

الماء العذب، إنه الذهب الأزرق¹

بقلم: كارول روزيه Carole Rosier²

ترجمة الطالبتين : إيمان بلقاضي

جهاد بهيج

على سطح الأرض، تبلغ نسبة الماء المالح 97%، ولا تمثل نسبة المياه العذبة سوى 3%. وتجدر الملاحظة إلى أن ثلث حجم الماء العذب موجود في شكل سائل، أما الثلثان الآخران ففي شكل جليد، وهناك جزء بسيط منه يوجد في شكل بخار مائي. ثم إن جزءًا من هذا الاحتياطي من الماء العذب مخزن تحت الأرض. من أجل تسيير أفضل لموارد الماء العذب، ينبغي مراعاة عدة عوامل : انخفاض مستوى الماء العذب في طبقات المياه الجوفية³ نتيجة فرط استغلالها، وتداعيات التغيرات المناخية على مستوى الأنهار والبحيرات، وتلوث طبقات المياه الجوفية بمبيدات الحشرات والأسمدة، وكذا تسرب المياه المالحة إلى طبقات المياه الجوفية الساحلية.

في حالة طبقة مائية جوفية ساحلية، فإن الكثافة السكانية العالية على السواحل وارتفاع مستوى سطح البحر يزيدان من مشكل تسرب مياه البحر إلى طبقات المياه العذبة. من المعلوم أن الماء المالح أعلى كثافة من الماء العذب، مما يؤدي إلى انزلاق الماء المالح تحت العذب، وإلى غمره طبقة المياه الجوفية مشكلا بذلك إسفين من الملح، فيتفاعل هذان الحجمان من الماء؛ ومن ثم تظهر منطقة فاصلة.

¹ العنوان الأصلي للمقالة : L'EAU DOUCE, DE L'OR BLEU

موقعه الإلكتروني : <http://www.breves-de-maths.fr/eau-douce-de-or-bleu/>

² صفحتها المهنية : <https://fr.linkedin.com/in/carole-rosier-906b9639>

أستاذة بجامعة ليتورال كوت دوبال Littoral Côte d'Opale، انظر الموقع :

<https://www.univ-littoral.fr/>

حررت المقالة بالاعتماد على الأعمال المنجزة من قِبَل الباحثين الآتية أسماؤهم وآخرين :

• رشيد عبابو Rachid Ababou، صفحته المهنية : <https://www.idref.fr/058486615>، قسم ميكانيك الموائع

بجامعة تولوز IMFT/Univ. Toulouse، انظر الموقع : <https://www.univ-toulouse.fr/>

• جاكوب بير Jacob Bear، "تيكنيون - إسرائيل" Technion, Israël، انظر الموقع :

https://www.researchgate.net/profile/Jacob_Bear2

• خالد نجيب Khalid Najib، المدرسة الوطنية العليا للمعادن بالرباط (المغرب)، انظر الموقع :

<http://www.enim.ac.ma/>

³ انظر الموقع : <https://en.wikipedia.org/wiki/Aquifer>

توفر المحاكاة الرقمية لموقع وتطوّر هذه المنطقة التي يختلط فيها الماء المالح بالعذب معلومات قيمة لتحسين أداء عملية ضخ الماء العذب.



الماء العذب، إنه مورد ثمين جدا

في البداية، يجب وصف الظاهرة مع محاولة تغطية أكبر عدد من الحالات الممكنة : طبقات محصورة في الأعماق نسبيا، طبقات المياه الجوفية العذبة، أوساط مشبعة أو مشبعة جزئيا، إلخ. يجب أن تعبر هذه المعادلات عن المبادئ الفيزيائية لحفظ الكتلة، والطاقة وكمية الحركة مع مراعاة تعقيد الوسط المسامي. عندئذ يعطي الحل العددي لهذه المعادلات تقريبا أوليا لموضع السطح الفاصل بين الماء المالح والماء العذب.

بعد ذلك، وحتى نكون أقرب إلى الواقع -ومن ثمّ تقديم معلومات أكثر موثوقية- يجب مراعاة الطابع غير المتجانس للأوساط الواقعة تحت الأرض. فخصائص هذه الأوساط -مثل مسامية الوسط ونفاذيته- تكتسي صعوبات حسابية إذا ما أردنا دقة في الحساب. ولذلك يمكننا اعتبار هذه المميزات كمتغيرات عشوائية وحل معادلات تفاضلية جزئية عشوائية (تصادفية)⁴. وهذا ما يسمح بتدقيق المعلومات حول المنطقة الفاصلة بين المالح والعذب بالرغم من عدم التيقن من العوامل المؤثرة.

أما الخطوة الأساسية فستكون مقارنة النتائج العددية بالقياسات وبما نرصده في الميدان. وفي إطار التعاون بين فرنسا والمغرب، فقد سمح لنا استخدام قواعد البيانات الجغرافية التي وفرها مسؤولو تسيير الموارد المائية للمغرب -مثل المكتب الوطني للكهرباء والماء الصالح للشرب (ONEP)⁵- التحقق من صلاحية النماذج وحلولها العددية.

رغم التقدم المُسجّل في السنوات الأخيرة، تبقى النمذجة الرياضية والعددية المرتبطة بتسرب المياه المالحة تمثل إشكالية واسعة ومفتوحة على مصرعها تزيد في تنشيط البحث الرياضي المتفاعل بشكل دائم مع علماء الجيولوجيا المائية.

⁴ انظر الموقع : https://en.wikipedia.org/wiki/Stochastic_differential_equation

⁵ انظر الموقع : <http://www.onep.ma>

للاستزادة:

- R. Ababou, A. Al-Bitar, Saltwater intrusion with heterogeneity and uncertainty : mathematical modeling and analyses, Developments in Water Science, Vol. 55, Part. 2, 2004, p. 1559-1571.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167564804801667>
- J. Bear, A.H.D. Cheng, Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport, Theory and applications of transport in porous media 23, (2010).
- K. Najib, C. Rosier; On the global existence for a degenerate elliptic-parabolic seawater intrusion problem, Mathematics and computers in simulation, Vol. 81, Issue 10 (2011), pp. 2282-2295.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378475410004271>

• مقالة من نفس السلسلة:

"بحثا عن المياه الصالحة للشرب" - المنقبون عن المياه الجوفية في الأوقات المعاصرة

"EN QUÊTE D'EAU POTABLE" -LES SOURCIERS DES TEMPS MODERNES

<http://www.breves-de-maths.fr/en-quete-deau-potable-les-sourciers-des-temps-modernes/>

مصدر الصورة : 123RF

https://fr.123rf.com/images-libres-de-droits/eau_qui_coule.html?sti=lp8ip31u5dwlkt6uh2|