



HYDROGÈNE VERT AU MAROC

Défis et opportunités pour le Royaume Chérifien

Analyse stratégique

Par Ghalia Mokhtari

Avec la participation de El Mahdi Karoum

Septembre 2023

iMIS

Institut marocain d'intelligence stratégique

Résumé exécutif:

Au vu des problématiques climatiques prégnantes, le développement de sources d'énergies vertes constitue un enjeu majeur, notamment pour le Maroc qui s'est fixé un objectif de production d'énergies renouvelables comptant pour plus de la moitié de son mix énergétique d'ici 2030. Dans ce cadre, l'hydrogène vert pourrait jouer un rôle central pour atteindre cet objectif de « décarbonation » de l'industrie et de développement des énergies solaires, éoliennes et hydrauliques. Au niveau officiel, le Royaume affiche une posture résolument offensive pour le développement de la production d'hydrogène vert, souhaitant ainsi se positionner comme leader régional dans le domaine des énergies vertes.

L'hydrogène (H₂) représente un potentiel majeur dans la question du défi énergétique, étant un gaz que l'on trouve aujourd'hui en abondance, présent dans la composition de l'eau et des hydrocarbures et pouvant être stocké facilement sur le long terme. On parle d'hydrogène vert lorsque sa production est faite par la séparation de l'hydrogène et de l'oxygène présent dans la molécule d'eau (H₂O) par le processus « d'électrolyse » et que cette méthode est rendue possible par une source d'énergie renouvelable. Cependant, cette technique reste l'une des plus coûteuses et l'une des plus difficiles à réaliser.

L'utilisation de l'hydrogène est commune, notamment dans l'industrie agricole et l'industrie des transports, dont l'électricité produite peut-être source de carburant pour les véhicules électriques et peut également être injectée sur le réseau électrique. Ses propriétés chimiques lui permettent aussi d'être utilisé pour le raffinage d'hydrocarbures et pour la production d'engrais.

Son utilisation se démocratise de plus en plus mais ses coûts restent élevés comparé aux autres formes d'hydrogène, comme l'hydrogène « bleu » par exemple qui est deux à trois fois moins cher. Cependant, avec le développement et l'innovation des technologies d'électrolyse, ces écarts devraient être amenés à se réduire.

En effet, à l'échelle mondiale, le recours à l'hydrogène vert devient de plus en plus courant et une course au titre de « leader mondial » s'est déclenchée, ce qui devrait être favorable quant au coût de cette source d'énergie. L'Union Européenne, ayant fixé une politique de décarbonation de la consommation, s'est donnée un objectif de production de 20 millions de tonnes d'hydrogène vert et accroît en ce sens les projets, notamment en Espagne, en France et en Allemagne.

Au Maroc, l'hydrogène vert représente un plan à part entière dans l'objectif d'indépendance énergétique du pays, et consiste en une multiplication de projets, d'alliances inter-étatiques, soutenue par l'action d'intervenants importants et l'établissement de régulations. C'est en ce sens qu'en 2019, la Commission nationale de l'hydrogène (Green H2 Maroc) a été instituée par le ministère marocain de l'énergie, ayant pour but de fédérer les acteurs du domaine de l'hydrogène autour de leur but commun.

De nombreux investissements étatiques ont également été effectués pour accompagner le développement du secteur sur une étendue de 15 années, destinés à faire de l'hydrogène une source alternative d'énergie majeure et accessible à coûts raisonnables. Cela passe aussi par la collaboration entre le Maroc et ses pays voisins, à travers le lancement de l'« *Africa Green Hydrogen Alliance* » destiné à créer un cadre régional favorable au développement de cette industrie.

La collaboration se fait également à une échelle plus globale par l'accueil de sociétés étrangères, séduites par le rayonnement et le potentiel du Maroc dans ce domaine.

Or, au-delà de l'opportunité incontestable que représente la filière de l'hydrogène vert au Maroc, il convient d'adopter le sujet avec précaution, au vu de l'asymétrie d'information, d'innovation, et d'accès au capital qui existe entre les grands acteurs privés internationaux et les pouvoirs publics marocains. Dans ce cadre, un certain nombre de facteurs clés de succès doivent être réunis, parmi lesquels l'on peut citer la convergence de la stratégie d'hydrogène vert avec la politique rénovée de gestion de l'eau, la réduction du risque pour les *Offtakers* nationaux, ainsi que la résolution des questions du transport et du stockage. En outre, des points de vigilance doivent être observés par les pouvoirs publics, notamment en ce qui concerne l'accès au foncier à fort potentiel solaire et éolien, la mesure de l'impact social des projets sélectionnés ainsi que la sécurisation de la souveraineté énergétique du pays.

L'hydrogène vert, un tournant pour la stratégie renouvelable marocaine ?

L'hydrogène (H₂) est assimilé à un gaz invisible et inodore, très léger que l'on trouve en abondance sur terre. Tout comme l'électricité, l'hydrogène est un vecteur énergétique secondaire et non une source d'énergie à proprement dit, et il dispose d'un potentiel considérable pour l'approvisionnement énergétique du futur, pouvant être stocké en grande quantité de manière stable et sur le long terme.

L'hydrogène se caractérise par sa densité énergétique plus élevée par rapport à son poids. Il ne s'oxyde pas, ne dégage ni CO₂, ni aucun autre polluant lors de sa combustion. Il offre ainsi une alternative énergétique facilitant l'intégration d'énergies renouvelables ayant pour but la réduction de CO₂.

Actuellement, pour des raisons économiques, l'hydrogène est issu à 95 % de la transformation d'énergies fossiles, dont pour près de la moitié à partir du gaz naturel. C'est l'hydrogène dit « gris ». Il est déjà utilisé dans différents secteurs industriels, principalement, les fertilisants, le raffinage et la métallurgie. Il est généralement transporté sous forme comprimée via un réseau de pipelines relativement étendu, totalisant plus de 4 500 km dans le monde. Il peut aussi être transporté par bateau. Si aujourd'hui, la part de l'hydrogène est de l'ordre de 1,2% de la consommation mondiale d'énergie, l'agence internationale de l'énergie prévoit que sa part sera de 13% en 2050.

