعادن المكمن الجوفي (BGS, 2015).

على مستوى العالم، يمكن تمييز عدد من المقاطعات المائية الغنية بالفلور (شكل 1)، والتي يتجاوز فيها تركيز هذا العنصر الحد الآمن على الصحة البشرية (1.5 ملغم/لتر). في هذه المناطق، تتأثر بعض التجمعات السكانية التي تعيش على هذه المياه بالتراكيز الفلورية العالية؛ حيث أكدت التقارير الطبية الواردة منها طيلة سنوات عديدة، توطن وباء الانسمام الفلوري وتفشيه بين مختلف الفئات العمرية (Edmunds & Smedley, 2005). وتكمن مخاطر هذا الوباء، على وجه التحديد، في كون الاعتلالات التي يوقعها بالمصاب به تبلغ من الخطورة ما يرهق المريض، ويؤرق الأطباء والمشرعين والعامة: فهي لا تقتصر على فئة عمرية بذاتها، أو عضو بدني محدد، أو حالة صحية معينة مهما كان مستواها الاستعدادي لمقاومة الأمراض. كما أن بعضاً من تأثيراته غير قابل للعكس، وبعضها الآخر علاجه مكلفٌ ويحتاج لمتابعة طويلة الأمد، وأخرى قد تستمر مع المريض خلال أطوار حياته المختلفة حتى وفاته. ومن هذه التأثيرات :(1) اعتلالات تطال الدماغ، على شكل اضطرابات عصبية وعقلية وسلوكية، مثل: التوحد والاكتئاب وصعوبة التعلم وانخفاض في مستوى مؤشر الذكاء وفقدان للذاكرة والخرف، (2) اعتلالات تطال الغدد الحيوية المسؤولة عن عمل الهرمونات، مثل: قصور في الغدة الدرقية نتيجة لمنافسة الفلور عنصر اليود في الجسم، وخلل في الغدة الصنوبرية المسؤولة عن تنظيم إنتاج هرمون الميلاتونين المسؤول عن تنظيم سن البلوغ وحماية خلايا الجسم من التأثيرات التدميرية التي تسببها الجذور الحرة، (3) اعتلالات تطال الأسنان، على شكل تبقع أو تخطط ملون وضعف في طبقة المينا السنية والتي قد تتطور إلى سقوط الأسنان، (4) اعتلالات تطال العظام والعمود الفقري، على شكل آلام المفاصل، تيبس في الغضاريف، تكلس في الأربطة، تشوهات في الأطراف، وهن بالعمود الفقري، تقوس في القدمين، وهشاشة عظمية قد تتطور إلى الشلل والكساح، (5) اضطرابات أخرى، مثل: زيادة الوزن، وانتفاخ البطن، وضعف المناعة العامة في الجسم ضد الأمراض، وأضرار محتملة على الأشخاص الذين يعانون من أمراض الكلى نتيجة فشل جهاز الإخراج في طرح الفلور من أجسامهم، مما يؤدي مع مرور الزمن إلى تراكمه في الأنسجة الحيوية بتراكيز عالية وسامة (Yiamouyiannis, 1993؛ Li *et al*,. 1994؛ Fawell *et al*., 2006؛ NRC, 2006؛ Fagin, 2008؛ Chachra *et al*., 2010؛ Choi *et al*., 2012؛ Connett, 2015؛ حداد، 2015؛ منظمة الصحة العالمية، 2015).

ISSN: 2413-5267



شكل 1. خارطة توزيع الأحواض المائية تحت السطحية الغنية بالفلور (>1.5 ملغم/لتر) في العالم (BGS, 2015)

أما عن الطبابة من هذا المرض، فإن التدخل الطبي بشكل عام محدود التأثير، ويقتصر في معظم الحالات على شكل علاج مكمل، يُعطى فيه المريض جرعات طبية من عناصر حيوية للجسم، كالكالسيوم، والمغنيسيوم، واليود، وفيتامين (د)، وبعض العقاقير المحفزة لعمل الإنزيمات والهرمونات التي أحبط الفلور نشاطها الطبيعي في الجسم. ولقد استدعت هذه المخاطر الصحية المقلقة بعض الحكومات لإعادة التفكير في سياساتها المائية الخاصة بقضية الفلور الموجود في مياه الشرب. كما أثير جدل كبير على مستوى العالم، بين مؤيدين ومعارضين، حول البرامج الوطنية التي يتم فيها إضافة الفلور إلى مياه الشرب عمداً لأغراض الوقاية الصحية (Nagy & Nagy, 2007). وقد أفضى مثل هذه الجدل إلى امتناع العديد من الدول عن إضافة الفلور إلى مياه الشرب، مثل: أستراليا وبلجيكا والدنمارك وفرنسا وفنلندا ولكسمبورغ والنرويج وسويسرا وألمانيا وهولندا وإيطاليا (جريدة المؤتمر، 2015)؛ بينما عمدت أخرى إلى إعادة النظر في تشريعاتها القديمة، باتجاه تخفيض نسبة الفلور المائي إلى مستويات أقل من تلك التي كان معمولا بها سابقا. فالولايات المتحدة، على سبيل المثال، قامت في السنوات الأخيرة بتقليل الحد الموص به من الفلور في مياه الشرب، إلى مستوى 0.7 ملغم/لتر، بعد أن كان طيلة 50 عاما مضت يمتد إلى مستوى 1.2 ملغم/لتر (سي إن إن العربية، 2011). وجاءت هذه التعديلات بعدما كشف النقاب عن المخاطر الصحية المترتبة عن الاستهلاك طويل الأمد للمياه المفلورة. أما في دول العالم النامي، فبالرغم من كونها أكثر الدول المتضررة من المياه الغنية بالفلور، إلا أن هذا الموضوع لا يلقى اهتماما كافيا في أجندتها الوطنية؛ نظراً لاعتبارات سياسية وتكنولوجية واجتماعية (EAWAG, 2015). لكن بتكشف المزيد من

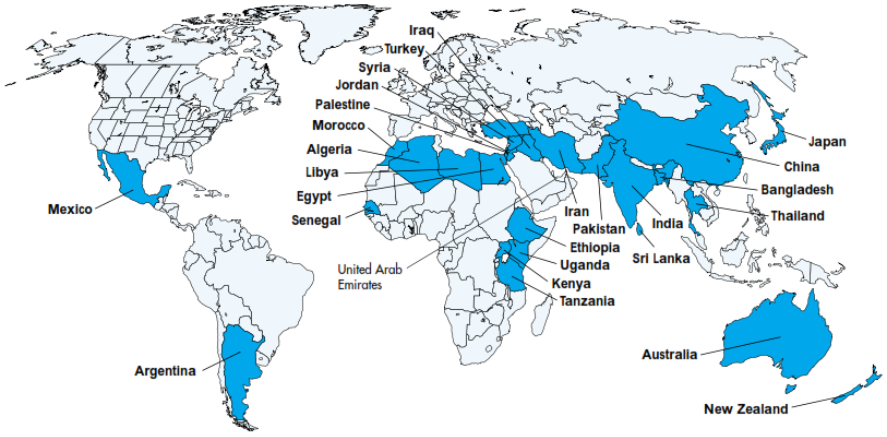
ISSN: 2413-5267

المعلومات حول الأضرار الناتجة عن ارتفاع تركيز الفلور في مياه الشرب، وعلاقة ذلك بنشوء الأمراض، والتبعات الاقتصادية المترتبة على المواجهة – سنشهد بالمستقبل القريب إعلان العديد من دول العالم، نيتها إعادة التفكير في تشريعاتها المائية الحالية بشأن الفلور؛ لحماية مواطنيها واقتصادها الوطني من التدهور والاستنزاف.

على الخارطة العالمية للوبائيات البيئية، نجد أن مرض الانسمام الفلوري ينتشر في معظم قارات الأرض (شكل 2)، وضحاياه يتجاوز عددهم 200 مليون شخص، أغلبهم يعيشون في دول العالم النامي (BGS, 2015). في الهند وحدها، تضرر 62 مليون شخص – من ضمنهم 6 مليون طفل – بمرض الانسمام الفلوري المستوطن بالبلاد (Susheela 1999)، وهناك 17 من أصل 22 ولاية هندية مهددة حاليا بخطر الإصابة به (Edmunds & Smedley, 2005). وفي الصين، أشارت دراسات (Wang *et al.*, 2012) إلى وقوع 39 مليون شخص – يقطنون في 51,695 قرية موزعة على 27 إقليما في شمال ووسط البلاد – تحت تأثير مرض الانسمام الفلوري؛ نتيجة احتواء مياه الشرب في مناطقهم على تراكيز فلورية تتجاوز المعايير الصينية (1.2 ملغم/لتر). وفي اليمن، هناك 5 محافظات تعاني من هذا الوباء؛ نتيجةً لاعتماد السكان على مياه جوفية غنية بالفلور. وقد سجلت تقارير رسمية قيم تراكيز الفلور في مياه تلك المناطق ضمن المدى 2.5–32 ملغم/لتر (صحيفة الجمهورية، 2007). وفي مسح أجري في السعودية على أكثر من 1000 بئر مياه، موزعة في أرجاء البلاد، تبين أن مستويات الفلور العامة كانت ضمن المدى 0.1–5.4 ملغم/لتر، مع الإشارة إلى أن المناطق الوسطى والشمالية حظيت بالنصيب الأكبر من المياه التي تتجاوز تراكيز الفلور فيها الحدود الآمنة. ووثقت مسوحات الصحة المجتمعية، في بعض تلك المناطق، إصابة 77% من الأطفال ذوي الأعمار ما بين 12 و13 سنة، بأعراض التبقع السني؛ جراء تناولهم مياها يتجاوز محتواها الفلوري مستوى تركيز 0.8 ملغم/لتر (المهندس، 2009). والأمثلة كثيرة في بلدان أخرى.

وعن الوضع في ليبيا، ففي الواقع لا يتواجد في الأدبيات العلمية المنشورة دراسات يعتد بها حول هذا الموضوع، بالرغم من وقوع البلاد ضمن أحد النطاقات العالمية المتأثرة بهذا المرض؛ لربما بسبب قلة اهتمام كل من الجمهور العادي ومجتمع العلماء في هذا القطر بقضية المياه الغنية بالفلور، أو عدم تشكل وعي كافٍ بعد بخطورتها على الصحة العامة والاقتصاد الوطني. ورغم أن نسبةً لا بأس بها من سكان ليبيا يعتمدون على المياه المحلاّة في التزود بمياه شرب نقية صناعيا من الفلور، خصوصا المدن الساحلية التي تكثر فيها محطات المعالجة والتعبئة التجارية؛ إلا أن هناك شواهد حقيقية تدلل على إصابات جماعية بأعراض الانسمام الفلوري في البلاد (انظر دراسة Sunil *et al.*, 2013). يضاف إلى ذلك أن مساهمة المياه المحلاة في الحصة المائية الكلية للبلاد، تعتبر محدودة عموما إذا ما قورنت بمساهمة المياه الجوفية. فقد وصلت نسبة إسهام الأولى الفعلي عام 2000 إلى 0.5% فقط من الميزان المائي العام (الأربش وآخرون، 2000).

