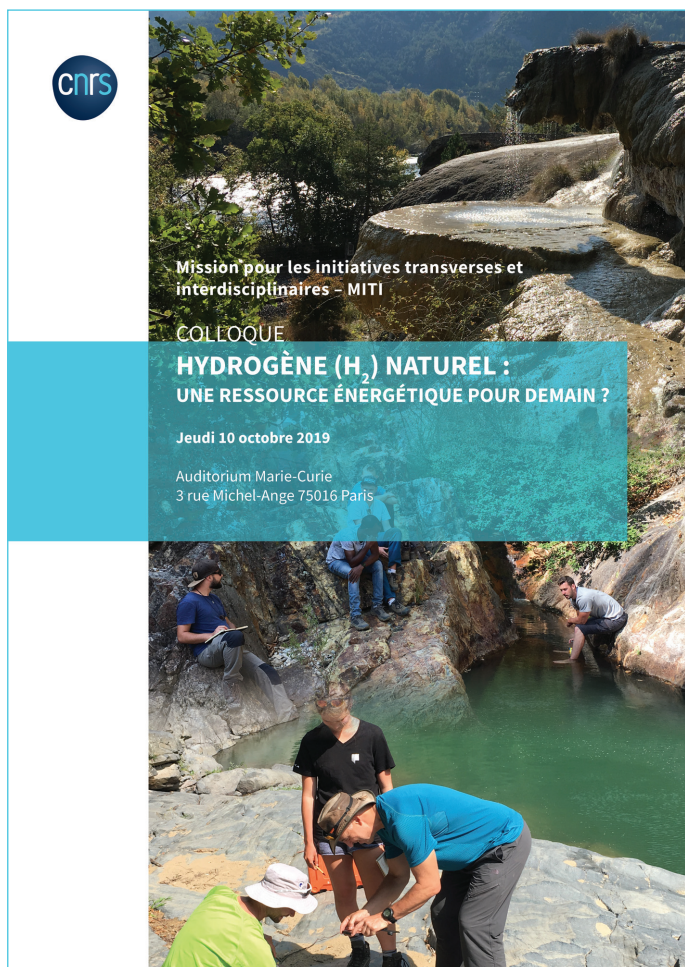


L'hydrogène naturel : une ressource énergétique pour demain ?



La découverte dans les années 1970, à l'occasion de l'exploration des rides médio-océaniques, de fumerolles sous-marines profondes à l'endroit des zones de formation et d'expansion des planchers océaniques, émettrices de quantités importantes de gaz riches en H_2 , a inauguré la réflexion sur l'origine de ces émanations inattendues et relancé l'intérêt pour leurs pendant terrestres considérés longtemps comme anecdotiques (Chimera en Turquie, où l'Antiquité grecque situait l'ancre du monstre mythique, « feux éternels » aux Philippines, etc.). Je renvoie les lecteurs au livre récent d'Alain Prinzhofer et Éric Deville pour une documentation exhaustive [2]. Un consensus s'était établi chez les géochimistes pour en attribuer l'origine commune à la serpentinisation d'ophiolites, c'est-à-dire la réduction d'eau de mer ou météoritique infiltrée en profondeur, au contact de roches mantelliques ferreuses proximales sous les rifts, ou charriées par des mouvements tectoniques. Ce serait ainsi le réacteur « Terre » qui convertirait en énergie chimique stockable et transportable le potentiel redox existant sur notre planète entre surface oxydée et sous-surface relativement réduite : un phénomène indéfiniment durable à l'échelle humaine, au point que cette ressource énergétique puisse être considérée comme renouvelable.

Depuis une dizaine d'années seulement, la découverte de nouvelles émanations de H_2 en contextes géologiques très différents [3-4] – les très anciens et ubiquistes cratons des socles continentaux – oblige à en repenser la cause dans ces autres contextes : radiolyse ? Origine très profonde [5] ? Le débat reste ouvert, et simultanément ouvertes les questions cruciales des flux et des stocks de cet hydrogène naturel.

La Mission pour les Initiatives Transverses et Interdisciplinaires du CNRS (MITI) a réuni sur une journée de colloque plus d'une centaine de participants, chercheurs de toutes disciplines, industriels, et le député Michel Delpon, président du groupe de travail sur l'hydrogène à l'Assemblée nationale [1]. Une dizaine d'exposés et vingt posters ont nourri des discussions très animées sur tous les aspects de ce sujet émergent mais peut-être extrêmement prometteur pour l'avenir de l'énergie, notre avenir à tous comme nous le savons bien.

