



Le développement de l'hydrogène décarboné en Inde

Au croisement de deux enjeux stratégiques pour l'Inde, à savoir son indépendance énergétique et son développement industriel, l'hydrogène présente un fort potentiel dans le pays. Le gouvernement a récemment fixé des objectifs ambitieux pour structurer la filière d'ici 2030 et encourager son développement sur diverses applications (industrie lourde, mobilité, production d'engrais, ...), et les initiatives industrielles se multiplient. Cependant, les freins structurels et réglementaires restent nombreux, et la pertinence de cette stratégie pour la trajectoire de décarbonation du pays interroge.

Un élan en faveur de l'hydrogène vert

L'Inde s'est engagée lors de la COP26 à **atteindre la neutralité carbone en 2070, avec l'objectif intermédiaire de réduire l'intensité carbone de son PIB de 45% d'ici 2030** par rapport à 2005. La croissance rapide de sa population et de la consommation d'énergie liée à l'élévation des niveaux de vie, rend le développement de sources de production d'énergie décarbonée prioritaire pour l'Inde. En ce sens, **l'hydrogène pourrait constituer un des vecteurs de décarbonation de l'économie indienne**. Le pays dispose en effet d'un potentiel avéré pour la production d'hydrogène par électrolyse à partir d'électricité renouvelable, en raison du faible coût de production de l'électricité renouvelable, solaire en particulier, notamment lors des pics de production.

Le gouvernement a multiplié les annonces ces derniers mois pour encourager la diffusion de l'hydrogène vert, produit à partir d'électricité renouvelable. Une *National Green Hydrogen Mission*, dotée d'un budget de 2,2 Mds EUR a été créée début 2023. Cette mission est chargée de mettre en œuvre les programmes d'incitations financières pour encourager la production d'hydrogène vert, le développement d'une filière domestique de production d'électrolyseurs ainsi que des projets pilotes pour développer l'utilisation de l'hydrogène comme levier de décarbonation de certains secteurs de l'industrie indienne (engrais, acier). **L'Inde se donne pour objectif de produire 5 Mt/an d'hydrogène vert à horizon 2030**, sachant que la demande actuelle d'hydrogène en Inde est estimée à 6,7 Mt/an.

Ce **déploiement est largement soutenu par les industriels proches du pouvoir**, comme l'illustrent les annonces des groupes Reliance Industries (objectif de produire de l'hydrogène vert pour 1 USD/kg d'ici 2030, contre entre 4 et 5 USD/kg aujourd'hui) ou Adani (investissement de 200 Mds INR – soit 2,4 Mds EUR - annoncé en mars 2022).

Un potentiel important de développement en Inde, mais qui se heurte à de nombreuses faiblesses structurelles

Le passage à l'échelle pour le déploiement de l'hydrogène vert en Inde est aujourd'hui limité, du fait de plusieurs freins :

- Des **coûts de production** (500 INR/kg) **largement supérieurs aux coûts de l'hydrogène gris** produit à base de gaz naturel (150 INR/kg), auxquels s'ajoutent des coûts de transport aujourd'hui rédhitoires.
- Des **capacités de production des équipements nécessaires à la production hydrogène, en particulier les électrolyseurs, aujourd'hui inexistantes**.
- Une **gouvernance encore en construction**, le secrétariat chargée de piloter la Mission au sein du ministère des énergies nouvelles et renouvelables est seulement en train d'être constitué.
- **Un manque de lisibilité des priorités politiques sur l'hydrogène**. Concomitamment à ses annonces sur l'hydrogène vert, le gouvernement encourage le développement de la production d'hydrogène à partir de moyens carbonés. **L'Inde a signé un accord de libre-échange avec l'Australie en avril 2022 qui lève les taxes à l'importation sur le charbon australien et souhaite développer ses capacités de production d'hydrogène grâce au procédé de gazéification du charbon**

- Des **contraintes réglementaires et techniques**, notamment en matière de normes sécuritaires pour la production et le transport de l'hydrogène, aujourd'hui inadaptées¹, tandis que les autorités de contrôle et de certification, notamment la *Petroleum and Explosives Safety Organization (PESO)*, ne possèdent pas l'expertise nécessaire pour accompagner la mise à jour de ce cadre réglementaire. De la même manière, la liquéfaction de l'hydrogène, à -253 °C, soulève des enjeux techniques et logistiques importants.