ISSN: 2413-5267



شكل 2. توزيع أماكن توطن مرض الانسمام الفلوري المرتبط بالمياه في العالم (UNICEF, 1999)

أما الدراسات الاستشرافية (سالم، 1995)، فقدرتها أن تصل خلال العام 2050 إلى 4.2% فقط من إجمالي الموارد المائية المتاحة والممكن تدبيرها؛ وهي نسبة ضئيلة جدا، لو قوبلت بالمساهمة المتوقعة للمياه الجوفية (80.7%) لنفس العام. وهذا يعني أن المياه الجوفية ستستمر خلال العقود القادمة بتصدّر قائمة الموارد المائية الأساسية التي تلبي حاجة السكان اليومية من المياه. وبجانب ذلك، لا توجد حتى زماننا هذا تقنية معالجة تعنى بإزالة الفلور وحده دون المساس (زيادة أو نقصانا) بالمكونات الكيماوية الأخرى. كما أن كثيرا من الأنظمة الحديثة هي إما أنها غير مصممة بالأصل للتعامل مع المياه الغنية بالفلور، أو أن تشغيلها يؤدي إلى نزع مجمل المحتوى الفلوري من المياه (95% كفاءة النزع في أجهزة النضح العكسي كمثال)؛ فيصبح بذلك الماء المعالج خاليا من أي فلور مفيد للصحة (Dahi, 2009). ولا يعرف ما هو الحال لدى تلك المجتمعات القاطنة في المناطق الداخلية البعيدة عن السواحل، خصوصا القرى والمدن النائية وتجمعات البادية في الوسط والجنوب الليبي، حيث تقل فيها أعداد محطات التحلية؛ مقابل اعتماد الناس المكثف على المياه الطبيعية المخزونة في باطن الأرض. كما أنه لا يتوفر في متناول الباحث معلومات مرتبطة بصحة السكان في ليبيا، تساعده على وضع تقييم رصين لتأثيرات المياه الغنية بالفلور على حياة المواطنين، كالمعطيات الخاصة بالجرع، ومدة التعرض، ومسارات التعرض، والخصائص السكانية، والحالة الصحية والعادات اليومية، ونمط المعيشة، والاستعداد الوراثي للإصابة بالأمراض، وغيرها من المعلومات الهامة في دراسات الخطورة؛ الأمر الذي يعني وجود تحديات وعقبات كبيرة أمام الباحث، تعيق من إجراء التحقيقات العلمية حول هذا الوباء البيئي. ورغم أن الظروف المواتية لنشوء هذا المرض في ليبيا تتشابه بشكل عام مع حالات لمناطق أخرى في العالم تأكدت إصابتها به؛ إلا أن الدراسات التي توثق هذه الظاهرة في القطر الليبي، بأسلوبٍ علميٍّ ووافٍ، وتشخص تأثيراتها الصحية والاقتصادية والاجتماعية على السكان – ما زالت شحيحة جدا، وغير متاحة للباحثين والمهتمين بالموضوع. وإننا نرى أن استمرار هذه الحالة من عدم الإدراك (أو الإنكار أصلاً) بوجود المشكلة، وتباطؤ السعي نحو

ISSN: 2413-5267

تغيير حالة التغييب المعرفي بآثارها المحتملة – سيعني بلا شك تخبطا في الآراء ووجهات النظر، وقصورا بيّناً في تقييم الأوضاع، وانحرافا عن جادة الصواب في استصدار الأحكام والفصل في هذه المسألة.

2. أهداف الدراسة

تمثل الدراسة الحالية في هذه الورقة استطلاعا أوليا، يسلط الضوء على ظاهرة الانسمام الفلوري كوباء بيئي مرتبط بالمياه الجوفية في المناطق الساحلية الواقعة بالشمال الغربي من ليبيا. وتستهدف الدراسة، من منظور جيوبيئي–صحي، تشخيص العوامل والظروف والعلاقات التفاعلية، التي يحتمل أنها أفضت إلى اغتناء المياه الجوفية بالفلور ونشوء هذا الوباء وتطوره في مجتمعات تلك المناطق. ويعتبر هذا الاستطلاع، بشكل عام، دراسة مكتبية موجهة لتحصيل فهم أفضل حول قضية المياه الغنية بالفلور، وعلاقتها بجغرافية المرض، وارتداداتها – إن وجدت – على المجتمع الليبي. وتحقيق مثل هذا الفهم بلا شك سيسهم في سد الفجوة المعرفية الراهنة لدى المجتمع العلمي في ليبيا، والارتقاء بمستوى الوعي الجماهيري، حول هذه الظاهرة البيئية وآثارها المنعكسة. ويؤمل من تحقيق هذه الأهداف، في نهاية المطاف، الخلوص بمجموعة من المؤشرات الهامة، التي قد تعين، من جهة، على رسم وسائل المعالجة والوقاية الفعالة ضد هذا الوباء، وتدعم، من جهة أخرى، الباحثين وأولي الأمر على إصدار القرارات المبنية على الوعي الناضج، والمعرفة الكافية بحيثيات المشكلة.

3. منهجية الدراسة وأدواتها

في ظل الندرة الحالية من الدراسات والمعلومات المتعلقة باغتناء المياه الجوفية بالفلور، وبوباء الانسمام الفلوري في ليبيا عموما، ومناطق الشمال الغربي خصوصا، وتلبية للأهداف المذكورة أعلاه – ارتأى فريقنا البحثي أن تصمم منهجية الدراسة كخليط يجمع بين المناهج التاريخية، والمسحية، والوصفية. من خلال المنهج التاريخي، أتيح لفريقنا فرصة جمع، وعرض، وتحليل الوقائع والأحداث الزمنية الماضية، التي يُعتقد أنها لعبت دوراً في إغناء المياه بالفلور، وانتشار مرض الانسمام الفلوري في منطقة الدراسة، إلى أن وصلت إلى ما هي عليه اليوم. وفي ذلك، تم الاعتماد على مصادر أولية وثانوية متنوعة، مثل: الدراسات الجيولوجية السابقة، والوثائق الخرائطية، والأبحاث المنشورة في بوابات المعلومات المفتوحة، وتقارير الصحف والمجلات، وغيرها من المنشورات الصادرة بهيئات ورقية ورقمية عن جهات محلية وعالمية. وقد تركز التحليل على حالات دراسية من مناطق في العالم تتشابه ظروفها المحلية، إلى حد بعيد، مع الظروف السائدة في منطقة الدراسة، وذلك بغرض إجراء المقارنات، وتسهيل عمليات الربط والتفسير. ومن خلال المنهج المسحي، قام فريقنا بإجراء المقابلات الشخصية، والمعاينة الميدانية، وتوزيع استبيان مكون من أكثر من 30 سؤال من النوعين المغلق والمفتوح، على عينات عشوائية من المجتمع البشري، القاطن في أربعة مدن بالشمال الغربي، وهي: العجيلات،

ISSN: 2413-5267

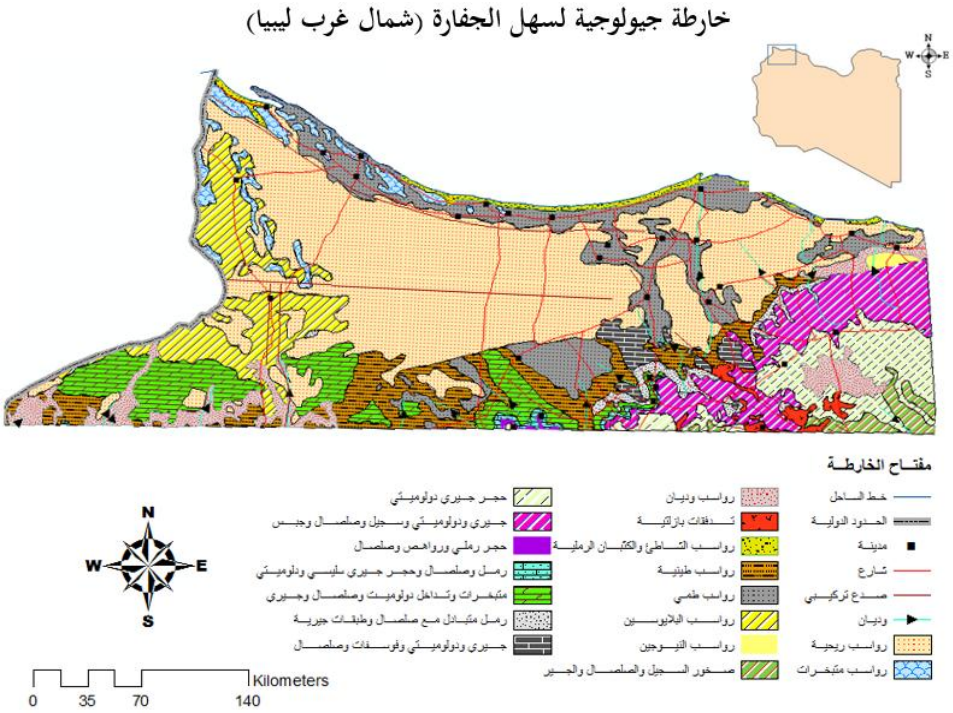
والهيش، وصرمان، وصبراتة. واستهدف المسح جمع معلومات تفصيلية حول مظاهر محددة لدى السكان، تشمل عاداتهم الصحية وسلوكياتهم المائية، التي يعتقد أن لها دوراً في تطور المشكلة. كما اعتمدنا، بشكل رئيسي، على رصد عَرَض تبقع الأسنان عند المبحوثين، كأحد الدلائل المؤشرة على الإصابة بمرض الانسمام الفلوري في المنطقة. وننسب ذلك إلى حجتين: (1) ارتباط هذا العرض، بشكل مباشر ولصيق، بمرض الانسمام الفلوري تحديدا، (2) سهولة رصده والكشف عنه بالملاحظة الميدانية المباشرة، حتى من قبل غير المختص، بعد إعطائه شيئا من التدريب على ذلك (اتصالات شخصية مع الأطباء أسامة الزواغي، وفتحي العظيم، وأحمد علي الفلاح، وفاطمة سعد، ووسام المدهوني). وحتى تاريخ إعداد هذه الورقة، كان فريقنا قد أنجز 138 استبانة وافية ومدعمة بمواد توثيقية، وآراء لجهات طبية. وفي المنهج الوصفي، تم تجميع وتكامل المعلومات المتحصل عليها بالأدوات السابقة، ومعالجتها في إطار وصفي شامل يقود إلى استقراء معلومات جديدة، واستخلاص دلالات هامة، وإصدار أحكام وتوصيات.

4. تحليل وتفسير معطيات الجيولوجيا والبيئة

1.4. الجيولوجيا المحلية

تقع منطقة الدراسة ضمن حدود سهل الجفارة في الشمال الغربي من ليبيا (شكل 3)، وهو منطقة منبسطة تقدر مساحته بحوالي 27640 كم مربع ويتضمن حوضا مائيا يسمى باسمه (حوض سهل الجفارة) والذي يعتبر المورد المائي الطبيعي والرئيسي الذي يزود سكان مناطق الشمال الغربي باحتياجاتهم من المياه في كافة الأغراض (حسن وضو، 2008). وتشير الدراسات الجيولوجية لمركز البحوث الصناعية (1985)، أن تكوينات المكامن الجوفية في هذا الحوض نشأت من عمليات ترسيب متكررة لرواسب بحر التيثس العظيم، خلال الزمن الجيولوجي الغابر، ابتدأت في العصور التي سبقت الميوسيني، وتوقفت في العصور اللاحقة له؛ نتيجة لعمليات رفع تكتونية. وقد أفضت هذه الترسيبات البحرية القديمة، إلى تكوين خليط متنوع ومتداخل فيما بينه من عائلات صخور الجير الكلسية والدولوميتية والسليسية، وصخور الرمل، والسجيل، والصلصال، والفوسفات، والمتبخرات الملحية. ترسبت هذه التكوينات في بعض الأماكن بسماكات صخرية معتبرة، وتستضيف معادن مختلفة غنية بالفلور، مثل: الفلورايت، والأباتايت، والمايكا، والفلدسبارات. وحيثما كانت المياه متلامسة مع هذه المعادن، فإنها ستتفاعل معها وتحل الفلور منها؛ متحولة بذلك إلى مياه غنية بهذا العنصر (Edmunds & Smedley, 2005).

