Ann. Soc. Géol. Nord, T. 28 (2e série), p. 143-146, Décembre 2021

LABORATOIRE DE GÉNIE CIVIL ET GÉO-ENVIRONNEMENT (LGCgE : ULR4315)

par Ali ZAOUI (avec deux contributions de chercheurs)

Le Laboratoire de Génie Civil et Géo-Environnement (LGCgE) a été créé en janvier 2010 dans le but de fédérer les potentiels de recherche régionaux dans le domaine des géo-matériaux, du génie civil, du bâtiment et du géo-environnement. L'objectif principal est de relever les défis de l'exploration de nouveaux matériaux pour le génie civil, d'une compréhension approfondie des problèmes des sols et de l'environnement, de la construction durable, de la protection des ressources naturelles et de la gestion des sites industriels.

Le LGCgE est sous la tutelle de l'Université d'Artois, de l'Université de Lille, de l'IMT-Lille-Douai et de Junia. Organisé en 5 équipes de recherche, le laboratoire compte plus de 200 membres. Afin de renforcer les coopérations inter-équipes, le laboratoire a mis en place deux opérations transversales sur les volets « Ville » et « Matériaux ». Ces opérations ont pour but de consolider les liens existants et d'explorer de nouvelles pistes de coopération.

Les activités principales du LGCgE vont des géo-matériaux (socle incontournable pour les ouvrages) aux bâtiments. L'ensemble conduit à la ville de demain et prend en compte les aspects environnementaux associés. Ces dernières thématiques, en pleine émergence, viennent répondre aux problèmes liés à la pollution des sols, des eaux et de l'air. Des moyens expérimentaux et théoriques sont également disponibles. Ces deux grands volets sont complétés par des recherches sur l'habitat et la ville intelligente pour constituer un ensemble uni dans un laboratoire de génie civil et de géo-environnement.

Les terrils témoignent d'une tranche du passé régional ; quelles interactions ont-ils avec leur environnement ? pourquoi préserver ceux qui n'ont pas été exploités ?

Par Emily LLORET

Certaines études menées par le LGCgE visent à caractériser les interactions et les transferts terril/eau/environnement, à établir les flux d'éléments mobiles, et à identifier les risques potentiels de pollution.

En effet, pour satisfaire ses besoins, l'Homme n'a de cesse d'augmenter ses capacités d'exploitation minière. Cette exploitation a un fort impact sur l'environnement, notamment lors du stockage des résidus miniers non valorisables. Ces stériles miniers sont généralement accumulés sous forme de dômes modifiant le paysage, et sont soumis à des processus d'altération et de lessivage. Par conséquent, des éléments potentiellement toxiques et/ou polluants peuvent être transférés de ces résidus vers leur environnement proche, et constituer un risque pour la santé humaine et les écosystèmes.

Face à ces enjeux sociétaux, économiques et environnementaux, les interactions entre stériles miniers et environnement, ainsi que les processus de transferts associés, doivent être bien compris et leurs impacts quantifiés pour tenter de les minimiser.

En France, cette problématique est particulièrement présente dans les anciennes régions minières, notamment dans le Nord et le Pas-de-Calais, où se situait l'une des plus importantes zones d'extraction de charbon du pays. Les terrils - près de 300 dômes formés par les cumulas de résidus et de déchets de l'exploitation houillère - peuvent être l'origine de transferts d'éléments du matériel géologique parent (éléments traces, métaux, soufre, composés organiques,…) vers les écosystèmes et hydrosystèmes attenants. Malgré leur potentiel pouvoir polluant et leur apparente stérilité, les terrils présentent à leur surface un néo-sol et une

végétalisation par des espèces pionnières. Ainsi, les terrils deviennent le support d'écosystèmes originaux et uniques dans la région, et doivent à ce titre, être protégés.



Fig. – Premier plan : un terril ancien de Nœux-les-Mines, reconverti ; au fond : les terrils coniques du 11-19 de Loos-en-Gohelle, parmi les plus récents ; entre deux : le terril plat, ancien, de Mazingarbe. ©F. Meilliez, 1997.