L'hydrogène dit « vert », quant à lui, est depuis moins d'une décennie au cœur des débats mondiaux sur la transition énergétique et climatique. Pour la majorité des experts, il s'agirait à terme de la solution la plus adéquate pour supplanter les énergies fossiles,

et ainsi permettre à la planète d'enrayer son processus de réchauffement. Toutefois, ce consensus n'est pas total. De nombreuses voix dissonantes soulèvent des questions importantes autour du modèle économique de la production de l'hydrogène « vert », notamment au niveau du stockage et du transport.

Le Royaume du Maroc - qui a fait monter en puissance depuis 2009 un programme d'énergies renouvelables ambitieux - affiche sa volonté de faire partie de cette conversation globale, et ambitionne de participer au développement de cette technologie sur son sol. A cet égard, le pays ne manque pas d'atouts à faire valoir. Avec des niveaux d'exposition solaire - 3000 heures par an en moyenne -, un capital de vent pour l'éolien qui se classe parmi les plus élevés du monde, couplés à une proximité géographique avec l'Europe, le Royaume Chérifien dispose d'atouts intrinsèques et concurrentiels qui lui permettraient de se positionner comme un véritable leader des énergies renouvelables à la fois en Afrique du Nord et sur l'ensemble du continent africain.

A ce titre, le sujet fait l'objet d'une attention particulière émanant du sommet de l'Etat, puisque le Roi Mohammed VI a appelé le 22 Novembre 2022 lors d'une réunion présidée au Palais Royal de Rabat à l'élaboration d'une « *"Offre Maroc" opérationnelle et incitative, couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur de la filière de l'hydrogène vert au Maroc. Elle devrait comprendre, outre le cadre réglementaire et institutionnel, le schéma des infrastructures nécessaires.* »¹.

Ce volontarisme affiché par le Maroc s'insère en outre dans une nouvelle partition géopolitique mondiale, dont l'élément déclencheur a été la guerre en Ukraine, qui a

¹ MAP News, Communiqué du Cabinet Royal, 22 novembre 2022, en ligne : <https://www.mapnews.ma/fr/activites-royales/communiqu%C3%A9-du-cabinet-royal-89>

déclenchée une montée en flèche des prix des combustibles, et qui a générée à son tour une spirale inflationniste tandis que les réserves d'énergie fossiles continuent de diminuer plus rapidement que leur production.

Les chocs énergétiques de 2022 ont ainsi provoqué un tournant dans les moyens d'approvisionnement en gaz naturel en Europe, déplaçant la dépendance au gaz russe vers les importations de gaz naturel liquéfié (GNL) en provenance de nouveaux partenaires étrangers.

Sur le plan régional, si les pays européens veulent garantir et pérenniser leur sécurité énergétique, la diversification des ressources renouvelables ainsi que le développement d'une stratégie énergétique méditerranéenne s'imposent désormais comme une nécessité. Pour les pays de la rive sud de la Méditerranée, et plus particulièrement pour le Maroc dont les gisements d'hydrocarbures sont en cours d'exploration, cette transition « verte » apparaît comme incontournable.

Parmi les ressources renouvelables, l'hydrogène vert constitue une solution alternative pour le pays, qui s'est fixé pour objectif d'atteindre un taux de production de 52% d'énergies renouvelables d'ici 2030, afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 20% et également de participer à la décarbonation des pays partenaires.

En effet, la capacité du Maroc d'utiliser ses ressources solaires et éoliennes pour produire de l'ammoniac « vert » sans carbone, constitue une réelle opportunité stratégique pour le pays du fait de la complémentarité naturelle de ce produit avec le phosphate, dont le pays est le deuxième producteur mondial. Cela permettrait également, si les conditions de financement et d'exploitation sont réunies, de créer un cercle vertueux aux multiples externalités positives. Parmi celles-ci, la possibilité de réduire fortement la dépendance énergétique, d'améliorer le pouvoir d'achat, d'accroître la compétitivité

des industries et des comptes publics mais aussi de consolider le positionnement du Maroc en tant que leader régional.

En résumé, trois orientations mondiales font que l'hydrogène vert est aujourd'hui d'une actualité brûlante pour le Maroc :

- **Le faible coût des énergies renouvelables et le coût de plus en plus élevé des énergies fossiles qui rapproche le coût de l'hydrogène « vert » de l'hydrogène « gris » ;**
- **Les politiques de décarbonation et de réduction de la dépendance aux énergies fossiles avec des « taxes carbone » aux frontières des pays développés qui vont favoriser l'hydrogène vert ; et**
- **La repolarisation géo-économique Est-Ouest a donné le signal de départ d'une course à l'énergie verte qui mobilise des capitaux très substantiels, où les pays du Sud peuvent occuper une place prépondérante du fait de leurs avantages géographiques et techniques.**



Hydrogène Vert : Caractéristiques et enjeux

L'hydrogène est souvent associé à différentes couleurs, correspondant à ses différents modes de production. Cependant, à l'exception de l'hydrogène blanc, qui correspond à la forme la plus pure d'hydrogène, que l'on trouve à l'état naturel dans des couches géologiques, ses autres formes de production s'avèrent polluantes.

On retrouve par exemple l'**hydrogène « brun »** ou **« noir »**, produit à travers la décomposition du charbon et sa conversion en monoxyde de carbone, hydrogène et dioxyde de carbone, à l'aide d'un processus de gazéification. Ce procédé est la méthode existante la plus simple et la moins chère, mais malheureusement, il est extrêmement polluant et tout aussi nuisible pour l'environnement que les combustibles fossiles.

On retrouve également l'**hydrogène « gris »**, produit à travers un procédé appelé "vaporeformage", qui permet la séparation des molécules d'hydrogène de celles du carbone, néanmoins, ce procédé produit également du CO₂².

Il sera considéré comme **« bleu »** lorsqu'à l'issue du même procédé, les émissions émises sont stockées dans le sol, afin d'éviter qu'elles soient relâchées dans l'atmosphère.

L'hydrogène est qualifié de **« turquoise »** lorsqu'il résulte de la séparation du méthane de gaz naturel en hydrogène gazeux et carbone solide, et de **« rose »** lorsqu'il est produit grâce à l'énergie nucléaire.