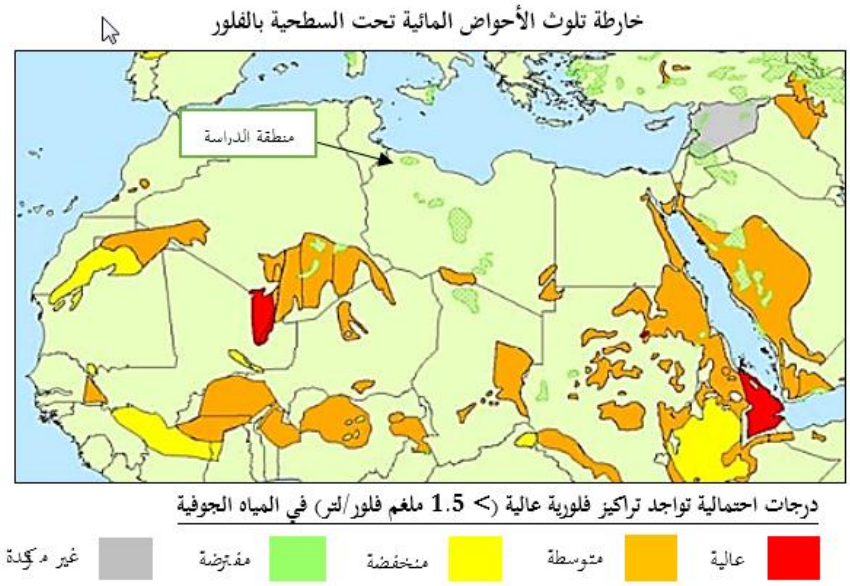
ISSN: 2413-5267



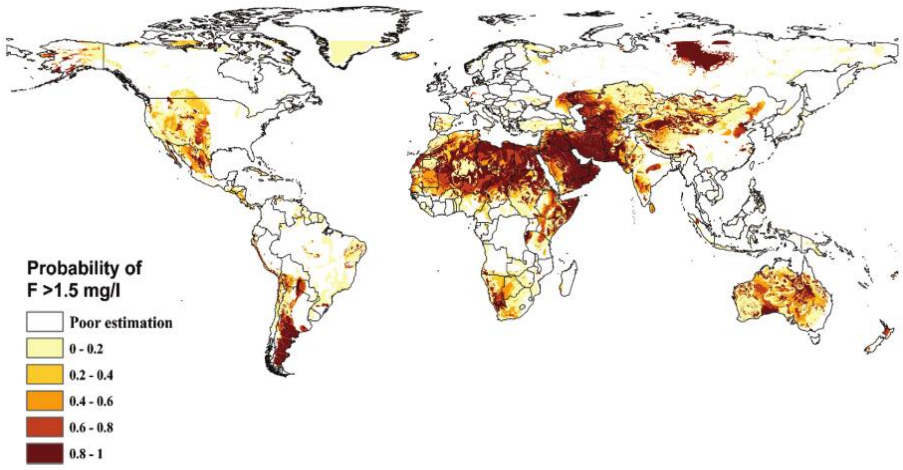
شكل 3. التكوينات الجيولوجية المنكشفة في منطقة الدراسة (مركز البحوث الصناعية، 1985)

ورغم عدم توفر معلومات في المراجع والمصادر المفتوحة تؤكد مستويات التراكيز الحقيقية للفلور في المياه الجوفية بحوض سهل الجفارة، أو في معادن تكويناته الجيولوجية، إلا أنه وبالاستعانة بالخرائط الهيدروجيوكيميائية لقارة أفريقيا (شكل 4)، يمكن استشفاف أدلة على اغتناء مياه الحوض بهذا العنصر. ويعزوا الباحثون أسبابه إلى طبيعة الجيولوجيا المحلية، والمناخ الجاف بالمنطقة. كما أن الأبحاث الأخيرة المعززة بنماذج رياضية في بيئة حاسوبية (Amini *et al.*, 2008)، والتي أخذت بحسبانها عددا من المعايير الجيوبيئية ذات العلاقة بالفلور المائي – كخصائص الترب، وجيولوجية المنطقة وطوبوغرافيتها، والمناخ السائد – قد أشارت إلى احتمالات كبيرة جدا بتلوث المياه الجوفية لمنطقة الدراسة بعنصر الفلور، وبمستويات خطرة على الصحة العامة؛ فضلا عن أن أكثر "المواقع الساخنة hot spots" – أي الملوثة وشديدة الخطورة– تتوزع بشكل ملحوظ في معظم الأحواض المائية الممتدة على الساحل وفي بطن الصحراء الليبية (شكل 5). لكن نتائج هذه الأبحاث خلت من أي إشارة إلى قيم التراكيز الحقيقية للفلور في مياه تلك المناطق.

ISSN: 2413-5267



شكل 4. خارطة توزيع التراكيز الفلورية العالية في المياه الجوفية لشمال أفريقيا



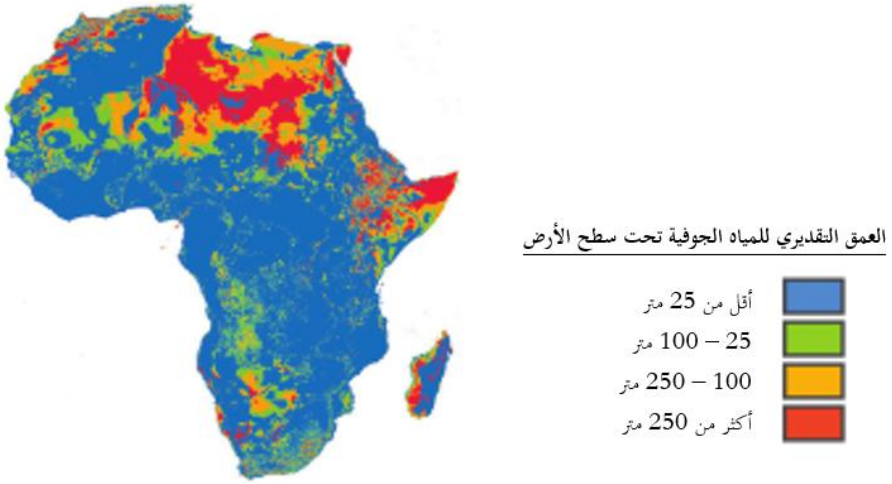
شكل 5. خارطة احتمالات تواجد تراكيز فلورية تتجاوز المستوى 1.5 ملغم/لتر في المياه الجوفية (المصدر: Amini *et al.*, 2008)

2.4. عمق المياه وزمن مكوثها

يرتبط اغتناء المياه بالفلور الطبيعي بعلاقة طردية مع عمق المياه وزمن مكوثها. فالمياه الواقعة على أعماق سحيقة، وبعيدة عن منسوب السريان الطبيعي، تعتبر قديمة بالعمر، ولا تتسرب إليها المياه المجدِّدَة أو الحديثة. مما يعني أن زمن المكوث الطويل لهذه المياه يتيح لها متسعا من الوقت بما يكفي للتفاعل مع المعادن الملامسة لها، وانحلال الشوائب الطبيعية – والفلور أحدها – من الأطوار المعدنية؛ وبالتالي تلوث المياه بها. لذلك، تميل المياه العميقة بطبيعتها إلى الاغتناء بالفلور. أما المياه الواقعة على أعماق ضحلة،

ISSN: 2413-5267

فهي عموما حديثة العمر كونها تتجدد بين حين وآخر وتمتزج بمياه متسربة إليها من السطح. وبسبب زمن مكوثها القصير؛ فإنه لا يتاح لها فرصة كافية للتفاعل مع المعادن الملامسة لها، وأخذ الفلور منها. لذلك، تميل هذه المياه إجمالاً إلى الافتقار بهذا العنصر (Edmunds & Smedley, 2005; Brindha & Elango, 2011). وتشير خرائط العمق التقديري للمياه الجوفية بالشمال الأفريقي (شكل 6) إلى الأعماق الكبيرة التي تتواجد عندها المياه تحت السطح، والتي تصل إلى 100 متر، وأحياناً إلى أكثر من 250 متر في بعض الأماكن. ويتضح من هذه الخرائط أن حوض سهل الجفارة هو أحد هذه الأحواض الذي تختزن طبقاته مياها جوفية على أعماق موغلة في الأرض؛ مما يثير الشكوك حول نوعية هذه المياه وغناها بالأملاح والشوائب الطبيعية، وامن بينها تركيزات من الفلور. فقد رُصدت الأعماق التي اكتشفت عندها المياه الجوفية في الآبار الاستخراجية المحفورة في طبقات المكمن السفلي (تكوين العزيزية، الترياسي) إلى 200-350 متر وسط وجنوب السهل، و600-1,200 متر شمال السهل. أما في المكمن الأوسط (تكوين أبو شيبة، الجوراسي-الكريتاسي)، فقد وصلت الأعماق إلى 300-350 متر شرق السهل، و350-700 متر وسط السهل، و215-320 متر جنوب وسط السهل. أما في الطبقات الأحدث (المكمن الرباعي)، فوصلت أعماق المياه إلى 250-500 متر (الميوسيني السفلي)، و70-120 متر (الميوسيني الأوسط)، و30-150 متر (الميوسيني العلوي) (ضو ومحمد، 2006؛ صقر والوحيشي، 2005). أما عن العمر الحقيقي لهذه المياه، فقد بينت دراسات جيوكيمياء النظائر التي أجراها الطرابلسي والزواري (2012) في الجزء التونسي من ذات الحوض، أن قيم نشاط الكربون-14 للمياه في طبقات الميوسين (المكمن السطحي الرباعي) كانت منخفضة جدا نتيجةً لانخفاض كميات التغذية التي تشحن المكمن بمياه (مطر) مجدِّدة، والتي تراوحت إجمالاً ما بين 0.5 و3.5 ملم/سنة. وباستخدامهما نظائر الأكسجين-18 والتريتيوم، تمكن الباحثان من تقدير عمر المياه الجوفية في المكامن ضحلة العمق (الميوسين) ضمن المدى < 10,000-27,795 سنة قبل الحاضر؛ بينما وصلت في المكامن سحيقة العمق (الترياسي) إلى 38,780 سنة قبل الحاضر. واستنبط الباحثان أن المياه الجوفية في حوض الجفارة تعتبر قديمة إجمالاً، وأنه لم يحدث لها تجدد منذ الفترات الباردة خلال العصر الجليدي المتأخر.