L'eau est un matériau minéral fluide à l'échelle de la vie quotidienne ; ressource renouvelable, mais dont la réserve, dans une région densément peuplée, se réduit sous le double effet de la consommation et de la pollution

Par Jamal EL KHETTABI

L'eau est omniprésente dans la mémoire commune. Elle est abordée de manière ubiquitaire dans les écrits ou les pratiques religieuses. Elle est citée souvent comme une source de vie et de purification, comme elle est associée aux miracles et aux processions. Au-delà du fait religieux l'eau a marqué l'histoire humaine. Autour des sources, des rivières ou de grands fleuves, les civilisations sont nées, ont évolué et dominé le monde. Ainsi, l'eau est source de conflits car elle est le secret pour produire les richesses, les transporter et les commercialiser. Sans eau, la nature change de visage, la terre devient aride et hostile au développement de la vie. L'Homme continue à maltraiter son milieu en étant l'acteur et le témoin. Il est ainsi le principal pollueur de la ressource. Une nouvelle ère, l'anthropocène, qui a débuté selon Paul Crutzen (Prix Nobel de chimie) autour de 1800 avec l'avènement de la révolution industrielle[1], mit fin à la logique humaniste d'apercevoir le milieu naturel comme le jardin commun. Les effets sont irrémédiables, surtout à un moment où l'on ressent de plus en plus les conséquences du changement climatique tant redouté. La connaissance des ressources en eau souterraine, l'évaluation de ses réserves, son exploitation rationnelle et sa pérennisation, est d'une importance primordiale pour la mise en valeur et le développement agricole, économique ou industriel d'une région. Dans le bassin Artois Picardie, l'empreinte de la géologie, de la guerre et du passé industriel se retrouve également dans l'eau souterraine. J'ai mené de nombreux travaux en partenariat avec de nombreux chercheurs pour apporter des solutions à des problématiques complexes. Identifier les facteurs d'instabilités à l'origine du recul du trait de côte et comprendre les processus d'écoulements dans les sols saturés et non saturés et de pollution de la nappe de la craie, sont autant de sujets traités avec rigueur et abnégation.

Les falaises crayeuses du cap Blanc Nez dans le Nord de la France "grand site national classé", sujettes à des écroulements provoquant un recul du trait de côte qui peut atteindre jusqu'à 0,25 m/an par endroits, ont fait l'objet d'une étude de stabilité. Les facteurs déstabilisateurs et les mécanismes associés à l'origine de ces mouvements ont été démontrés permettant ainsi d'orienter le travail de modélisation en l'optimisant. Les modèles établis à éléments finis (Figure 1) et à éléments distincts ont visualisé les processus d'évolution naturelle de la falaise (fracturation), et mis en évidence les mouvements observés. La prise en compte de l'existence d'une nappe d'eau montre que son rôle se restreint uniquement à son action mécanique. (El Khattabi *et al.*, 2017). Le recul est plus marqué dans les côtes sableuses. La gestion de la mobilité et l'érosion du trait de côte (dunes d'Ecault, dunes du Chevalier Sansot et dunes de Camiers) nécessitaient la conception de modèles explicatifs et des méthodologies d'investigation en utilisant un couplage SIG-Modèle hydrogéologique pour créer un outil d'aide à la décision en matière d'aménagement littoral. Le modèle a justifié la saturation en eau observée dans la partie sud d'Hardelot par la proximité de la nappe d'eau douce superficielle. L'aquifère des sables est en continuité hydrau-

1. Le concept proposé par Crutzen n'est pas reconnu comme étage géologique en dépit d'une forte pression médiatique (De Wever & Meilliez, 2020). *(N.D.L.R.)*

lique avec la nappe de la craie sous-jacente. De plus, ce secteur est caractérisé par la présence de lentilles de tourbe dont le comportement hydrophile explique la rétention d'eau de mer en surface dans les formations sableuses ainsi que la répartition complexe de l'interface eau douce – eau salée sur le littoral d'Hardelot. Les diverses simulations entreprises ont permis de démontrer qu'un rabattement de nappe de 0,5 m, permettant un assèchement de la plage, nécessiterait un pompage continu avec un débit de 5 m³/h (Chaaban *et al.*, 2012).

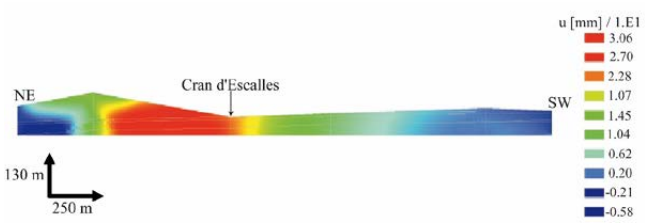


Figure 1. Modèle 2D de la falaise : isovaleurs des déplacements.