C'est en ce sens que l'**hydrogène vert** se démarque des autres formes, celui-ci se voulant plus **« propre »**. En effet, il est produit par le procédé de « l'électrolyse », qui consiste en une réaction électrochimique divisant l'eau en hydrogène et en oxygène. L'hydrogène gazeux est ensuite capturé et comprimé. Si l'électrolyse est alimentée par une énergie renouvelable, de l'hydrogène vert est produit sans aucune émission de carbone. Cependant, à date, il s'agit de la technique la plus difficile et la plus coûteuse à produire.

Le concept d'utilisation de l'hydrogène comme carburant n'est pas nouveau : dès 1843, la Suisse commençait déjà à s'approvisionner en gaz, d'abord sous forme de « gaz de ville », dont le principal composant était l'hydrogène (50%).

Aujourd'hui, une fois produit, l'hydrogène peut être utilisé pour diverses applications industrielles, agricoles et de transport : il peut servir selon le mode de production, comme « carburant » pour les motorisations électriques, ou encore dans un réseau électrique pour créer de l'énergie.

A l'échelle mondiale, le marché de l'hydrogène est surtout industriel, puisqu'il est généralement présent dans les procédés de l'industrie pétrolière et l'industrie chimique³. En effet, les propriétés chimiques de l'hydrogène peuvent servir dans les secteurs du raffinage d'hydrocarbures, de la production d'engrais ainsi que certains usages de la chimie.

² Pour chaque Kg d'hydrogène produit, environ 9,3 kg de CO₂ est généré.

³ Estimation du marché mondial de l'hydrogène industriel d'environ 60 Mt.

Évolutions récentes de l'hydrogène vert dans le monde

L'Union Européenne prévoit une décarbonation importante de la consommation à l'horizon 2050, et a pris un certain nombre de mesures incitatives et restrictives pour atteindre cet objectif. Pour faire face aux conséquences du conflit Russo-Ukrainien et dans le cadre du plan « REPowerEU », l'Europe s'est en effet fixé un objectif de production pour 2030 de 20 millions de tonnes d'hydrogène vert se substituant au gaz naturel, au charbon et au pétrole dans l'alimentation des industries difficilement décarbonables⁴.

L'Union Européenne a ainsi adopté le 20 juin dernier de nouvelles lois qui viennent s'inscrire dans un vaste cadre réglementaire pour l'hydrogène qui comprend des investissements dans les infrastructures énergétiques, des règles en matière d'aides d'État, ainsi que des objectifs législatifs pour l'hydrogène renouvelable destiné aux secteurs de l'industrie et des transports. Ces règles constituent « une étape essentielle pour attirer les investissements nécessaires à la décarbonation »⁵ du système énergétique de l'Europe.

D'autres pays dans le monde sont particulièrement actifs dans la course à l'hydrogène vert dont notamment la France, le Brésil, l'Espagne, les Etats-Unis, ou encore l'Allemagne.

La France, second partenaire commercial du Maroc derrière l'Espagne et premier investisseur direct étranger dans le Royaume, souhaite se positionner comme leader dans la production d'énergie renouvelable. L'hydrogène industriel français produit représente plus de 900 000 tonnes par an, incluant la désulfuration des carburants pétroliers et la synthèse d'ammoniac pour les engrais et la chimie. Dans ce cadre, l'investissement de l'hexagone dans l'hydrogène vert représente 5,3 milliards d'euros, comprenant 2,1 milliards d'investissements publics et 3,2 milliards d'euros d'investissements privés⁶. En 2030, les investissements dans l'hydrogène vert devraient atteindre dans l'hexagone entre 7 et 10 milliards d'euros⁷. La capacité de production porte un potentiel d'exportation pouvant atteindre les 6,5 milliards d'euros en 2030 pour atteindre jusqu'à 15 milliards en 2050.

Bien qu'aucun texte de loi n'ait été consacré à ce secteur en France pour le moment, la loi relative à la transition énergétique du 17 août 2015, qui fixe comme objectif pour 2030 de réduire la consommation des énergies fossiles de 30% et de décarboner 10% du gaz, s'impose comme base légale principale en vue du développement des projets d'hydrogène vert.

⁴ Mounia Boucetta, Le marché de l'hydrogène vert : l'équation industrielle de la transition énergétique, 6 janvier 2023, <https://www.policycenter.ma/publications/le-marche-de-lhydrogene-vert-lequation-industrielle-de-la-transition-energetique>

⁵ Mme Kadri Simon, commissaire européenne chargée de l'énergie.

⁶ « Un fonds de 2 milliards d'euros pour faire décoller l'hydrogène vert » in « Les Echos », Nicolas Rauline, 10 oct. 2022).

⁷ « Faire de la France le « leader » de l'hydrogène décarboné avec France 2030 » (site du gouvernement français « gouvernement.fr », 28 sept. 2022, modifié 06 fev. 2023) ; « Présentation de la stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France » (site du gouvernement français « economie.gouv.fr », 09 sept. 2020).

C'est dans cette optique d'incitation aux investissements dans le domaine de l'hydrogène vert que la France a prévu d'allouer une subvention de 4 milliards d'euros aux projets de production d'hydrogène « bas carbone » établis en France⁸.

En **Espagne**, les investissements dans l'hydrogène vert sont estimés à plus de 14 milliards d'euros⁹. Plusieurs dispositions ont pu être adoptées afin de faciliter le développement de projets sur l'hydrogène vert dans le pays. A ce titre, la loi n° 34/1998 du secteur des hydrocarbures¹⁰ a pour objectif de rénover, intégrer et homogénéiser les normes légales en vigueur en matière d'hydrocarbures. Par ailleurs, l'Ordre TED/1445/2021 a permis d'approuver la réglementation concernant les programmes d'incitation aux projets pionniers et uniques en matière d'hydrogène renouvelable. Enfin, les décrets-lois 18/2022 et 6/2022¹¹ définissent les plans de productions de gaz renouvelable comme étant d'utilité publique¹².

Aux **Etats Unis**, selon le rapport *Road Map to a US Hydrogen Economy*, le secteur de l'hydrogène ne cesse de s'accroître et possède un potentiel impressionnant. Ainsi, ce secteur pourrait, d'ici 2030, générer 700 000 emplois et des revenus allant jusqu'à 140 milliards de dollars, jusqu'à la création de 3,4 millions d'emplois et 750 milliards de dollars de revenus¹³ à l'horizon 2050 et générer , une réduction des émissions de CO₂ et de NO_x¹⁴,

respectivement de 16 et 36%, et également représenter 14% de la demande énergétique américaine.