شكل 6. خريطة العمق التقديري للمياه الجوفية في قارة أفريقيا (MacDonald *et al.*, 2011)

ISSN: 2413-5267

وبالاستعانة بهذه المعطيات، يمكن تقسيم المياه الجوفية لحوض سهل الجفارة إلى فئتين رئيسيتين: الفئة الأولى تمثلها المياه الحديثة، وهذه تقع إجمالا على أعماق ضحلة، وأغلبها مخزون في طبقات تنتمي للحقبة الجيولوجية الحديثة وحتى العصر الحالي. والفئة الثانية تمثلها المياه العتيقة، وهي مياه قديمة جدا تقع على أعماق سحيقة، وأغلبها مخزون في طبقات الحقبة الجيولوجية الوسطى وما قبلها، حيث كانت الظروف المناخية آنذاك أكثر رطوبة وإمطاراً. ويعزا العمر الحديث نسبيا لدى الفئة الأولى إلى دور المياه المجددة التي يستقبلها المكمن في مواسم الأمطار وتدفق وديان السهل، والتي تسبب عموما أثراً تخفيفيا على كيميائية المياه الجوفية. أما الفئة الثانية فلا تستقبل مياها مجددة معظم وقتها؛ وزمن مكوثها الطويل في مكمنها يتيح لها فرصة كافية للتفاعل مع معادن التكوينات الصخرية الملامسة لها؛ وبالتالي اغتنائها بالشوائب المعدنية. ويستدل على هذا الاغتناء بملاحظة التغيرات في نوعية المياه الجوفية بدلالة العمق، حيث سجل ارتفاع ملحوظ في تراكيز الأملاح المذابة على طول ممال العمق تحت السطح (بلغت 2.5-4.5 غم/لتر في طبقات المكمن الرباعي الميوسيني السفلي)، وصولاً إلى المكامن السحيقة (الكريتاسية والجوراسية)، والموغلة في العمق (أقدم من الترياسي) التي وجدت بملوحة فائقة ونوعية رديئة جدا لا تؤهلها للانتفاع الاقتصادي، كما في حالة مكمني كرش وأولاد شبي (صقر والوحيشي، 2005). كما أن ارتفاع محتوى الأملاح بدلالة العمق وزمن المكوث الطويل لا بد له من أن ينسحب أيضا على تراكيز الفلور، بالنظر إلى انتشار معادنه الواسع بتكوينات حوض السهل؛ رغم عدم وجود معلومات منشورة حول قيم تراكيزه الفعلية للتحقق من ذلك. لكن الباحثين إدموندز وسميدلي (Edmunds & Smedley, 2005) أشارا إلى دراسة الباحث تراڤي (Travi, 1994) الذي قام بقياس التراكيز الفلورية في المياه الجوفية المختزنة في التكوينات الطبقية الممتدة من عصر الكريتاسي إلى العصر الرباعي، في الغرب التونسي (القريب جغرافيا من الغرب الليبي). وتراوحت القيم إجمالا ضمن المدى 0.1-2.3 ملغ/لتر؛ مع تركز ملحوظ لأعلى القيم (بمعدل 1.7 ملغم/لتر) في المياه المخزونة في الطبقات الكريتاسية، القديمة عمراً والموغلة عمقاً؛ مما يدلل على ميل الفلور للازدياد كلما تعمّقت المياه وقَدِمَ عمرها. ونتوقع أن ما يحصل في حالة التكوينات التونسية ينطبق أيضا على تكوينات سهل الجفارة الليبية؛ كون النظيرين يشتركان في نفس ظروف النشوء الجيولوجي.

3.4. كيمياء المياه

يغلب على تربة سهل الجفارة النوع الأحمر البني، ذي القوام المزيج من الرمل والطمي، والغني بكربونات الكالسيوم والأملاح والجبس، والدالة الهيدروجينية المرتفعة (pH=8-8.6) (بن محمود، 2013؛ صقر والوحيشي، 2005). وهذه الظروف من القلوية والملوحة الترابية تنعكس على كيمياء المياه الأرضية عموما، وسلوك الفلور المائي خصوصا. ففي مثل هذه الظروف الجيوكيميائية تمتاز المياه الغنية بالفلور بالخصائص التالية (Edmunds & Smedley, 2005): (1) مستويات تركيز أيونات الصوديوم والبايكربونات فيها أعلى من مستويات تركيز أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم، (2) الدالة الهيدروجينية للوسط تميل إلى الارتفاع. في مثل هذه البيئات القلوية، تتفاعل المياه المتسربة خلال الترب والصخور مع غاز ثاني أكسيد الكربون المتضمن فيها، وينشأ عن ذلك مركب H_2O_3 المسؤول عن إنتاج البايكربونات HCO_3^-. وعندما تنحل نواتج التجوية بالماء، فإن البايكربونات تتحرر منها؛ مسببة على إثر ذلك رفع قيم الدالة الهيدروجينية للوسط، وشيوع ظروف قلوية في الماء؛ الأمر الذي

ISSN: 2413-5267

يعظّم من ذوبان المعادن الفلورية، وانفلات الفلور منها وتأينه، وبالتالي ترتفع نقوليته ويدخل في الماء. وبالقياس على أحد معادن الفلور الكلسية، كالفلورايت، فإن تفاعلات ذوبانه تتخذ شكل المعادلة التالية:

$$CaF_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2F^- \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

تقوم المياه المتسربة في طريقها بشطف المواد المنحلة ومعها الفلور المذاب. وكلما كان السطح الأرضي منبسطا وشديد التجوية (كما في حالة سهل الجفارة)، كلما سنحت الفرصة للمياه بالمكوث الطويل، والتفاعل مع المعادن الفلورية الملامسة لها، وإذابتها وانحلالها؛ وبالتالي انفكاك الفلور منها. ويصاحب عملية الذوبان أيضا تكون المزيد من البايكربونات التي ترفع قلوية الوسط، والتي بدورها تسرّع تفاعلات الذوبان والانحلال. وإن تصادف وجود معادن صلصالية قلوية في التكوينات، فإنها ستقوم أيضا بتنشيط هذه التفاعلات. كما تعمل الظروف القلوية على توهين تأثير الامتزاز الذي يتسبب بحجز الفلور وتثبيته في الأطوار الصلبة، وفي ذلك خدمة جليلة للفلور تبقيه طليقا ونقوليا في البيئة. وتبقى عملية الذوبان مستمرة حتى تتساوى مستويات تراكيز الفلور المنحل في الماء مع مستويات تركيزه في معدن الفلورايت (الاتزان الكيميائي). وإذا توغلت المياه في العمق وطال زمن مكوثها وتماسها مع المعادن الفلورية، فإن عمليات التبادل الكاتيوني في النظام ستنشط تدريجيا بجانب تفاعلات الذوبان. ويحدث فيها أن تحل أيونات الصوديوم محل أيونات الكالسيوم؛ منقصة بذلك تراكيز الأخير، ومطلقة العنان لأيونات الفلور المنحل بالتركز في الماء. وقد تأتي أيونات الصوديوم من مصادر قلوية متنوعة كالصخور والترب الصلصالية، والبركانيات القلوية، أو نطاقات تداخل الموالح مع المياه الجوفية. وبالاستمرار على هذه الوتيرة، يحدث للكالسيوم في آخر المطاف عملية نزع من المنظومة المائعة؛ فتتحول المياه شيئا فشيئا من نظام عَسِر غني بالكالسيوم، إلى نظام يَسِر غني بالصوديوم والبايكربونات، مع ارتفاع ملحوظ في قيم الدالة الهيدروجينية (pH≈9). ويتمتع النظام الأخير بقوة أيونية تؤهله للتأثير على ثابت الاتزان العام للتفاعلات؛ والذي بدوره ينعكس على حاصل ذائبية الفلورايت، بحيث تزداد الذوبانية كلما ارتفعت مستويات التراكيز الصودية، وبالتالي تحرير المزيد من الفلور. وتحت ظروف الأعماق السحيقة جدا، يُستنفد معظم الكالسيوم، ويبقى الفلور محافظا على تراكيزه العالية في المحلول. وإذا التقى الفلورايد في طريقه أنواع شواردٍ أخرى – كالألمنيوم والبورون والبيريليوم والفناديوم واليورانيوم والسليكا والحديد الثنائي – فإنه يتعقد معها بسهولة؛ مما قد ينجم عنه تعزيز نقولية الفلور في البيئة (إن تواجد بتراكيز عالية في المحلول)، أو تثبيته على شكل أيون معقد (Subba Rao *et al.*, 2015 ؛Edmunds & Smedley, 2005 ؛Smedley *et al.*, 2002).

وإلى جانب حوزة سهل الجفارة على عدة مظاهر تهيئ لعملية اغتناء مياهه بالفلور—كسطحه المنبسط، وظروف القلوية، وزمن مكوث مياهه الطويل، ووفرة المعادن الفلورية والرواسب الصلصالية والملحية في تكويناته – فإن قرب الحوض من الساحل البحري، يعتبر مظهراً إضافياً مهماً لا يجب التغاضي عن دوره في عملية الإغناء هذه. فالتداخل البحري مع أنظمة المياه الجوفية وما ينشأ عنه من مياه مسوسة (ضاربة إلى الملوحة) له دور إضافي يتعدى قضية تلويث المياه بالأملاح، إلى المساهمة الفعالة في شحن النظام المائي الجوفي بسيل من أيونات الصوديوم، المتحفزة للتبادل مع أيونات الكالسيوم؛ وهو ما يوفر فرصا كبيرة للفلور ليتركز في الماء. وندعم ادعاءنا هذا بدراسة قام بها فريق بحثي (Subba Rao *et al.*, 2015) على حوض مائي ساحلي في ولاية آندره براديش جنوب الهند، والذي تتشابه ظروفه إلى حد بعيد مع ظروف حوض سهل الجفارة؛ من حيث القرب من مياه البحر،

ISSN: 2413-5267

والانبساط السطحي، والتربة الحمراء، وظروف التجوية والجيولوجيا. إذ تبين للباحثين من خلال قياساتهم على كيمياء المياه الجوفية الضحلة، وجود علاقة ارتباط إيجابي قوية ما بين تراكيز الفلور وكل من البايكربونات والصوديوم، ومثلها مع قيم الدالة الهيدروجينية؛ مقابل ارتباط إيجابي ضعيف مع تراكيز الكالسيوم. وفسر الباحثون علاقة الاتساق القوية مع الصوديوم بمجموعة أسباب، منها: وفرة المعادن الصلصالية بالمكان، وعامل القرب من البحر؛ حيث يساهم هذان العاملان في منح الصوديوم الذي يشارك في التفاعلات الكيماوية لصالح زيادة المحتوى الفلوري، واستنفاد المحتوى الكلسي. أما العلاقة الضعيفة بين الصوديوم والكالسيوم، فعزاها الباحثون إلى أسباب مرتبطة بتذبذب في ميزان الكاتيونات، تبعا لتأثيرات عمليات الذوبان والترسيب والتركز والتبادل الأيوني السائدة في البيئة.

4.4. المناخ السائد

يمتاز سهل الجفارة بالمناخ الجاف وبقلة الأمطار وتذبذبها (150–350 ملم/سنة)، وبمعدلات الحرارة والبخر المرتفعة (كريم، 2010). وتحت هذه الظروف، تتباطأ معدلات تسرب المياه الحديثة إلى الطبقات التحتية، مما يشجع على إطالة زمن تلامس الماء وتفاعله مع معادن الصخور المحيطة به، وبالتالي تركز الفلور في الماء (Edmunds & Smedley, 2005). كما تنشّط الحرارة المرتفعة عمليات تجوية المعادن الفلورية في الوسط. فمعدن الفلورايت مثلا، يعتبر من المعادن قليلة الذوبان في المحاليل عند درجات الحرارة المنخفضة؛ ولذلك هو خفيض النقولية في البيئة. لكن ارتفاع درجات الحرارة من شأنه أن يزيد من ذوبانيته؛ وبالتالي رفع نقوليته، ناهيك عن تعاظم هذه النقولية أكثر تحت تأثير الظروف القلوية (Saxena & Ahmed, 2001) السائدة في تكوينات السهل. يضاف إلى ذلك أن ظروف الجفاف والحرارة المتطرفة التي تزيد من اعتماد سكان السهل على المياه في ري المزروعات، وارتفاع معدلات البخر (بمتوسط سنوي 148.3 ملم)، وما قد يستتبع ذلك من مظاهر إرساب المتبخرات وتكوين السبخات (صقر والوحيشي، 2005) – كلها عوامل تؤدي إلى زيادة المحتوى الملحي والصودي للترب (أبو والي وأبو الخير، 2002) والتي بدورها ترفع المحتوى الفلوري في المياه المتلامسة معها (Subba Rao *et al.*, 2015). ومن ناحية أخرى، يغطي السهل مساحات من النباتات الطبيعية والمزروعات، ويقوم النبات عادة بعملية النتح النباتي كنشاط فسيولوجي طبيعي، والتي ينجم عنها تراكم الأملاح والمعادن بالقرب من سطح الأرض. ولأن معدلات النتح تشتد أكثر تحت ظروف الجفاف والحرارة العالية؛ فإن ذلك سيرفع من وتيرة تجميع الفلور الذي نتحه النبات (بتراكيز منخفضة) ويتراكم عند السطح بمستويات تركيز عالية. وهذه التراكيز إن شطفتها المياه المتسربة معها في رحلتها تحت السطح، فقد يؤدي ذلك في النهاية إلى رفع محتوى المياه الجوفية من الفلور ما بين عشرة إلى مائة مرة مقارنة بمحتواها الفلوري الأصلي (Edmunds & Smedley, 2005).