D'autres recherches se sont intéressées aux processus d'écoulements dans les sols saturés et non saturés ainsi que leur impact sur la qualité des eaux. La compréhension des mécanismes de transport hydrique et des solutés dans un milieu poreux non saturé est essentielle pour répondre aux interrogations concernant le devenir des polluants appliqués à la surface du sol [Carlier *et al.*, 2006 ; Carlier & El Khattabi, 2015]. Dans le nord de la France, les concentrations en nitrates mesurées dans la nappe de la craie atteignaient ou dépassaient fréquemment le seuil de potabilité fixé à 50 mg/l par la Directive Européenne. Cet état de fait est la conséquence directe de l'essor de l'agriculture intensive, l'industrialisation ou encore la croissance démographique Pour améliorer la qualité de la nappe de la région (95 % de l'eau distribuée dans la région) plusieurs études intégrant la modélisation et les SIG ont été réalisées dans différents secteurs : Cambrésis, Béthunois et Avesnois. Les modèles intégrés développés [Serhal *et al.*, 2009 ; Darwishe *et al.*, 2017 ; El Khattabi *et al.*, 2018] ont permis de suivre l'évolution de la pollution des nitrates de la surface jusqu'à la nappe offrant la possibilité de gérer la pollution au niveau spatial et dans le temps. La pollution géogénique (d'origine naturelle) présente un enjeu majeur dans la gestion des champs captants à l'échelle mondiale. C'est le cas du bassin Artois-Picardie où l'exploitation de certains forages est devenue critique en raison de dépassement des seuils de potabilité. Ainsi, nos investigations ont mis en évidence l'influence du fond géologique de nos sites dans l'apparition du nickel en solution. Les résultats confirment l'intérêt du rapport nickel/cobalt en tant qu'indicateur de l'origine naturelle ou anthropique du nickel dans les eaux des aquifères crayeux. Cet indice nous a permis de statuer rapidement une origine anthropique sur le site d'Houplin-Ancoisne et d'approfondir les recherches sur les sites de Flers-en-Escrebieux et Pecquencourt dont l'origine a été qualifiée de géologique (Bernard *et al.*, 2008). Pour le sélénium, il est apparu de manière manifeste que son origine est essentiellement naturelle dans les formations tertiaires et dans les formations quaternaires, ce qui contrôle sa répartition spatiale dans les différents niveaux rocheux (Figure 2). Ainsi les caractéristiques du milieu et les conditions naturelles et d'exploitation qui impactent la dynamique de la nappe conditionnent sa mobilisation. À ceci, il faut ajouter les transferts entre forages et l'impact de l'infiltration de la recharge. Pour autant, il ne faut pas négliger les activités anthropiques de surface qui peuvent contribuer directement par un apport en sélénium et/ou indirectement en faisant intervenir les nitrates soit par oxydation ou en retardant la réduction du sélénium. À ceci s'ajoute l'apport possible des sédiments des cours d'eau. Nos travaux permettent de mieux placer cette problématique dans son contexte complexe. D'importants résultats permettent ainsi de mieux comprendre les variations du taux de sélénium dans les eaux de la nappe de la craie. Malgré l'étroitesse de sa superficie, les rapports binaires entre Ca/Sr et Mg/Sr révèlent trois influences majeures sous formes de trois pôles. Un pôle caractéristique des formations tertiaires, un pôle carbonaté des craies séno-turoniennes et un pôle caractéristique des eaux captives de la nappe de la craie sous couverture tertiaire et des eaux des sables d'Ostricourt. Cette répartition en trois pôles détermine les influences par interactions eau-roche (Cary *et al.*, 2014).