D'ici 2030, l'industrie de la pile à combustible à elle seule serait capable de vendre 1 200 000 véhicules, de créer 4300 stations à hydrogène et d'atteindre 8 milliards de dollars d'investissements annuels aux États-Unis.

Au sein des BRICS, le **Brésil** souhaiterait regagner sa force dans la production d'énergie respectueuse de l'environnement. Ainsi, l'investissement dans l'hydrogène vert serait estimé à plus de 2 milliards de dollars¹⁵. D'un point de vue légal, la prise de décision est facilitée par le programme « *Brazilian National Hydrogen Program – PNH2* » qui a été introduit en 2021 par le « *National Energy Policy Council – CNPE* » via la résolution N°06/2021¹⁶. Par ailleurs, la résolution n°02/2021 a permis de faciliter la procédure et la prise de décision en termes de recherche et de développement dans les projets liés à l'hydrogène vert. Ces dispositions ont récemment été réaffirmées par la résolution n°06/2022.

L'**Allemagne** se positionne en tête des pays européens dans la production d'hydrogène vert, et affiche sa détermination à se positionner comme leader mondial et à surpasser les ambitions françaises. Étant un pays pionnier dans le passage aux énergies renouvelables et le marché le plus attractif pour le développement de l'hydrogène en Europe, l'Allemagne vise une transition énergétique qui lui permettrait de renoncer progressivement à l'énergie nucléaire. Ses investissements sont estimés à hauteur de 33 milliards d'euros, investis dans 62 différents

⁸ « Le gouvernement alloue 4 milliards d'euros à la production d'hydrogène bas carbone », Lefigaro.fr, 28 août 2023.

⁹ « L'Espagne veut devenir la championne de l'hydrogène vert » (journal « L'Usine Nouvelle », Henry de Laguérie, 03 mars 2022).

¹⁰ Ley 34/1998 del sector de hidrocarburos.

¹¹ Real Decreto 6/2022 de 29 de marzo, y el Real Decreto-ley 18/2022.

¹² « Legislación Consolidada » (site du gouvernement espagnol, au bulletin officiel de l'Etat « Boletín Oficial del Estado »).

¹³ Awex-export.be

¹⁴ Oxyde d'azote.

¹⁵ L'équivalent à 1.800 millions d'euros ; « Researchers reveal opportunities to use green hydrogen in Brazil », (journal FGV, 17 fev. 2023) ; « Spotlight : Brazil's green hydrogen project » journal « Bnamericas », 19 janv. 2023.

¹⁶ Brazil Energy Journal – Green Hydrogen » (issue 09, Tauil Chequer, Mayer Brown, janv. 2023).

projets. Selon le plan gouvernemental d'investissement, ces derniers devraient atteindre 40 milliards d'euros d'ici 2038¹⁷. L'implantation de l'hydrogène comme moyen de production étant établie au sein du pays, le revenu engendré par cette production se serait élevé à hauteur de 55 milliards d'euros en 2020.

C'est par cette force et son implication dans le domaine énergétique que l'Allemagne entend également soutenir le développement de la filière Hydrogène Vert au Maroc, s'inscrivant ainsi dans le droit fil de sa doctrine de coopération « green » avec l'Afrique, qui fait partie du « Soft Power » de Berlin.



¹⁷ « Hydrogène : en Allemagne, la R&D accélère »
(journal « Les Echos » ; Germany Works ; 15 oct. 2021

Développement de l'hydrogène vert au Maroc :

« La carte et le territoire »

Dans le cadre de la Vision Royale, une stratégie à trois niveaux a été mise en place par le Maroc pour établir un suivi de la mise en œuvre de l'hydrogène vert et de ses dérivés.

- **2020 – 2030** : A court terme, deux piliers seront considérés pour le développement de la filière hydrogène vert au Maroc. Le premier concerne l'utilisation de l'hydrogène comme matière première dans l'industrie, notamment pour la production d'ammoniac vert dans l'industrie des engrais. Le second concerne l'exportation de produits dérivés de l'hydrogène vert vers des pays visant à décarboner leur économie.
- **2030 – 2040** : A moyen terme, la réduction du coût des produits issus de l'hydrogène vert et la mise en place de réglementations environnementales, devraient permettre de développer les premiers projets économiquement viables, notamment pour l'ammoniac et l'hydrogène, et ce, tant au niveau national qu'international.
- **2040 – 2050** : Pour cette période et au-delà, les analyses de rentabilité pour l'ammoniac, l'hydrogène et les carburants synthétiques verts destinés à l'exportation devraient s'améliorer, et la technologie utilisée pour le développement de l'hydrogène vert devrait s'accélérer dans le monde entier, notamment au Maroc. Cette expansion se poursuivra par l'utilisation locale d'hydrogène vert

dans l'industrie, pour la production de chaleur dans le secteur résidentiel et dans la mobilité urbaine et le transport aérien. Une certaine demande pourrait apparaître dans le secteur des transports, probablement associée à l'hydrogène vert utilisé pour le fret, les mines et les transports publics dans le cadre des projets pilotes.

Les acteurs en présence dans le Royaume

La création de la Commission Nationale de l'Hydrogène, en 2019, par le ministère marocain de l'énergie, vise la mobilisation d'un investissement de 10 milliards de dollars pour 14 térawattheures de nouvelle capacité d'énergie renouvelable nécessaire pour générer de l'hydrogène vert que ce soit pour la consommation intérieure ou l'exportation.

En 2022, le ministère de la transition énergétique et du développement durable a mis en place un cluster « GreenH2 » afin de mettre en œuvre un écosystème compétitif et innovant de production d'hydrogène vert et de réfléchir à un cadre réglementaire adéquat.

L'Institut de recherche sur l'énergie solaire et les énergies nouvelles (IRESEN) et l'Université polytechnique Mohammed VI (UM6P) sont des acteurs clés de la filière hydrogène vert car ils participent à d'importants travaux de recherche sur ce sujet. En partenariat avec le Groupe OCP¹⁸, l'IRESEN et l'UM6P ont signé en 2021 un accord-cadre de coopération visant à mettre en place la plateforme technologique GREEN H2A dédiée à la recherche et développement et à l'innovation dans le domaine de l'hydrogène vert et à ses applications. La plateforme vise à sensibiliser sur l'utilisation de matières premières vertes dans le secteur industriel et la production d'engrais.