5.4. الأنشطة البشرية العاملة على البيئة

1.5.4. الانبعاثات المدنية والصناعية

إن الانفجار السكاني، والتوسع العمراني، والتطور الصناعي الذي شهده إقليم سهل الجفارة في العقود الأخيرة، كان نتاجا طبيعيا لازدهار الأحوال الاقتصادية والاجتماعية للسكان، لكن رافقه أيضا تعديات كبيرة على النظام الإيكولوجي، وتزايد مطرد في

ISSN: 2413-5267

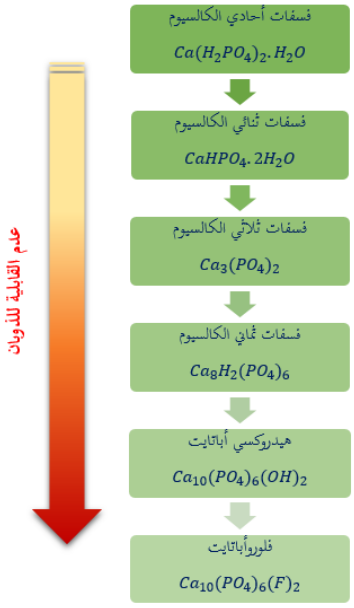
الانبعاثات الضارة على البيئة. وتعتبر الانبعاثات البشرية في سهل الجفارة مصدرا غير طبيعي من الأحمال الفلورية التي قد تهدد سلامة الأنظمة البيئية، في حال غابت الإدارة السليمة في التعامل معها، ولم تطبق إجراءات التخلص الآمن من نواتجها. فالكدارة الناتجة عن عمليات الصرف الصحي والمخلفات الصناعية قد تحمل تراكيز فلورية تصل إلى 80-1950 ملغم/كغم (Edmunds & Smedley, 2005)، وتشكل بذلك مصدرا لتراكم الفلور بتراكيز سامة جدا في أنسجة حيوانات التربة لدرجة تهدد وجودها في النظام الإيكولوجي، أو في أنسجة النباتات التي تعيش فوق الكدارة أو الترب المتلوثة بالفلور لدرجة تهدد حياة المواشي العاشبة المتغذية عليها، ومن بعدها حياة الإنسان الذي يتغذى على هذه العاشبات (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). كما وجد أن التراكيز العالية من الفلور في المياه الجوفية عادة ما تتصاحب مع تراكيز عالية من المواد البوتاسية والنيتروجينية المتسربة من النفايات المنزلية التي تردم على نحو غير آمن في البيئة، وكذلك الحفر الامتصاصية التي تتجمع فيها أقذار المجارير؛ مما يجعل هذه الانبعاثات مصدرا إضافيا للفلور في الأنظمة المائية (Subba Rao *et al.*, 2015). وتعتبر ظاهرة الحفر الامتصاصية شائعة في مناطق سهل الجفارة بسبب غياب التنظيم المدني وانتشار البؤر السكنية العشوائية المفتقرة إلى الخدمات والمرافق الصحية. ومن ناحية أخرى، فإن استخدام المبيدات الحشرية، والمنتجات الرذاذة الحاوية على مركبات الكلوروفلوروكربون؛ يساهم هو الآخر بحصة كبيرة في تحميل البيئة بالفلور الصناعي (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). ويستخدم المزارعون في منطقة السهل أنواعا عديدة من هذه المبيدات لرش محاصيلهم، وأحيانا بشكل مكثف وغير مقنن (بن محمود، 2013). أضف إلى ذلك أن انتشار الصناعات المعدنية في منطقة السهل كالمقالع الحجرية، وأشغال الزجاج والخزف الصيني والرمال وتصنيع الجير والإسمنت، وغيرها، له نصيب وافر من الانبعاثات الفلورية في البيئة. ذلك أن تشغيل مثل هذه الصناعات ينطوي عليه عمليات تكسير، وتفتيت للمكونات الجيولوجية المختلفة، وتطاير أجزائها الغبارية، والتي تؤدي إلى تحرير الفلور من الشبكة المعدنية وزيادة نقوليته في الوسط؛ وبالتالي تيسير دخوله في الأنظمة البيئية المختلفة. وتطلق مثل هذه الأنشطة حمولة فلورية معتبرة في البيئة قد تصل إلى 2,000 جزء بالمليون (للوزن الجاف) من مواقع المناجم القديمة؛ و1,500-3,200 جزء بالمليون من أعمال تعدين الألمنيوم، و308-2,080 جزء بالمليون من تصنيع الأسمدة الفوسفاتية، و1,200-3,560 جزء بالمليون من صناعة الخزف الصيني (Kabata-Pendias & Pendias, 2001)، على سبيل المثال لا الحصر.

2.5.4. الممارسات الزراعية غير الرفيقة بالبيئة

تعتبر تربة سهل الجفارة فقيرة طبيعيا بالعناصر الأساسية لتغذية النبات؛ لذا يقوم المزارعون الليبيون بتسميد الأرض بأنواع من الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية لتعويض النبات بها (كريم، 2010). وفي أحيان كثيرة كانت تضاف هذه الأسمدة بكثافة شديدة، وبآلية غير مدروسة بعناية، وذلك بغرض تحسين إنتاجية المحاصيل، وجني مردود اقتصادي أعلى. وتمتاز الأسمدة الفوسفاتية خصوصا بارتفاع محتواها الفلوري والذي قد يصل إلى 8,500-38,000 ملغم/كغم (Edmunds & Smedley 2005) مما يجعلها مصدرا معتبراً لتحميل الفلور الصناعي في البيئة. في الأصل، يحتوي هذا النوع من الأسمدة على مخزونين رئيسيين من الفسفور: أحدهما مخزونٌ مُقَلْقَلٌ غير مستقر، سهل الذوبان والانحلال في محاليل الترب؛ والآخر مخزونٌ ثابتٌ ومستقر،

ISSN: 2413-5267

صعب الذوبان والانحلال في المحاليل (الشبيني، 2006). عند إضافة السماد إلى التربة الجيرية، يبدأ المخزون الأول بالتغير والاضطراب في الوسط، ويصير للفسفور قابلية عالية للانفلات والتحرر، فيسهل مجّه (لفظه) من المنظومة المعدنية وينطلق في محلول التربة، ويصبح ميسرا على النبات امتصاصه. تستمر هذه العملية حتى يستنفد الفسفور المقلقل كلية، فيتبقى في النهاية الفسفور المستقر (المخزون الثاني) الذي لا يُلفظ بسهولة، فلا يقبل الذوبان في محاليل التربة ولا يتيسر للنبات امتصاصه، ويبقى مستقرا في البيئة (شكل 7). والنوع الأخير غني بالفلوروأباتايت – أحد أغنى المعادن بالفلور – وهو بذلك يشكل مصدرا محتملاً لإدخال الفلور في النظام الترابي، ولاحقا التسبب بتلوث النظام المائي. ومع سيادة الظروف القلوية في التربة (وهو الحال في سهل الجفارة)؛ فإن التفاعلات ستتسارع باتجاه نهاية السلسلة الموضحة بالشكل 7، والتي من شأنها أن تمنح الفلور فرصا أكبر للتركز في البيئة. كما أن القلوية المتزايدة أصلا تقوم بتثبيط قدرة المعادن الصلصالية والأكاسيد الحديدية والألمنيومية (الوفيرة في أفق B الترابي) على امتزاز الفلور وتثبيته وترسيبه (Kabata-Pendias & Pendias, 2001)، مما يبقي الفلور محافظا على نقوليته في البيئة.



شكل 7. قابلية مركبات الأسمدة الفسفورية للذوبان في التربة الجيرية (بتصرف عن المصدر: الشبيني 2006)

ويضاف إلى ما سبق، شيوع بعض الممارسات الزراعية الخاطئة التي يسلكها بعض مزارعي سهل الجفارة والتي تساهم بطرق مختلفة في رفع قيم التراكيز الفلورية في البيئة. فالاعتماد المكثف بنسبة 98% على المياه الجوفية في ري المحاصيل لتلبية الاحتياجات الغذائية المتزايدة لسكان المنطقة (سالم والباروني، 1993)؛ وممارسات الري غير القويمة، ورداءة صرف التربة، وظاهرة الغدق المائي الناتجة عن الري المفرط (كريم، 2010)، وما تسببه هذه السلوكيات للتربة من تصودن وظهور الملوحة الثانوية (بن محمود، 2013؛ أبو والي وأبو الخير، 2002) – كلها عوامل تقود بالمحصلة إلى إضافة المزيد من الفلور وبنائه فوق المستويات المتراكمة منه. وإذا استمرت مثل هذه العمليات غير الرفيقة بالبيئة؛ فسيؤدي ذلك مع مرور الزمن، إلى تحميل تراكيز عالية وحرجة من الفلور في التربة، لدرجة تجعل الأرض تفقد قدرتها الطبيعية على احتجاز المزيد منه؛ مما يؤدي إلى تسربه تحت السطح وتلويث المياه الجوفية

ISSN: 2413-5267

به (Edmunds & Smedley, 2005). وبالمقارنة مع السيناريو المقابل في الحوض الساحلي بولاية آندره براديش الهندية – الذي اتخذناه كحالة دراسية مكافئة لمنطقة دراستنا – فقد وثق دارسو الحوض الهندي (Subba Rao *et al.*,2015) علاقة اتساق قوية بين كل من تراكيز الفلور من جهة، وتراكيز النيترات والبوتاسيوم والكبريتات من جهة أخرى، في مياه الآبار الجوفية. ونسب الباحثون هذه العلاقة الارتباطية إلى الأعمال غير المقننة في تسميد الأرض بالمخصبات الزراعية، ومعالجتها بمحسنات التربة، لدرجة الإفراط في تطبيقها من أجل تحصيل أعلى منتوج زراعي؛ مما أدى إلى ارتفاع تراكيز هذه الكيماويات بجانب الفلور في الطبقات السطحية، حتى تسربت مع غسالة التربة وأشابت المياه الجوفية؛ فكان منها أن أصابت المجتمع المستهلك بالعديد من الأمراض الصحية، ومنها مرض الانسمام الفلوري المتفشي في الكبار والصغار وعلى نطاق واسع في تلك المنطقة.