En effet, s'il s'avère qu'il existe sur notre planète une réserve abondante et exploitable en hydrogène naturel, qui plus est renouvelable, c'est une véritable révolution socioéconomique qui s'annonce, et une excellente nouvelle pour le climat. Jusqu'à présent, toutes les projections d'une civilisation de l'hydrogène n'envisageaient qu'un rôle de vecteur pour cette petite molécule à haut contenu énergétique, stockant sous forme chimique l'énergie solaire intermittente ou la chaleur nucléaire, avec des rendements de conversion irréductiblement médiocres. Qu'elle devienne une source durable, bien répartie géographiquement, d'un combustible non polluant, ni localement ni globalement, serait la réalisation d'un rêve plus fou que ceux d'un Jules Verne.

Sur le terrain, les connaissances ont rapidement progressé, et le colloque a permis d'en faire l'inventaire : zones d'émanation souvent, mais pas toujours, caractérisées par des grappes de dépressions quasi circulaires, kilométriques, au couvert végétal très altéré, flux mesurés de l'ordre de $100 \text{ t } H_2/\text{jour}/\text{km}^2$: un champ de $50 \times 50 \text{ km}$ produirait ainsi l'ordre de grandeur de la consommation mondiale actuelle de H_2 à usage chimique (produit essentiellement par reformage à la vapeur du gaz naturel fossile, donc avec sous-produit CO_2).

Le champ de Bourakébougou au Mali, découvert fortuitement par la société Petroma (représentée au plus haut niveau à ce colloque), produit un H_2 pur à 98 % sous quelques bars soutenus. Une vingtaine de puits forés à ce jour permettent de délimiter un champ étendu, avec un réservoir peu profond mais confiné par une couverture efficace [6]. La production actuelle est turbinée, alimentant en électricité la localité rurale voisine. Petroma a un projet de développement industriel avec pour objectif rien moins que l'alimentation en électricité de la région de la capitale Bamako, à moins de 100 km, à un prix de revient extrêmement compétitif. Il y a là un clair enjeu de développement socioéconomique pour ce pays, hélas freiné par l'instabilité que l'on sait.

Un forage d'essai par une autre société a eu lieu récemment au Nebraska et est en cours d'analyse. Au Brésil, Engie a mis en place un système de mesure en continu des émanations sur une zone de dépressions circulaires [7] et accumule des informations quantitatives, découvrant au passage des phénomènes très inattendus, par exemple une cyclicité journalière des émissions, et une activité bactériologique spécifique exploitant cette ressource énergétique (à l'instar d'ailleurs des écosystèmes endémiques non photosynthétiques découverts au débouché des fumeurs océaniques par plusieurs kilomètres de fond). Outre Engie, Total, également très représenté à ce colloque, mobilise des équipes pour instruire le sujet.

En résumé, géologues, géochimistes, chimistes, physiciens, biologistes ont confronté leurs points de vue lors de ce colloque très conforme à la vocation de la MITI. Mais ces sciences « dures » ont laissé une bonne place dans les débats aux sciences « subtiles » de l'acceptabilité sociale et la prévention des risques industriels et environnementaux, car nul n'ignore plus qu'un grand projet technico-économique doit être co-construit avec la population usagère, et non plus technocratiquement imposé.

Il sera toutefois plus aisé au lectorat de *L'Actualité Chimique* qu'à M. Tout-le-Monde de prendre conscience de l'ampleur de la révolution énergétique et environnementale que constituerait, et constituera peut-être, l'avènement d'une ère

de l'hydrogène naturel après celle des hydrocarbures et de la fission nucléaire.

[1] Colloque « Hydrogène (H₂) naturel : une ressource énergétique pour demain? », Paris, 10 oct. 2019, www.cnrs.fr/mi/spip.php?article1462

[2] Prinzhofer A., Deville E., *Hydrogène naturel. La prochaine révolution énergétique?*, Belin, 2015.

[3] Larin N. et al., Natural molecular hydrogen seepages associated with surficial, rounded depression on the European craton in Russia, *Nat. Resour. Res.*, 2015, 24, p. 363.

[4] Zgonnik V. et al., Evidence for natural molecular hydrogen seepage associated with Carolina bays (surficial, ovoid depressions on the Atlantic Coastal Plain, Province of the USA), *Prog. Earth Planet. Sc.*, 2015, 2 p. 31.

[5] Toulhoat H., Beaumont V., Zgonnik V., Larin N., Larin V.N., Chemical differentiation of planets: a core issue (v2), 2015, <https://arxiv.org/abs/1208.2909>

[6] Prinzhofer A., Sidy Tahara Ciss S., Diallo A.B., Discovery of a large accumulation of natural hydrogen in Bourakebougou (Mali), *Int. J. Hydrog. Energy*, 2018, 43, p. 1.

[7] Prinzhofer A. et al., Natural hydrogen continuous emission from sedimentary basins: the example of a Brazilian H₂-emitting structure, *Int. J. Hydrog. Energy*, 2019, 44, p. 5676.

Hervé TOULHOAT,

Membre du Bureau de l'interdivision Énergie de la Société Chimique de France, Laboratoire de Réactivité de Surface, UMR CNRS 7197, Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, Paris.

* herve.toulhoat@orange.fr