¹⁸ Le groupe OCP (anciennement Office chérifien des phosphates) est un groupe industriel marocain. Il est le premier exportateur de phosphate brut, d'acide phosphorique et d'engrais phosphatés dans le monde.

En décembre 2022, le Groupe OCP a présenté à SM le Roi Mohammed VI un projet d'investissement vert prometteur, d'environ 130 milliards de dirhams, étendu sur la période 2023-2027, visant l'alimentation de l'ensemble de l'outil industriel en énergie verte et la production d'un million de tonnes d'ammoniac vert et ce, dans le but d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2040.

Ainsi, grâce à l'engagement du Groupe OCP en termes de neutralité carbone, les objectifs suivants pourraient être atteints :

- 100% d'énergie verte en 2027, toute la production d'électricité sera issue de sources éolienne, solaire, hydroélectrique et cogénération ;
- 100% d'eau non conventionnelle dès 2024, à travers les programmes de dessalement d'eau de mer et traitement des eaux usées ; et
- des engrais adaptés aux sols et aux plantes, ainsi que la monétisation de la séquestration du carbone par le sol et les plantes au profit fermier avant 2040.

Toujours dans sa vision de développement du secteur de l'hydrogène, le Maroc s'est allié avec le Kenya, l'Afrique du Sud, la Namibie, l'Égypte et la Mauritanie pour le lancement de « *L'Africa Green Hydrogen Alliance* », afin de favoriser la collaboration régionale, et créer ainsi un environnement durable capable de stimuler le développement de l'hydrogène vert.

L'ambition du Royaume commence ainsi à se faire à la fois plus visible et plus concrète, et ce à travers le potentiel important de la filière hydrogène vert qui permettrait de se défaire d'une dépendance énergétique de près de 88% à 35% en 2040 et moins de 17% en 2050¹⁹.

Alors que les plans d'investissement dans l'hydrogène de certains pays Européens restent faibles par rapport à leur PIB, en France par exemple, il est de 0,36% du PIB, le Maroc investirait en hydrogène l'équivalent de 7% de son PIB²⁰.

Projets en cours de développement au Maroc

Un certain nombre de projets d'hydrogène vert sont actuellement en cours de développement au Maroc. Le programme du Groupe OCP, présenté devant SM le Roi Mohammed VI, vise principalement à augmenter la production d'engrais et de roche, tout en poursuivant l'objectif de parvenir à la neutralité carbone avant 2040. Une attention particulière est accordée aux provinces du Sud, où le Groupe OCP prévoit de développer la production d'ammoniac vert en établissant des installations telles qu'une usine d'électrolyseurs d'hydrogène, un complexe de production d'ammoniac vert, une station de dessalement de l'eau de mer, ainsi que des centrales solaires et éoliennes.

L'investissement dans la filière de l'hydrogène vert et de l'ammoniac vert devrait permettre au Groupe OCP de se positionner solidement sur le marché des engrais verts et des solutions de fertilisation adaptées aux différents types de sols et cultures. En parallèle, ce champion national souhaite consolider ses relais de croissance et soutenir l'émergence d'un écosystème industriel national innovant. Des programmes de soutien seront mis en place, notamment en faveur des PME industrielles, ainsi que dans les secteurs de l'énergie et de l'agriculture. L'objectif global de cette initiative est de renforcer la croissance de l'OCP tout en favorisant un développement durable et en contribuant à la création d'un tissu économique national solide.

¹⁹ Fondation HEINRICH BÖLL STIFTUNG, Rabat, Maroc.

²⁰ Maroc Diplomatique : Hydrogène vert : la transition énergétique coûtera 90 milliards de dirhams

D'autres projets ont également été annoncés par des groupes privés nationaux et internationaux, mais il est à noter qu'aucun des projets privés identifiés n'a fait l'objet d'un accord avec l'Etat marocain, ni de signature d'accord qui aurait été rendu public. A ce stade donc, les acteurs privés qui affirment développer la filière de l'hydrogène vert au Maroc ne disposent pas de « cachet » officiel ni d'imprimatur de la part des pouvoirs publics.

Le projet HEVO Ammoniaque Maroc²¹, développé par la société technologique portugaise Fusion Fuel Green, Consolidated Contractors (CCC) et Vitol vise à produire de l'ammoniac et de l'hydrogène verts²².

La société française Total Eren prévoirait également un investissement de 100 milliards de dirhams (environ 10,1 milliards de dollars) ayant pour objet le développement d'un mégaprojet de production d'hydrogène et d'ammoniac vert dans la région de Guelmim-Oued Noun au Maroc. Ce projet devrait générer plus de 10 gigawatts en combinant l'énergie solaire et éolienne. Toutefois, ce volontarisme de discours du géant Total doit être tempéré par des éléments de contexte importants. En effet, bien que le PDG du groupe, Patrick Pouyanné, aie très publiquement annoncé que son groupe étudie un « très gros projet au Maroc, à grande échelle »²³ lors d'une réponse à un actionnaire lors de son assemblée générale le 26 mai 2023, il faut préciser que Total se trouvait à

ce moment précis sous une énorme pression de la part de groupes écologistes et cherchait à tout prix des arguments afin de « verdir » son image.

Parmi les acteurs nationaux, l'on note beaucoup d'annonces émanant d'un groupe privé dénommé Gaia Energie. Ainsi, en novembre 2022, le marocain Gaia Energy et l'Israélien H2Pro, ont signé un protocole d'accord lors de la COP 27 en vue du développement de projets d'hydrogène vert. Dans le même sens, en avril 2023, le groupe Gaia s'est associé avec le groupe chinois Energy China International Construction Group et le groupe saoudien Ajlan & Bros en créant une entreprise commune pour la mise en place d'un projet d'hydrogène vert destiné à la production de 320 000 tonnes d'hydrogène vert. Enfin, le français HRS (Hydrogene Refueling Solution) et Gaia Future Energy se sont associés afin d'accélérer le développement des infrastructures d'hydrogène vert tant en Europe qu'au Maroc : Gaia approvisionne ainsi HRS en hydrogène vert et HRS fournit en retour des solutions effectives de distribution d'hydrogène vert au sein du pays.