3.5.4. استنزاف الموارد المائية

تولد عن الكثافة السكانية المتزايدة في منطقة سهل الجفارة ضغطٌ بيئيٌ كبيرٌ على الموارد المائية المحلية؛ نتيجة لتنامي الطلب على الماء كعنصر حيوي لتلبية الاحتياجات اليومية للمجتمع وأنشطته الإنمائية. فقد رصدت الدراسات التخطيطية ارتفاعا بالاحتياجات المائية المنزلية من 32 مليون متر مكعب عام 2004 إلى 49 مليون متر مكعب عام 2015، ومن المتوقع أن تصل إلى 74 مليون متر مكعب عام 2025 (ضو ومحمد، 2006). أي أن الطلب المنزلي على المياه سيزداد باضطراد كبير خلال العقد القادم. وخلال الأعوام السابقة، اتخذ الضغط السكاني على المياه بالمنطقة أشكالا متنوعة من الاستنزاف والاستغلال غير الرشيد، تمثلت في الآتي: (1) حفر الآبار المكثف وبمعونة مضخات السحب الحديثة المستوردة من خارج البلاد، وذات السعة التشغيلية الكبيرة وكفاءة الأداء العالية، (2) السحب الجائر للمياه بمعدلات تتجاوز معدلات التغذية الطبيعية للمخزون المائي، (3) التعديات المتكررة في حفر الآبار غير المرخصة والمنفذة بطرق عشوائية وغير متوافقة مع المعايير الفنية، (4) عدم تقنين عمليات منح تراخيص حفر الآبار الجديدة أو تعميق القديمة. وقد أدت هذه السلوكيات الاستنزافية، مع مرور الوقت، إلى الإخلال بالميزان المائي العام (قدِّر العجز في مخزون المياه الجوفية عام 1990 بحوالي 1,080 مليون متر مكعب)، وهبوط في مناسيب المياه الجوفية ضحلة العمق بمعدل 6–10 متر/سنة وسحيقة العمق بمعدل 2–8 متر/سنة حتى وصلت إلى مستويات عمق أكثر تغولاً في الأرض وتختزن مياها عتيقة ذات نوعية رديئة (الباروني، 1996؛ صقر والوحيشي، 2005؛ ضو ومحمد، 2006؛ كريم، 2010؛ الشواورة، 2013)، الأمر الذي تمخض عنه لاحقا عواقب وخيمة أضرت بالنظام البيئي والصحة العامة والاقتصاد المحلي، وأعاقت عملية تحقيق التنمية الشاملة في المنطقة. وكما أسلفنا الشرح، فإن تعمق المياه بشكل عام يؤدي إلى تلوثها بالفلور وغيره من الأملاح المعدنية، كنتيجة لزمن المكوث الطويل، وتأثير التفاعلات الكيماوية مع المعادن المجاورة (الذوبان والانحلال والتبادل الأيوني). وتكمن الخطورة من وراء استهلاك هذه المياه في الأغراض المنزلية في كونها مصدراً مباشراً لازدراد الفلور (عبر المشرب والمأكل) وتراكمه في جسم الإنسان، مما قد يؤدي مع مرور الوقت إلى الإصابة بأعراض الانسمام الفلوري.

ومن الآثار الكارثية الأخرى لاختلال الميزان المائي وانعكاسات ذلك على تفلور المياه في سهل الجفارة، هو غزو مياه البحر لأنظمة المياه الجوفية، وما نجم عنه من تلويثٍ ملحي للمكامن الجوفية. فقد بينت التحاليل الهيدروكيميائية التي أجراها الباحثان أبو

ISSN: 2413-5267

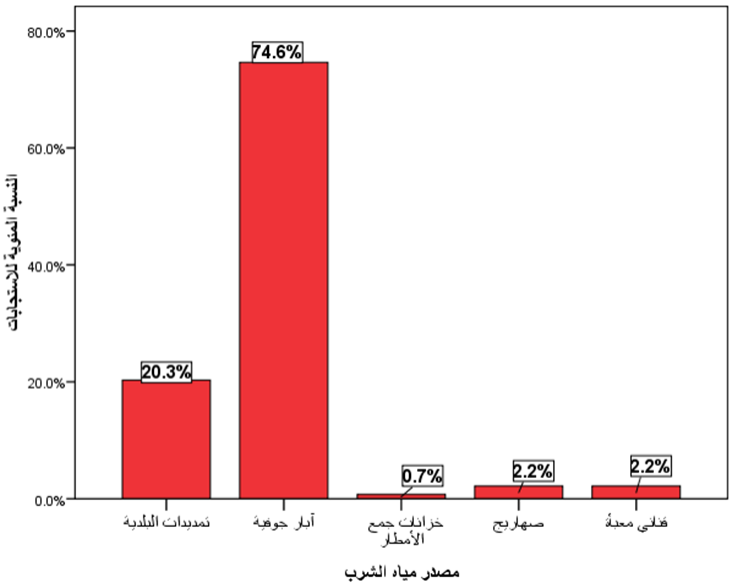
راس وقنفوذ (2007) على عينات مياه بئرية من المكمن السطحي (ميوسيني، ضحل) في منطقتي جود دائم والحرشة قرب مدينة الزاوية (شمال غرب ليبيا) – قيماً عالية للموصلية الكهربية، بسبب ارتفاع تراكيز الأملاح الكلية المذابة في الماء، بحيث مالت تلك القيم عموما إلى الزيادة كلما اقتربت الآبار من الساحل. وقد أشار الباحثان إلى احتواء هذه المياه على تراكيز عالية من شوارد الصوديوم والكلور بما يفوق الحدود الآمنة والمسموح بها؛ نتيجة لتلوثها بمياه البحر. ومن خلال مقارنتهما للتحاليل الكيميائية التاريخية المحفوظة في الأرشفة، تبين أن امتداد التداخل البحري قد وصل مع مرور الزمن إلى أكثر من 6 كيلومتر في طبقات المكمن المدروس. ولدخول الصوديوم البحري في منظومة الماء الجوفي أثر كبير على تنشيط عملية التبادل الأيوني مع الكالسيوم لصالح زيادة تركيز الفلور في المياه، وهو ما لم تشر إليه دراسة الباحثين المذكورين. ونرى أن عامل التداخل البحري يحتمل لعب دور بارز في اغتناء المياه الجوفية بالفلور، وإصابة سكان السهل بوباء الانسمام الفلوري، باعتبار ذلك أحد الظواهر الارتدادية الشائكة للسلوكيات البشرية المخلة بالاتزان البيئي في المنطقة.

5. تحليل وتفسير معطيات الصحة السكانية

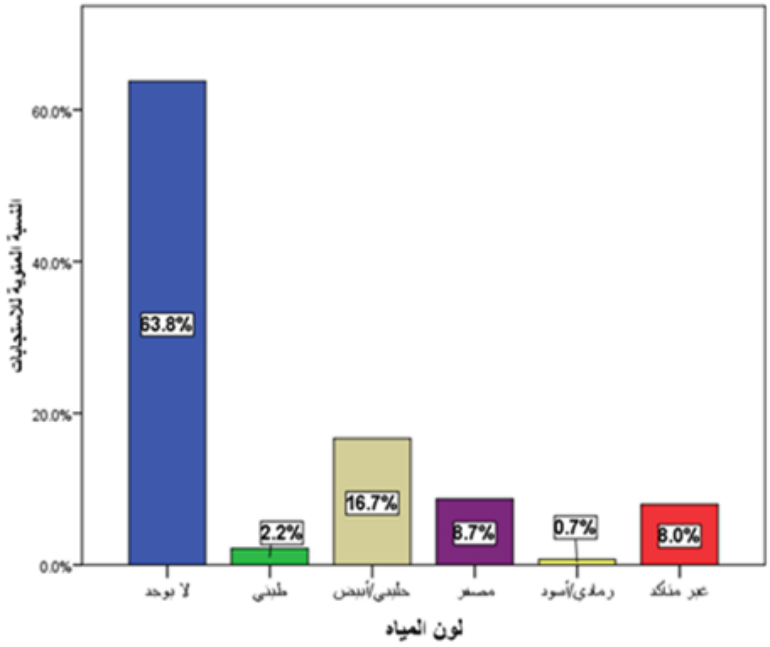
بينت نتائج المسح بطريقة الاستبيان أن فئة السكان القاطنين في منازل تمليك مستقلة شكلت ما نسبته 92.8% من إجمالي المشاركين، مقابل 7.2% للقاطنين في منازل مؤجرة. كما أن حوالي 67.3% من عينة الدراسة قد أمضوا ما يزيد عن 10 سنوات في أماكن إقامتهم الحالية؛ مما يعني أن خبرات هؤلاء الأفراد مع جودة المياه وتأثيراتها على صحة أسرهم خلال فترة سكناهم الطويلة نسبيا في نفس المكان قد تشكل أداة معرفية مهمة في عملية التحقق من وجود علاقة محتملة بين المياه والحالة الصحية للمجتمع. فآراء هذه الفئة السكانية حول ذلك قد تكون أكثر تمثيلا للواقع، وتحتاج إلى اعتبارها ملاحظات جادة ومؤشرات قيمة يُستعان بها لتتبع الأمراض المرتبطة بالمياه بشكل عام، وبما يفيد أغراض هذه الدراسة على وجه الخصوص. كما بينت نتائج التحليل الإحصائي أن ما يناهز ثلاثة أرباع المستجوبين (74.6%) يعتمدون على مياه الآبار الجوفية، وما يقارب الخمس (20.3%) على تمديدات البلدية، كمصدر للتزود اليومي بماء المشرب والمأكل (شكل 8). أي أن المياه الجوفية تشكل أكبر مصدر مائي للاستهلاك الغذائي لدى الغالبية العظمى من مجتمع الدراسة. وأوضحت النتائج أيضاً أن حوالي 62.4% من أفراد العينة يصل استهلاك أسرهم اليومي من مياه الشرب إلى 10 لترات أو أكثر؛ علماً بأن متوسط استهلاك الفرد العالمي من مياه الشرب في اليوم الواحد هو 2 لتر للشخص البالغ. وقد يعزا هذا الاستهلاك العالي لدى مجتمع الدراسة إلى كبر حجم العائلة الليبية نسبيا وارتفاع درجات الحرارة في البلاد. وعن جودة المياه المنزلية، تبين نتائج التحليل أن 63.8% من المبحوثين يقرون بخلو مياه الشرب في منازلهم من أي لون غير طبيعي، مقابل 28.3% أقروا بوجود تلون في المياه تراوحت درجاته في ترتيب تنازلي ما بين حليبي/أبيض (16.2%)، مصفر (8.7%)، طيني (2.2%)، إلى رمادي/أسود (0.7%)؛ بينما نسبة صغيرة من المبحوثين (8%) لم تكن قادرة على إصدار أي حكم (شكل 9). كما أشار 35.5% من أفراد العينة بخلو مياه الشرب المنزلية من أي طعم، مقابل 58% أقروا بوجود طعم مميز والذي تراوحت أنواعه في ترتيب تنازلي ما بين مر (17.4%)، وملحي (15.2%)، ومعدني (13.8%)، وحمضي (7.2%)، وكبريتي (3.6%)، إلى صابوني (0.7%). ولم تستطع نسبة 6.5% من المبحوثين

ISSN: 2413-5267

الحكم في هذا الشأن (شكل 10). وقد يعزا طعم المياه وتلونها النسبي إلى إمكانية احتوائها على شوائب معينة (يستوجب قياسها عمليا) بالنظر إلى اعتماد غالبية جمهور الدراسة (74.6%) على الآبار الجوفية المحفورة ضمن حيز سكناهم كمصدر للتزود بماء الشرب.

