

## BESOINS D'ÉLECTRICITÉ ET DE MATERIAUX « RARES » DANS LE FUTUR

La pile à combustible pourrait faire son entrée dans des processus industriels et notamment dans celui de production de l'hydrogène. Rappelons que l'hydrogène est considéré à juste titre comme le combustible le plus propre.

La pile à combustible permet de produire de l'électricité à partir de l'hydrogène. La pile à combustible réversible permet de produire de l'hydrogène à partir d'électricité. La pile réversible permet d'utiliser le surplus de production électrique et donc de stocker de l'électricité sous forme d'hydrogène. Pour l'environnement, l'utilisation de l'hydrogène présente tous les avantages à condition que l'hydrogène ne soit pas produit industriellement par vaporeformage du gaz naturel, processus présentant un bilan carbone catastrophique du fait que le CO<sub>2</sub> issu de la réaction du méthane est rejeté dans l'atmosphère.

Il y a deux processus « propres » pour produire de l'hydrogène :

- L'hydrolyse de l'eau qui nécessite de l'électricité
- La pile à combustible réversible qui nécessite de l'électricité

Ces deux processus sont très énergivores en électricité.

Concernant les véhicules, la tendance est d'utiliser un réservoir d'hydrogène pour alimenter une pile à combustible, produire de l'électricité et ainsi alimenter un moteur électrique. Par rapport au moteur électrique alimenté directement par batterie au lithium-ion, le rendement est très inférieur, dû aux pertes inhérentes à la double conversion énergétique (électricité/hydrogène/électricité). Le seul gain réside dans un poids embarqué moindre et un petit gain d'autonomie. La voiture grand public hydrogène n'est pas pour demain mais les transports en commun sont intéressés comme le montre le choix fait par la Région Bourgogne-Franche-Comté pour se lancer dans un projet ferroviaire concret.

La production « propre » d'hydrogène dépendra donc de la production d'électricité. Quoiqu'on fasse au profit de la limitation du réchauffement climatique, il nous faut une forte augmentation de production électrique comme le réclame la mobilité future : véhicules, trains, avions, bateaux à moteur électrique ou à hydrogène, vélos et patinettes électriques. Le numérique réclamera aussi son lot d'augmentation d'électricité. L'arrêt du chauffage au fuel ou au gaz dopent l'intérêt des pompes à chaleur dont beaucoup oublient qu'elles nécessitent de l'électricité pour fonctionner. Les écologistes ne parlent que d'économies d'électricité, mais les principales économies prévisibles (notamment l'isolation de l'habitat et l'interdiction de la climatisation) ne suffiront pas à effacer l'accroissement nécessaire de la production d'électricité. Les écologistes finiront par le reconnaître et vont être obligés, la mort dans l'âme, de prendre des décisions. Ils ont le choix entre :

- Les panneaux photovoltaïques et l'accroissement du déficit de notre balance commerciale,
- L'éolien avec la défiguration de nos paysages ruraux et l'accroissement du déficit de notre balance commerciale,
- L'hydraulique et la fin de la continuité écologique des cours d'eau,

- La poursuite, voir l'accroissement, du nucléaire.

Les « y-a qu'à, faut qu'on et faire en sorte » vont devoir proposer une stratégie.... Il est facile de parler en niant les réalités, il est plus difficile d'agir avec efficacité.

Autre sujet, les piles et batteries sont également très décriés par l'utilisation de matériaux « rares » dont l'extraction est le plus souvent dommageable pour l'environnement. Il y a du vrai, mais aussi quelques confusions plus ou moins entretenues. Dans les métaux « rares » évoqués, il convient de distinguer :

- Les métaux précieux (or, argent, platine, palladium), qui étant rares dans la nature sont très chers. Ils sont recyclables.
- Les métaux qui risquent de devenir rares et précieux, compte tenu des faibles ressources mondiales connues et exploitées actuellement et d'une demande très forte. C'est le cas du lithium qui rentre dans la fabrication des batteries pour l'automobile et prochainement du cuivre dont l'accroissement d'utilisation (dans les voitures électriques et les réseaux de distribution pour recharge des batteries) fait s'envoler les prix à cause des craintes de raréfaction du matériau. Le lithium et le cuivre sont recyclables.
- Les « terres rares », des métaux difficiles à extraire des minerais qui les contiennent car leur présence est en très faible concentration et dont les principales ressources mondiales se trouvent en Chine.

L'utilisation de tels métaux appauvrit les ressources naturelles non renouvelables mais à l'inverse des ressources de combustibles, elle agit pour la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Toute extraction de minerais nécessite des dégradations environnementales. Le respect des populations riveraines et l'utilisation de moyens d'extraction appropriés devraient limiter ces dégradations. Par ailleurs, la réduction puis l'arrêt des extractions actuelles (charbon, pétrole, gaz naturels et de schistes) seront une compensation appréciable pour l'environnement.

Les « terres rares », au nombre de quinze, sont principalement utilisés dans la fabrication des aimants permanents et des lasers solides. L'erbium est utilisé dans les amplificateurs optiques (invention que je placerais dans le top 10 des inventions du XXe siècle). Les terres rares interviennent dans les aimants du moteur électrique, mais ne sont pas mentionnés comme élément intervenant dans la fabrication des batteries au lithium.

Pour ce qui concerne le lithium utilisé dans les batteries, les réserves connues aujourd'hui sont relativement faibles mais à coup sûr très sous estimées. Il n'empêche que des études sont démarrées pour permettre d'une part son recyclage industriel et d'autre part son remplacement par des matériaux moins stratégiques et moins chers à long terme.

A ce jour, le meilleur rendement des piles à combustible est obtenu par une électrode en platine, le matériau précieux par excellence. Bien évidemment, une telle contrainte convient pour quelques missions spatiales mais constitue un grand handicap pour son utilisation grand public. Le remplacement de cette électrode de platine mobilise un grand nombre de laboratoires de recherche dans le monde.

En conclusion, il faudra bien accepter quelques contraintes environnementales négatives à la transition énergétique pour mettre un terme à l'élévation de température de notre planète. Sinon, il faudra accepter le retour à la bougie ou l'élimination de quelques milliards d'âmes qui peuplent notre Terre.

***Jean-Pierre Pestie.***

Avril 2021