Le britannique Chariot, en partenariat avec Oort Energy et l'Université Mohammed VI Polytechnique, s'est aussi lancé dans des projets pilotes d'hydrogène vert au Maroc. C'est un partenariat portant sur l'évaluation de la faisabilité de la production d'hydrogène vert et d'ammoniac à grande échelle²⁴.

²¹ L'investissement total est estimé à 865 millions de dollars avec l'objectif d'atteindre une production de 31 850 tonnes par an d'hydrogène vert, 151 800 T/an d'azote et 183 650 T/an d'ammoniac vert.

²² 3.650 tonnes d'ammoniac vert en 2022, 20.000 tonnes en 2023, 40.000 tonnes en 2024 et 60.000 tonnes en 2025 et 2026. Quant à la production d'hydrogène, 616 tonnes seront produites en 2022, 3.472 en 2023, 6.940 en 2024, 10.411 en 2025 et 2026.

²³ Médias 24, TotalEnergies étudie un très gros projet d'EnR au Maroc (Patrick Pouyanné), 27 mai 2023, en ligne :

<https://medias24.com/2023/05/27/totalenergie-etudie-un-tres-gros-projet-denr-au-maroc-patrick-pouyanne/>

²⁴ Médias 24, Partenariat Chariot-UM6P-Oort pour des projets pilotes d'hydrogène vert au Maroc, 4 novembre 2022, en ligne : <https://medias24.com/2022/11/04/partenariat-chariot-um6p-oort-pour-des-projets-pilotes-dhydrogene-vert-au-maroc/>

Les principaux défis pour le Maroc : coût, cadre légal, transport, gestion de l'eau et stockage

L'enthousiasme suscité par l'hydrogène vert est compréhensible au vu de la pression exercée sur le secteur des énergies renouvelables, mais alors que le secteur est embryonnaire, il convient de faire preuve de prudence par rapport à ce que l'hydrogène vert pourrait accomplir et à quel prix. Dans le cas du Maroc, il existe des défis communs avec les autres pays souhaitant développer la filière, mais également des spécificités, notamment au niveau de la gestion de l'eau.

1.1 *Coûts : la grande inconnue*

Même si les coûts sont en baisse régulière, l'hydrogène vert est toujours deux à trois fois plus cher que l'hydrogène bleu, qui est produit à partir de combustibles fossiles.

Toutefois, selon de nombreux experts²⁵, ces écarts de coût et de performance devraient se réduire à travers le temps, au fur et à mesure de l'innovation et du déploiement de masse des différentes technologies d'électrolyse pouvant conduire à une convergence vers des coûts similaires. Le produit devrait ainsi suivre la même courbe que de nombreuses innovations technologiques.

Les espoirs sont donc permis que l'hydrogène vert puisse être produit à des coûts compétitifs par rapport à l'hydrogène bleu. Mais pour ce faire, il faudrait utiliser de l'électricité renouvelable à faible coût²⁶, qui connaît également une courbe descendante depuis plusieurs années.

Néanmoins, malgré cette évolution positive pour la filière, cet écart entre les coûts des différents processus de production devrait subsister, selon les spécialistes, puisque l'échelle de l'application ainsi que la portée de la livraison vers le client final sont déterminantes. Certains experts espèrent ainsi des réductions de coûts de 60 % d'ici 2030 dans le monde, grâce à une combinaison de l'échelle de fabrication du taux d'apprentissage, des améliorations technologiques et de l'augmentation de la taille des modules.

Un faible prix de l'électricité permettrait également de stimuler la production d'hydrogène vert car la réduction de coûts des électrolyseurs ne peut, à elle seule, compenser les prix élevés de l'électricité. On note d'ailleurs à cet égard que les prix des électrolyseurs produits en Europe, nettement plus élevés que ceux fabriqués en Chine, se situent dans des niveaux de fluctuation très resserrés, de l'ordre de 5%, ce qui pose de nombreuses questions de concentration et de concurrence.

De fait, un faible coût d'électricité combiné à une stratégie agressive de déploiement des électrolyseurs pourrait faire baisser le coût de l'hydrogène vert de sorte à ce qu'il soit moins cher que d'autres sources d'énergie verte avant 2040.

Par ailleurs, au cours des prochaines décennies, les experts s'accordent sur le fait que certains pays²⁷ connaîtront une compétition plus rude entre l'hydrogène vert et l'hydrogène bleu. En effet, grâce aux énergies solaire et éolienne, produites à un coût inférieur de 80% et 60% comparé à 2010²⁸, le coût de production de l'hydrogène vert qui continuera de diminuer et les prix du gaz qui ne cessent d'augmenter, l'hydrogène

²⁵ Selon une étude de Bloomberg NEF, centre de recherche dédié à la transition énergétique.

²⁶ Environ 20 USD par MWh.

²⁷ Exemple : les pays où le prix de l'électricité est de 30 USD/MWh.

²⁸ Columbia Threadneedle Investments, L'hydrogène vert face à une nouvelle baisse des coûts, 14 décembre 2022, en ligne : [Allnews](#).

bleu sera plus cher et moins attractif que l'hydrogène vert. A titre illustratif, les Etats-Unis ambitionnent de réduire le coût de production de l'hydrogène vert, d'ici 2030, de 3,81 à 1 dollar le kilogramme²⁹. Le ministère américain de l'énergie a prévu à cet égard un projet de stratégie pour l'hydrogène, de 9,5 milliards de dollars consacrés au développement de plateformes d'hydrogène et de réseaux de distribution régionaux.

La Chine, représentant 30% de la demande mondiale d'hydrogène vert, adopte également une stratégie pouvant influencer considérablement les projets d'hydrogène vert et plus précisément les électrolyseurs et les piles à combustible³⁰. L'Union Européenne prévoit, à son tour, de quadrupler les capacités de l'hydrogène vert et vise une compensation à 100% des coûts par rapport aux énergies fossiles.