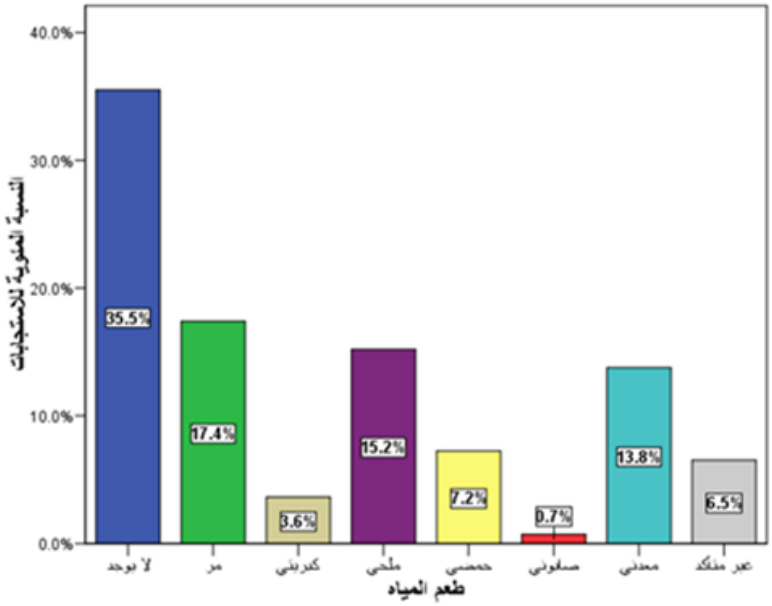


شكل 8. توزيع عينة الدراسة بناء على نوع مصدر التزود بمياه الشرب المنزلية



شكل 9. استجابة المبحوثين حول جودة مياه الشرب المنزلية من حيث اللون

ISSN: 2413-5267



شكل 10. استجابة المبحوثين حول جودة مياه الشرب المنزلية من حيث الطعم

وعندما سئل المبحوثون عن ملاحظتهم أية مواد طافية أو معلقة أو مترسبة في ماء مستقرة في كوب، أجاب نصفهم بالضبط (50%) بعدم وجود أي ترسبات، مقابل 41.3% أشاروا إلى وجود أنواع مختلفة من الترسبات تراوحت ما بين قشور بيضاء (21.7%)، ورواسب بنية (8.7%)، وطين أحمر (4.3%)، ومواد أخرى (5.8%)، ولم يستطع 8.7% التأكد من ذلك. مما يشير إلى احتمالات مفترضة بوجود تراكيز ملحية أو تلوث محتمل في المياه جراء عمليات الاستخراج السيئة، أو النقل غير النظيف، أو سوء إدارة التعامل معها قبل استخدامها. وعندما سئل المشاركون عن تطبيقهم إحدى طرق المعالجة الأولية على المياه المنزلية قبل استهلاكها، بغض النظر عن شكل ذلك التطبيق، أجاب 61.6% منهم بالنفي، مقابل 38.4% بالإيجاب؛ أي أن غالبية عناصر العينة لا تستخدم نظم معالجة منزلية تسبق عملية شرب المياه، لربما بداعي الاطمئنان من سلامتها وخلوها من الشوائب، وهو ما يدلل على عدم اتباع الأسر العادات الصحية والإرشادات التصحاحية في التعامل مع الإمدادات المائية المنزلية. وعن رأي السكان حول الجودة العامة لمياه الشرب بمنازلهم، أشارت النتائج إلى أن 36.2% من المشاركين يعتقدون أنها متوسطة، و33.3% يعتقدون أنها جيدة، و20.3% قالوا عنها رديئة، و7.2% قالوا عنها ممتازة، وفئة قليلة (2.9%) لم تستطع الحكم. أي أن غالبية المبحوثين (69.5%) تصنف جودة مياه الشرب المنزلية ما بين جيدة إلى متوسطة إجمالاً. وعندما سئل المشاركون فيم لو أنهم بنوا رأيهم هذا على أية فحوصات مخبرية على مياه منازلهم، كانت النسبة العظمى (82%) قد نفت إجراءها أي فحص سابق، مقابل نسبة متواضعة (18%) لمن قالوا بأنهم فحصوها فعلاً في إحدى المرات. وعندما سئلت الفئة الأخيرة عن نتائج تلك الفحوصات، جاءت جميع ردودهم بأنهم كانوا غير قادرين على الحكم فيم لو كانت النتائج قد أفادتهم شخصيا في

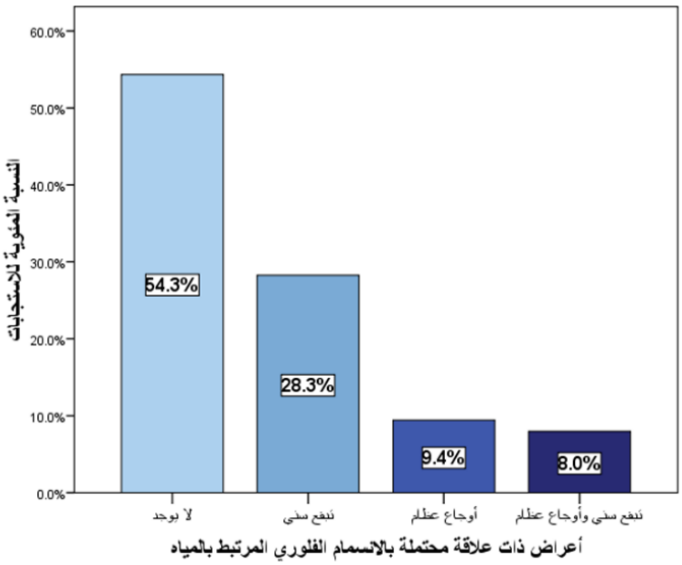
ISSN: 2413-5267

الحكم على جودة مياه منازلهم وتقرير مدى ملاءمتها للشرب. مما يدلل على عدم اتباع مجتمع الدراسة السلوكيات المائية الصحية، والإغفال عن إجراء فحوصات مخبرية على المياه أو استشارة المختصين حول سلامتها، للوقاية من الأمراض التي تنقلها.

ومن خلال مقابلاتنا الشخصية مع المبحوثين، بقصد رصد أعراض مرض الانسمام الفلوري لديهم، تبين نتائج المسح (شكل 11) أن الفئة السليمة شكلت نسبة 54.3%؛ بينما شكلت الفئة التي ظهرت عليها أو أحد أفراد أسرتها أعراض التبقع السني نسبة 28.3%، وآلام العظام نسبة 9.4%، والتبقع السني وآلام العظام معا نسبة 8%. ويلاحظ من النتائج أن الأعراض تظهر في السكان من كافة الأعمار، لكن شدتها تتباين بدرجات مختلفة من فرد لآخر تبعا لمرحلته العمرية (شكل 12). ويعتقد 29% من المبحوثين بأن هذا المرض فعلا شائع في المنطقة، مقابل 20.3% لمن يعتقدون بعدم شيوع هذا المرض، و50.7% لغير المتأكدين من ذلك. وعن وجود علاقة بين نوعية المياه وانتشار هذا المرض في المنطقة، يعتقد حوالي ثلث المشاركين (34.1%) بوجود علاقة محتملة، وأقل من الربع (23.2%) بوجود علاقة قوية، مقابل قلة تعتقد بوجود علاقة ضعيفة (6.5%)، أو عدم وجودها بالأصل (5.8%). وقد تدلل هذه القراءات عموما على افتقار الجمهور إلى التثقيف المناسب حول هذه الظاهرة المرضية ودور المياه باحتضانها، وخير ما يدل على ذلك هو إقرار حوالي ثلثي عينة الدراسة (71%) بعدم تلقيهم أي برامج توعوية أو استشارات من قبل أخصائيين حول هذا الأمر من قبل، وأنهم لم يتعرضوا أثناء حياتهم لمصدر معلومات أو إرشادات ونصائح حول طبيعة الأمراض المرتبطة بالمياه في المنطقة، مقابل 29% ادعوا تلقيهم تثقيفا حول الموضوع، وهؤلاء عموما كان أغلبهم من فئة طلاب الجامعات والأطباء في المنطقة. عموما، تدلل نتائج الاستبيان وملاحظات المسح الميداني على شيوع مرض الانسمام الفلوري في منطقة الدراسة، وارتباطه المحتمل بكل من نوعية المياه، والسلوك البشري مع الماء، ودرجة الوعي الصحي للمواطنين. وتتفق هذه النتائج مع نتائج دراسة قام بها فريق طبي بقيادة سونيل (Sunil *et al.*, 2013) على حوالي 6244 شخص في مدينة الزاوية (شمال غرب ليبيا) تتراوح أعمارهم ما بين 6 إلى 60 سنة. وتبين للفريق أن معدل الإصابة العام بالتبقع السني لدى المفحوصين قد بلغ 63.34%، مع غلبة الإصابة بين فئة الذكور (64.27%) عنها بين فئة الإناث (62.28%). كما بينت دراسة الفريق أن معدلات الإصابة كانت عموما في أدنى مستوياتها (46.99%) لدى فئة الأطفال بعمر 6-14 سنة، والتي بلغت أعلى شدة إصابة فيها الدرجة الثانية على المقياس السباعي للتبقع. بالمقابل، كانت أعلى معدلات الإصابة (70.69%) بارزة لدى فئة البالغين بعمر 41-60 سنة، والتي وصلت أعلى شدة إصابة فيها الدرجة الرابعة على المقياس السباعي للتبقع. وقد خلص الباحثون إلى أن مرض الانسمام الفلوري هو مرض متوطن في هذه البقعة الجغرافية من البلاد، ويعزا تفشيه الواسع إلى سببين رئيسيين من وجهة نظرهم: (1) الوفرة الطبيعية بالفلور في المياه الجوفية للمنطقة (أشار الباحثون إلى تراكيز فلورية تصل إلى 5 ملغم/لتر حسب دراسات محلية غير منشورة)، (2) السلوكيات البشرية المتداولة بين أفراد المجتمع، مثل: عدم تنويع الأسر مصادر التزود بماء الشرب مقابل اعتمادها المكثف على المياه الجوفية؛ الإكثار من تناول الأطعمة والمرطبات الحاوية على الفلور، كالحلويات، والشوكولاتة، والأجبان، والمشروبات الغازية (التي تستهلك بكثرة في المواسم الحارة)؛ طبيعة الأغذية الشعبية الرائجة والتي ترتكز بالأساس على بعض المحاصيل الزراعية ذات الثمار الجذرية التي تنمو متلامسة مع جسم التربة، كالبصل، والبطاطا، والجزر، والتي يحتمل أن تمتص الفلور الترابي أثناء نموها وتختزنه بتراكيز عالية في أنسجتها؛ وأخيرا، قلة الوعي، والإهمال، وعدم

ISSN: 2413-5267

الاهتمام باتباع قواعد النظافة والصحة الفموية. هذا ولا يعرف لغاية الآن أية إحصاءات رسمية حول نسب الإصابة الحقيقية بين السكان ومدى تأثر حياة المواطنين بهذا الوباء في منطقة دراستنا، ولا حجم الأضرار والأعباء الاقتصادية المترتبة على التداوي والعلاج من آثاره، والتي بلا شك تطال مدخرات المواطن وخزينة الدولة، وهي مواضيع نعتقد أنها جديرة بالنقاش والدراسة، وتفتح المجال لأبحاث أخرى أمام المهتمين بهذا الموضوع.