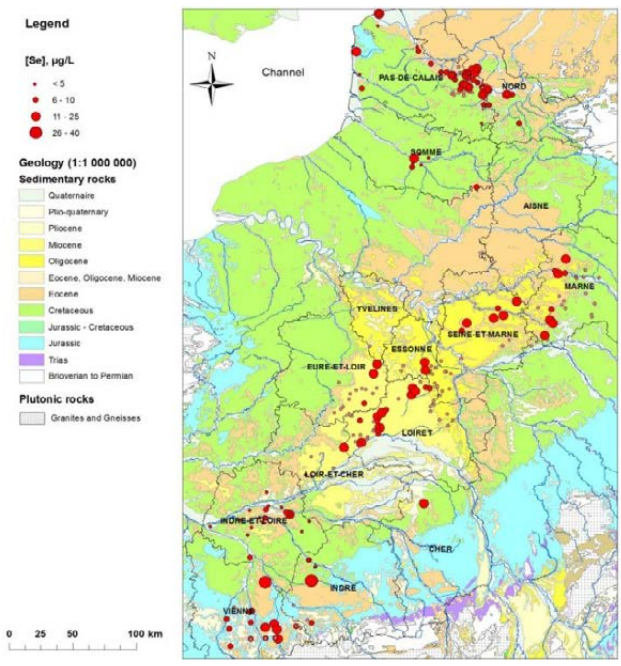


Figure 2. Présence de Sélénium dans les eaux souterraines en France septentrionale (Cary *et al.*, 2014).

RÉFÉRENCES

BERNARD, D., EL KHATTABI, J., LEFÈVRE, E., SERHAL, H., BASTIN-LACHEREZ, S. and SHAHROUR, I. 2008. Origin of nickel in water solution of the chalk aquifer (Northern of France) and geochemical factors of variation. Environmental geology, 53-5, 1129-1138.

CARLIER, E., EL KHATTABI, J. and POTDEVIN, JL. 2006. Solute transport in sand and chalk: a probabilistic approach. Hydrological Processes, 20, 1047-1055.

CARLIER, E. and EL KHATTABI, J. 2016. Impact of global warming on Intensity-Duration-Frequency (IDF) relationship of precipitation, A Case Study of Toronto, Canada. Open Journal of Modern Hydrology, 2016, 6-1, 1-7. (DOI: 10.4236/ojmh.2016.61001).

CARY, L., BENABDERRAZIQ, H., EL KHATTABI, J., GOURCY, L., PARMENTIER, M., PICOT, J., KHASKA, M., LAURENT, A. and NÉGREL, PH. 2014. Tracking selenium in the Chalk aquifer of northern France: Sr isotope constraints. Applied Geochemistry, 48, 70-82.

CHAABAN, F., DARWISHE, H., BATTIAU-QUENEY, Y., LOUCHE, B., MASSON, E., EL KHATTABI, J. and CARLIER, E. 2012. Using ArcGISH Modelbuilder and Aerial Photographs to Measure Coastline Retreat and Advance: North of France. Journal of Coastal Research, 28-6, 1567–1579.

CHAABAN, F., DARWISHE, H., LOUCHE, B., BATTIAU-QUENEY, Y., MASSON, E., EL KHATTABI, J. and CARLIER, E. 2012. Geographical Information System (GIS) approach for environmental management in coastal area (Hardelot-Plage: France). Environmental Earth Sciences, 65-1, 183-193.

DARWISHE, H., EL KHATTABI, J., CHAABAN, F., LOUCHE, B., MASSON, E. and CARLIER, E., 2017. Prediction and control of nitrate concentrations in groundwater by implementing a model based on GIS and artificial neural networks (ANN). Environmental Earth Sciences, 76 (19), 649. (https://doi.org/10.1007/s12665-017-6990-1).

DE WEVER P. & MEILLIEZ F. (2020). – Des mots inadéquats introduisent de la confusion scientifique. LEA # 3 : 21-22.

EL KHATTABI, J., CARLIER, E. and LOUCHE, B. 2017. The Effect of Rock Collapse on Coastal Cliff Retreat along the Chalk Cliffs of Northern France. Journal of Coastal Research, 34-1, 136 – 150. (https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-16-00116.1).

EL KHATTABI, J., LOUCHE, B., DARWISHE, H., CHAABAN, F. and CARLIER, E., 2018. Impact of Fertilizer Application and Agricultural Crops on the Quality of Groundwater in the Alluvial Aquifer, Northern France. Water, Air, & Soil Pollution, 229 (4), 128. (DOI: 10.1007/s11270-018-3767-4).

SERHAL, H., BERNARD, D., EL KHATTABI, E., BASTIN-LACHEREZ, S. and SHAHROUR, I. 2009. Impact of fertilizer application and urban wastes on the quality of groundwater in the Cambrai Chalk aquifer, Northern France. Environmental geology, 57-7, 1579-1592.