1.2 Une réglementation applicable pas encore stabilisée

À ce jour, le Maroc ne dispose pas d'un régime réglementaire complet spécifique qui traite des questions relatives à l'hydrogène. Compte tenu du fait que les installations de production d'hydrogène stockent, manipulent et traitent de grandes quantités de matières dangereuses et sont soumises à des exigences strictes en matière de sécurité, de rapports et de licences, l'une des questions clés est de savoir si une installation de production d'hydrogène sera qualifiée d'« installation à risque majeur » ou d'« installation classée ». En outre, une installation de production d'hydrogène sera soumise à diverses réglementations environnementales.

Le stockage et le transport de l'hydrogène constituent autant de questions essentielles. Plusieurs réglementations et lois peuvent s'appliquer au stockage sur site de l'hydrogène et à son transport ultérieur hors

site. Il est également important de noter que d'autres substances autres que l'hydrogène peuvent également être présentes sur le site pendant le processus de production, comme l'hydroxyde de potassium, dont le traitement et l'utilisation peuvent également être soumis à des exigences légales.

L'approvisionnement et l'obtention d'un volume suffisant d'eau de qualité appropriée pour le processus d'électrolyse constituent un défi majeur. Les développeurs de projets devront comprendre quelles licences et quels permis sont nécessaires pour connecter l'installation au réseau d'eau. Or, ces dispositions légales vont se heurter inévitablement à l'évolution de l'architecture légale relative à la lutte contre le stress hydrique et nécessiteront une coordination étroite entre plusieurs départements ministériels aux intérêts parfois divergents.

Il est également important de comprendre le cadre réglementaire actuel qui s'applique à l'exportation d'hydrogène et celle de ses substances connexes, au Maroc et au niveau du pays de destination de l'exportation, et si l'hydrogène est envisagé pour l'approvisionnement du réseau de gaz, comment il pourrait participer au marché national.

Enfin, il conviendrait de mettre en œuvre rapidement un dispositif de label ou de garantie d'origine renouvelable qui permette de caractériser l'hydrogène vert et son intérêt décarboné.

1.3 Une intervention étatique nécessaire mais prudente

Actuellement, la production d'hydrogène vert est environ 10 fois plus chère que la production de gaz naturel. Il existe peu d'électrolyseurs, et l'énergie renouvelable nécessaire pour rendre le processus de production sans carbone est limitée. Pour que l'hydrogène soit effectivement adopté en tant que source alternative, le coût de production

²⁹ *ibid.*

³⁰ *ibid.*

doit être réduit de manière significative. Pour ce faire, un soutien gouvernemental sera inévitable, à condition de démontrer les avantages que l'industrie de l'hydrogène pourrait apporter au public marocain. En ce domaine, de nombreuses inconnues subsistent et un risque systémique latent doit être adressé par l'Etat marocain. En effet, la nature même de la production d'hydrogène vert exige des investissements massifs combinés à des contrats de long terme pour les « *Offtakers* ». Cela nécessite de prendre des précautions importantes pour qu'aucun acteur étatique ne se retrouve piégé dans un contrat léonin. En effet, si une technologie plus avantageuse et un meilleur marché venait à voir le jour, provoquant une « guerre des prix » entre les filières, il est absolument indispensable que le Maroc se prémunisse contre le risque d'être durablement lié par des contrats qui aggraveraient sa situation nette de trésorerie, que ce soit de manière directe ou indirecte.

A ce titre, une intervention étatique créera inmanquablement un engagement pour des futures dépenses publiques supplémentaires. Or, l'Etat doit accompagner le développement du secteur sur le long terme, à travers des investissements publics, des soutiens et un cadre juridique stable sur un horizon d'au moins 15 ans. Si les conditions de marché venaient à changer de manière radicale, le pays se retrouverait pris au piège de l'hydrogène vert.

A ce stade, pour accroître la compétitivité des produits de l'hydrogène vert, l'Etat marocain a prévu différentes interventions dont notamment :

- Le soutien du gouvernement de l'industrie à travers l'organisation des échanges d'informations et des plateformes pouvant servir de base à la planification coordonnée des différentes parties de l'industrie.
- Le soutien à la recherche et développement, aux installations de démonstration, la mise à l'échelle en accordant des subventions, des crédits d'impôt recherche (CIR), ainsi qu'un soutien aux investissements dans les infrastructures.
- La création et le développement de marchés de niches en encourageant les industries et les entreprises privées de transport lourd à utiliser les carburants synthétiques.
- L'introduction d'incitations sur le plan technologique à travers la mise en place de taxes carbonées à long terme.



1.4 La structuration des projets et risques : quels facteurs clés de succès ?

Le succès de l'hydrogène dépendra en fin de compte du financement des sponsors et les politiques publiques adoptées rythmeront le développement du secteur, au moins durant les premières phases. À court terme, les projets seront probablement limités à la recherche et au développement à petite échelle et aux projets de procédés industriels ciblant des utilisateurs finaux spécifiques. Les premiers projets à grande échelle seront vraisemblablement financés par des structures multi-sources fortement dépendantes de subventions et de dettes concessionnelles, et limitées aux projets qui ont des accords d'achat à long terme et/ou des sponsors solides.

Ainsi, un projet-type d'hydrogène vert nécessitera l'intervention de plusieurs participants, à plusieurs niveaux, comme suit :

- Une société de projet (H2Co) devra être créée dans le but de développer et d'exploiter le projet. Ses activités seront financées par une combinaison de prises de participation et de financement de projet sans recours ;
- L'hydrogène vert est produit dans une installation de production d'hydrogène appartenant à H2Co, à l'aide d'un électrolyseur qui sera construit dans le cadre de l'installation ;
- De l'électricité renouvelable est fournie à H2Co à partir d'une installation éolienne ou solaire adjacente appartenant à renewablesCo, société productrice d'énergie de source renouvelable, via un contrat d'achat d'électricité ;
- D'autres installations, adjacentes aux usines de production d'hydrogène et également détenues par H2Co, seront

prévues pour permettre la conversion de l'hydrogène en une forme plus efficacement transportable telle que l'hydrogène liquéfié, l'ammoniac ou le méthylcyclohexane ;

- Un accord d'achat (H2 SPA) devra probablement être conclu entre H2Co et un *offtaker*, en vertu duquel l'*offtaker* accepte d'acheter le produit hydrogène vert à H2Co ; et
- Plusieurs accords de transport avec transportCo, société de transport, afin de transporter le produit hydrogène de son point de production à la destination préférée de l'*offtaker*.