شكل 11. توزيع عينة الدراسة بناء على الإصابة بأعراض الانسمام الفلوري

شكل 12. درجات متفاوتة للإصابة بعرض الانسمام الفلوري السني عند مجتمع الدراسة (إعداد الفريق البحثي)

ISSN: 2413-5267

6. الاستنتاجات

إن مرض الانسمام الفلوري هو أحد الأوبئة البيئية واسعة الانتشار في مناطق الشمال الغربي من ليبيا، ويطال الفئات السكانية من كافة الأعمار، نتيجةً لتظافر مجموعة عوامل لعبت دورها عبر الزمن في اغتناء المياه الطبيعية بالفلور، ولاحقا في نشوء وتطور المرض. وقد خلص الاستطلاع الأولي في هذه الدراسة إلى وجود مجموعتين رئيسيتين من هذه العوامل. المجموعة الأولى تتمثل بالمتغيرات الطبيعية، وهي: الجيولوجيا المميزة، والمناخ السائد، والخصائص الجغرافية للمكان، وطبيعة المياه بالمنطقة. أما المجموعة الثانية، فتتمثل بالمتغيرات البشرية، وهي: الأنشطة التنموية المهددة لاستدامة الأنظمة البيئية، والسلوكيات المائية الخاطئة للمجتمع، والعادات الصحية للأفراد. ولكل من هذه المتغيرات وزنه الخاص في ميزان التأثير على تراكيز الفلور في المياه، ومعدلات (وشدة) الإصابة بالمرض. إلا أن التيقن المطلق من حجم ومقدار مساهمة كل عامل على حدة يبقى رهنا للقياسات الحقلية والدراسات التجريبية، والتي بواسطتها سيتوفر لدى الباحثين الكثير من المعطيات الغائبة حاليا عن المشهد، والضرورية جدا لدعم أي تشخيص موضوعي لهذه الظاهرة، بعيداً من التكهنات والحدس. وأهم تلك المعطيات ما هو خاص بقيم التراكيز الحقيقية للفلور في الخلفية الطبيعية (المياه، الهواء، الصخور، والترب)، ومقادير الجرع الفلورية التي يزردها (يبتلعها) الفرد مع ماء الشرب يوميا — فهي معلومات أساسية ولا غنى عنها في دراسات الخطورة البيئية والصحة المجتمعية. وإن تحصيل مثل هذه المعلومات يشكل أحد الأهداف البحثية القادمة لمعدي هذه الدراسة، بغية بلورة قاعدة معلومات علمية صحيحة يمكن البناء عليها والانطلاق منها في توسيع آفاق البحث مستقبلاً حول هذا الوباء البيئي.

المراجع

قائمة المراجع العربية

أبو راس، غسان محمد؛ وقنفوذ، أحمد أبو العيد (2007). دراسة على تداخل مياه البحر في الخزان الجوفي بمنطقة الزاوية باستخدام الطرق الكيميائية. *مجلة الأكاديمية للعلوم الأساسية والتطبيقية*، المجلد 1، العدد 3 (يوليو). ص76-86

أبو والي، محمد السعيد؛ وأبو الخير، عادل محمد (2002). *تدهور الأراضي خطر العصر*. مكتبة العلم والإيمان للنشر والتوزيع، مصر.

الأربش، جمعة سالم؛ والرابطي، عبد القادر علي؛ والكبير، علي أحمد؛ والغويل، محمد خالد عبد الله (2000). ملامح الاستراتيجية الوطنية لإدارة الموارد المائية بالجماهيرية العظمى للفترة ما بين 2000-2050. *مجلة الهندسي*، العدد 44. ص71-82

الباروني، سليمان صالح (1996). تأثير الاستغلال المفرط للمياه الجوفية في ليبيا. *مجلة الهندسي*، العدد 32. ص 32-38

الشبيني، جمال محمد (2006). *الفوسفور في الأرض والنبات*. المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتوزيع، مصر.

الشواورة، علي سالم إحميدان (2013). *التصحر ومخاطره*. دار صفاء للنشر والتوزيع، الأردن.

الطرابلسي، ر.؛ الزواري، ك. (2012). استخدام النظائر المشعة والمستقرة في تحديد معدل شحن المياه الجوفية في سهل الجفارة بجنوب تونس. *المؤتمر العربي الحادي عشر حول الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية*، (23-27 ديسمبر)، السودان.

ISSN: 2413-5267

المهندس، أحمد عبد القادر (2009). الفلور وتسوس الأسنان. *صحيفة الرياض*، العدد 14879 (20 مارس) www.alriyadh.com/417087 تاريخ الزيارة: 19 فبراير 2015

بن محمود، خالد رمضان (2013). *نحو استراتيجية وطنية لاستدامة الموارد الطبيعية وتعزيز الأمن الغذائي في ليبيا: محاولة لدعم اتخاذ القرار*. (الناشر: المؤلف)، ليبيا.

جريدة المؤتمر (2015). *تحذير من الفلور في الماء ومعجون الأسنان*. www.almutmar.com/index.php?id=200713502 تاريخ الزيارة: 18 فبراير 2015

حداد، معين (2015). الفلورايد: الفوائد والمخاطر. *صحيفة الغد الأردنية*. www.alghad.com تاريخ الزيارة: 3 يونيو 2015

حسن، سعد جاسم محمد؛ وضو، محمد سالم (2008). *جغرافية التصحر: دراسة لأبرز أقاليم التصحر بالعالم*، ط1: دار شموع للثقافة، ليبيا

سالم، عمر احمد (1995). الإدارة المتكاملة للموارد المائية في ليبيا. *الاجتماع السادس للجنة العربية الدائمة للبرنامج الهيدروجيولوجي الدولي*، عمان-الأردن.

سالم، عمر احمد؛ والباروني، سليمان صالح (1993). الأمن المائي في ليبيا. *مجلة الهندسي*، عدد 24. ص14-18

سي إن إن العربية (2011). *توصية بخفض الفلورايد بالمياه لوقاية الأسنان*. archive.arabic.cnn.com/2011/scitech/1/8/floride.level تاريخ الزيارة: 30 أبريل 2015

صحيفة الجمهورية اليمنية (2007). ارتفاع نسبة الفلورايد في المياه خطر يهدد أطفالنا. www.yemeress.com/algomhoriah/2051813 تاريخ الزيارة: 19 فبراير 2015

صقر، إبراهيم المبروك؛ والوحيشي، عبد السلام أحمد (2005). *التصحر: دراسة في الجغرافية البيئية للجزء الشرقي من سهل الجفارة*. جامعة ناصر الأممية، ليبيا

ضو، محمد سالم؛ ومحمد، سعد جاسم (2006). *دراسة في الجغرافية الطبيعية للأراضي الليبية وظواهرها الكبرى*. دار شموع للثقافة، ليبيا.

فوستر، إس.؛ كيمبر، كي.؛ تيوفوف، إيه.؛ كوندوري، بي.؛ ناني، إم.؛ غاردنيو، إتش. (2002). *المخاطر الطبيعية لنوعية المياه الجوفية: تفادي المشكلات وصياغة استراتيجيات التخفيف*. (ترجمة: كمال عودة غديف). مذكرة رقم 14، البرنامج المصاحب للشراكة العالمية للمياه، البنك الدولي، واشنطن.

كريم، مسعود عياد (2010). *التصحر في سهل الجفارة: دراسة تطبيقية*. (الناشر: المؤلف)، ليبيا.

مركز البحوث الصناعية (1985). خريطة ليبيا الجيولوجية، بمقياس رسم: 1:1000,000. الإدارة العامة للبحوث الجيولوجية والتعدين، ليبيا.

منظمة الصحة العالمية (2015). *الأمراض ذات الصلة بالمياه*. www.who.int/water_sanitation_health/diseases/fluorosis/ar تاريخ الزيارة: 10 يونيو 2015

ISSN: 2413-5267

قائمة المراجع الأجنبية

Amini M., Mueller K., Abbaspour K.C., Rosenberg T., Afyuni M., Møller K.N., Saar M., and Johnson, C.A. (2008). Statistical modeling of global geogenic fluoride contamination in groundwaters. *Environmental Science Technology*, 42: 3662–3668

BGS (2015). *Fluoride in groundwater*. British Geological Survey. Available: www.bgs.ac.uk/research/groundwater/health/fluoride.html. Accessed: 20 September 2015

Brindha K., and Elango L. (2011). Fluoride in Groundwater: Causes, Implications and Mitigation Measures. In: Monroy, S.D. (Ed.), *Fluoride Properties, Applications and Environmental Management*, 111-136.

Chachra, D., Limeback, H., Willett, T.L., and Grynpas, M.D. (2010). The long-term effects of water fluoridation on the human skeleton. *Journal of Dental Research*, 89(11): 1219-1223.

Choi A.L., Sun G., Zhang Y., and Grandjean P. (2012). Developmental fluoride neurotoxicity: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 120: 1362-1368.

Connett P. (2015). *50 Reasons to Oppose Fluoridation*. [Available on: fluoridealert.org/articles/50-reasons/]. Accessed: Feb 21, 2015.

Dahi E. (2009). *Defluoridation*. [Available on: www.de-fluoridation.com], Accessed: August 20, 2014

Edmunds M., and Smedley P. (2005). Fluoride in natural waters. In Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U. and Smedley P. (Edrs.), *Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health*. Elsevier Academic Press, USA.

EAWAG (2015). *Geogenic Contamination Handbook - Addressing Arsenic and Fluoride in Drinking Water*. Johnson C.A., and Bretzler A. (Edrs.), Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (EAWAG), Switzerland.

Fagin D. (2008). Second Thoughts on Fluoride. *Scientific American* (January issue), 298(1): 74–81.

Fawell J., Bailey K., Chilton J., Dahi E., Fewtrell L., and Magara Y. (2006). *Fluoride in Drinking Water*. IWA publishing, UK.

Fewtrell L., Smith S., Kay D., and Bartram J. (2006). An attempt to estimate the global burden of disease due to fluoride in drinking water. *Journal of Water Health*, 4(4): 533–542.

Kabata-Pendias A., and Pendias H. (2001). *Trace Elements in Soils and Plants*, 3rd ed. CRC Press, USA.

Li X.S., Zhi J.L., and Gao R.O. (1994). Effect of fluoride exposure on intelligence in children. *Fluoride*, 28(4):189-192.

MacDonald A.M., Bonsor H.C., Calow R.C., Taylor R.G., Lapworth D.J., Maurice L., Tucker J., and Ó Dochartaigh B.É. (2011). *Groundwater resilience to climate change in Africa*. *British Geological Survey Open Report*, OR/11/031.

Nagy, G. and Nagy, L. (2007) Halogenes. In Nollet, L.M.L. (Edr.), *Handbook of Water Analysis*, 2nd Edition. CRC Press, USA. pp. 157-200.

NRC (2006). *Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards*. National Research Council of the National Academies, National Academies Press, USA.

ISSN: 2413-5267

Saxena V.K., and Ahmed S. (2001). Dissolution of fluoride in groundwater: a water-rock interaction study. *Environmental Geology*, 40(9): 1084-1087.

Smedley P.L., Nicolli H.B., MacDonald D.M.J., Barros A.J., and Tullio J.O. (2002). Hydrogeochemistry of arsenic and other inorganic constituents in groundwaters from La Pampa, Argentina. *Applied Geochemistry*, 17(3): 259-284.

Subba Rao N., Surya Rao P., Dinakar A., and Nageswara Rao P.V. (2015). Fluoride occurrence in the groundwater in a coastal region of Andhra Pradesh, India. *Applied Water Science*, doi 10.1007/s13201-015-0338-3

Sunil T.K.L., Shetty S., Annapoorna B.M., Pujari S.C., Reddy S.P., and Nandlal B. (2013). A Pioneering Study of Dental Fluorosis in the Libyan Population. *Journal of International Oral Health* (May-June), 5(3):67-72.

Travi Y. (1993). Hydrogéoogie et hydrochimie des aquifers du Sénégal. *Sciences Géologiques*, Memoire 95, Université de Paris-Sud.

UNICEF (1999). Fluoride in water: An overview. *Waterfront*, 13 (Dec.): 11-13.

Wang C., Gao Y., Wang W., Zhao L., Zhang W., Han H., Shi Y., Yu G., and Sun D. (2012). A national cross-sectional study on effects of fluoride-safe water supply on the prevalence of fluorosis in China. *BMJ Open*. 2:e001564. doi:10.1136/bmjopen-2012-001564.

WHO (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4th ed. World Health Organization, Geneva.

Yiamouyiannis J.A. (1993). Fluoridation and cancer: The biology and epidemiology of bone and oral cancer related to fluoridation. *Fluoride*, 26(2):83-96.