Malgré l'attractivité de ses coûts de production d'électricité d'origine renouvelable, **ces freins soulèvent la question de la capacité de l'Inde à devenir un acteur mondial de l'hydrogène décarboné**, alors que la production d'hydrogène repose aujourd'hui en quasi-totalité sur l'hydrogène gris ou brun.

Malgré un développement rapide des capacités solaires et éoliennes installées depuis le milieu des années 2010, l'électricité indienne reste très émettrice de CO₂ avec un mix composé à plus de 70 % par le charbon et une émission moyenne de 810 gCO₂/kWh sur l'année fiscale 2021-2022. De plus et malgré des objectifs de déploiement solaire et éolien ambitieux, la demande d'électricité indienne devrait croître plus rapidement que la production renouvelable dans le scénario tendanciel au cours de la prochaine décennie.

Même si l'Inde réussit à surmonter les freins *mentionnés plus haut*, **l'augmentation de la demande en électricité nécessaire à la production d'hydrogène vert en Inde pourrait paradoxalement conduire à un accroissement des émissions de CO₂ du pays**, du fait de l'accroissement de la production d'électricité à partir de charbon pour satisfaire les autres usages.

Aussi, si le rapport de l'Agence Internationale de l'Energie reconnaît le potentiel de l'Inde pour le développement de l'hydrogène bas-carbone, **elle n'identifie pas ce dernier comme un vecteur majeur de la décarbonation du mix énergétique dans aucun de ses scénarios**, même s'il est mentionné comme un vecteur pour décarboner le transport et l'industrie².

Opportunités de développement de la coopération franco-indienne sur l'hydrogène

La coopération franco-indienne sur l'hydrogène vert s'est notablement enrichie ces derniers mois, l'hydrogène vert étant une priorité politique dans les deux pays. L'hydrogène est ainsi l'un des domaines de coopération identifiés dans le **Memorandum of Understanding dédié aux énergies renouvelables, signé entre le MTE et le MNRE en janvier 2021**. Par ailleurs, **une feuille de route bilatérale a été endossée en octobre dernier**. Cette feuille de route s'articule autour de quatre volets : (i) la réglementation en matière de sécurité de la production et du transport de l'hydrogène, (ii) la certification du contenu carbone, (iii) la coopération en matière de recherche et développement et (iv) les partenariats industriels.

Sur le plan industriel, plusieurs entreprises françaises ont annoncé des partenariats en Inde (TotalEnergies, McPhy) tandis que d'autres montrent un intérêt pour le développement de la technologie hydrogène dans le pays. Cependant, plusieurs acteurs mettent en avant le prérequis de développer un cadre réglementaire et de certification carbone adéquat pour permettre l'émergence d'une filière d'hydrogène vert en Inde, d'autant plus nécessaire que le mécanisme européen d'ajustement carbone aux frontières et l'*Inflation Reduction Act* américain pourraient réduire l'avantage compétitif indien. Cette menace suscite d'ores et déjà les inquiétudes des industriels indiens engagés dans des investissements de production d'hydrogène vert, sans que les pouvoirs publics ne se soient encore emparés de la question.

Le développement de l'hydrogène vert est une priorité politique pour l'Inde, qui souhaite capitaliser sur le faible coût des renouvelables pour développer une filière industrielle compétitive à l'export. Cependant, l'importante croissance de la demande électrique induite ne pourra être absorbée par la croissance de la production d'électricité d'origine renouvelable, et interroge donc le bénéfice climatique de ce développement. A ceci s'ajoute des freins techniques et de gouvernance qui restreignent la capacité du pays à déployer la technologie à grande échelle.

¹ La réglementation sur la production et le transport de gaz volatiles en Inde est très stricte, conséquence de la catastrophe de Bhopal en 1984.

² Agence Internationale de l'Energie, *India Energy Outlook*, février 2021.