Parmi les principaux enjeux du développement des projets d'hydrogène vert, celui tenant à la durabilité des cellules d'électrolyse et de leur composition semble majeur. De même que la coexistence d'électrons et de molécules dans un même projet peut rendre les questions d'interface délicates ; afin d'atténuer ce risque et de garantir la bancabilité, le recours à l'assurance efficacité est une bonne alternative. Pour faire face au risque technologique, les banques, qui financeront ces projets, devront probablement adopter une vision conservatrice des accords de financement en ayant recours à des mesures strictes pour renforcer leur montage financier. Comme c'est souvent le cas pour les projets de ressources naturelles, les banques peuvent également demander une garantie d'achèvement, au moins pour les premiers projets à grande échelle qui arrivent sur le marché. Face à l'absence d'un marché de l'hydrogène, les banques devront se concentrer sur les projets qui ont des accords d'achat à long terme et ayant des contreparties crédibles.

Elles exigeront probablement des accords d'*offtake* sous la forme de contrats « *take or pay* », dans lesquels l'*offtaker* sera tenu de prendre la livraison du produit hydrogène ou de payer un montant déterminé. Comme il s'agit d'un marché naissant, des aides et des garanties de l'État pourraient être exigées.

De plus, comme nous l'avons vu, l'eau est un élément essentiel de la production d'hydrogène³¹. Par conséquent, les développeurs de projets et leurs banques veilleront à ce que des dispositions appropriées soient prises en matière d'approvisionnement et que l'emplacement d'un projet permettra un approvisionnement en eau stable à long terme. Il faudra également garantir que l'installation de production dispose d'un approvisionnement en électricité fiable et à long terme. Il est donc essentiel de conclure des accords d'achat d'électricité solides et bancables.



Enfin, le moyen de transport de l'hydrogène est clé. En effet, l'hydrogène peut être transporté sous plusieurs formes différentes, notamment sous forme de gaz, de liquide ou de solide.

Les projets devraient être développés sur une base « *point-to-point* », avec des utilisateurs finaux spécifiques. Les producteurs d'hydrogène seront probablement situés près de l'utilisateur final et utiliseront les infrastructures existantes (par exemple, les grandes aciéries, les mines et les raffineries). Les promoteurs du projet devront démontrer que des dispositions fiables en matière de transport sont en place. Ainsi, au cours des prochaines années, l'innovation portera sur trois piliers, d'abord l'amélioration de l'efficacité des électrolyseurs³², ensuite l'amélioration de l'efficacité des piles à hydrogène et enfin la réduction des coûts de l'électricité grâce à l'hydroélectricité par pompage. Nous ne doutons pas que l'hydrogène jouera un rôle essentiel dans la lutte contre le réchauffement climatique, néanmoins, certains éléments de la chaîne pourraient être plus viables économiquement que d'autres.

L'hydrogène vert continuera d'être considéré, pour quelques années encore, comme la "solution miracle" pour atteindre un avenir net zéro. La réalité, bien entendu, est plus contrastée, et nécessite que certains points de vigilance soient observés par les pouvoirs publics.

³¹ Un électrolyseur d'une capacité de 100 MW consomme environ 500 tonnes d'eau par jour.

³² Actuellement de 65% pour les systèmes PEM et alcalins.

Points de vigilance non négociables : Souveraineté énergétique et valeur ajoutée sociale

Si l'hydrogène vert, comme le promettent les experts, serait le « pétrole du XXIème » siècle, il n'en demeure pas moins que le Maroc, fort de nombreux atouts le positionnant comme une nation idoine pour le développement de cette filière, doit mettre en place un certain nombre de garde-fous qui permettraient au pays d'éviter certains risques substantiels. A ce titre, il convient d'inclure dans la doctrine marocaine qui découlera de l' « Offre Maroc » des points de vigilance non négociables, qui doivent présider à l'examen de tout projet soumis aux pouvoirs publics.

1. Le secteur privé national devra profiter de cette opportunité avant les géants pétroliers mondiaux qui investissent énormément dans ce domaine et qui disposent de fonds très importants du fait du renchérissement des cours ;
2. Les meilleurs sites de potentiel solaire et éolien doivent être réservés aux acteurs qui créeront le plus de valeur ajoutée pour la communauté nationale en matière d'emplois, de développement industriel et territorial ;
3. Une industrie des électrolyseurs, des piles à combustible devra, à terme, être développée au Maroc pour profiter pleinement de cette stratégie en termes d'emplois ;
4. Aucun accord d' « offtaking » ne saurait être négocié avec un acteur public ou parapublic marocain si celui-ci comportait des risques systémiques pour l'économie nationale ou serait potentiellement initiateur d'un effet domino pour les finances publiques du Royaume ;
5. A l'instar de la Chine, des accords de transfert de savoir-faire vers le tissu industriel national doivent être systématiquement signés avec les acteurs internationaux, afin de permettre l'émergence d'un écosystème de l'hydrogène vert ;
6. Les projets destinés à l'export ne devraient être examinés qu'une fois un seuil satisfaisant contribuant à la souveraineté énergétique nationale soit atteint ;
7. Pour ces mêmes projets destinés à l'export, un droit de « préférence nationale » doit être introduit dans les contrats, qui permettrait au pays de bénéficier de la production si une rupture de production d'énergie majeure était enregistrée sur le plan national ;
8. Les tarifs des redevances éventuelles ne doivent pas se baser uniquement sur les plans de développement soumis par les développeurs mais doivent être examinables en fonction des évolutions des projets.

Pour résumer, le projet de développement de l'hydrogène vert, de par ses atouts économiques, sociaux et environnementaux, s'inscrit ainsi pleinement dans la Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD) du Royaume tout en lui permettant de passer d'une dépendance énergétique « grise » à une souveraineté énergétique verte et même exportatrice à l'horizon 2035, coïncidant ainsi avec les objectifs fixés par la Commission Spéciale sur le Modèle de Développement.



L'Institut Marocain d'Intelligence Stratégique
est un Think tank consacré à l'étude
des enjeux stratégiques du Maroc,
incluant notamment les sujets économiques,
industriels, géopolitiques et environnementaux.

**Tous droits réservés
Septembre 2023**