

L'hydrogène vert pour un développement économique durable et une économie décarbonisée en Tunisie

Le Ministère chargé de l'énergie a élaboré en septembre 2023, la Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène vert et ses dérivés en Tunisie « **L'hydrogène vert pour un développement économique durable et une économie décarbonisée en Tunisie – H2Vert.TUN** »

Le rapport de l'étude de 63 pages comprend 8 chapitres. Il rappelle le contexte tunisien pour une opportunité de l'utilisation de l'hydrogène vert (H2V). La stratégie nationale a mis en place une feuille de route (FR) basée sur plusieurs scénarios de développement du H2V en Tunisie qui sera destiné au marché local et essentiellement à l'exportation. Une vision d'ensemble a été élaborée pour l'implémentation de la FR réunissant les conditions permettant de réussir la stratégie (cadre réglementaire et institutionnel, l'infrastructure de production, de stockage et de transport, la relation entre la production et la demande, la recherche développement, le renforcement de capacités ainsi que les modes et mécanismes de financement. 16 figures et illustrations enrichissent le rapport avec 17 tableaux détaillant plusieurs paramètres chiffrés de prévisions de production d'H2V et ses dérivés, de vente, de couts d'investissement ainsi que la localisation des sites de production des énergies renouvelables, d'H2V ainsi que des tracés du réseau de transport.

I. CONTEXTE TUNISIEN : OPPORTUNITES D'UTILISATION DE L'HYDROGENE

Il est rappelé que :

- La Tunisie s'est engagée, depuis son adhésion à la CCNUCC et sa ratification en 1992, dans la lutte contre les changements climatiques aussi bien sur les volets « Atténuation » que « Adaptation ».
- La Tunisie a adopté, en 2022, une stratégie nationale bas carbone dans le secteur de l'énergie (SNBC) qui vise à diviser par un facteur de 5 l'intensité carbone de ce secteur d'ici 2050 par rapport à celle de 2010. Cela permettrait de faire baisser les émissions de 2050 de plus de 22% par rapport à celles de 2021 tout en accompagnant la croissance économique attendue de la Tunisie.
- La Tunisie, dans sa politique de transition énergétique prévoit une part des ER d'environ 80% en 2050 et une baisse de 68% de l'intensité d'énergie primaire par rapport à 2020.
- En ce qui concerne l'infrastructure, la Tunisie ne dispose pas d'infrastructures spécifiques pour le transport du GNL. En effet, les ports de déchargement des produits pétroliers sont au nombre de 5 sur les 8 ports commerciaux existants, manipulant l'essence, le gasoil, le GPL et le jet avion. Néanmoins, la Tunisie dispose d'un atout pour le développement du marché de l'export de H2V qui est sa connexion avec l'Europe à travers le gazoduc de gaz naturel, qui confirme l'opportunité pour le pays de faire partie de la H2 backbone européenne¹ en 2050.
- L'évaluation du potentiel de développement de l'H2 Vert au niveau national fait ressortir trois secteurs qui peuvent offrir un potentiel d'application important pour l'H2. Il s'agit notamment du secteur industriel (production de l'ammoniac pour les engrais, production du méthanol, production de l'acier, utilisation de l'H2V dans les procédés industriels et la production de chaleur), du secteur des transports (terrestre, maritime, aérien), du secteur de l'énergie (raffinage, production et stockage de l'électricité) et le secteur du bâtiment (production de la chaleur).

II. VISION DE LA FEUILLE DE ROUTE : « La Tunisie est une économie durable, neutre en carbone et inclusive de l'hydrogène vert d'ici à 2050 ».

La Feuille de Route FR hydrogène vert définit les cibles nécessaires pour développer la stratégie nationale et intégrer l'hydrogène vert et ses dérivés (power-to-X) dans les secteurs prioritaires de l'économie, conformément aux engagements climatiques. Le cadre logique de la FR nationale de la Tunisie fixe deux objectifs : i. la réduction des GES (NDC) et ii. Le développement économique avec une transition juste. Six leviers de changement sont préconisés : une infrastructure de H2V adéquate, un cadre réglementaire y compris pour le foncier, l'accès à la finance verte, le développement des compétences, l'engagement climatique, la demande locale et internationale. Quatre out put sont identifiés, ils concernent : les mesures économiques et financières, les investissements en recherche développement, l'acquisition des compétences, la réalisation de projets pilotes et le développement de la coopération internationale.

La FR cible la production d'environ 8 Mt d'H2V d'ici 2050, dont environ 6 Mt pour l'export par pipeline et un peu plus de 2 Mt pour le marché local et la transformation nationale pour l'export sous forme de dérivés. Une capacité d'environ 100 GW d'ER sera nécessaire pour cette production. La planification des investissements et de production est élaboré par étape quinquennale de 2030 à 2050.

La production d'H2V commencera en 2030 avec 320kt pour atteindre 2.100kt en 2040 et 8.300kt en 2050 dont 6.000kt pour l'export. Cette production nécessitera une capacité d'électrolyse de 3.85GW en 2030 et 86.8 GW en 2050. Les besoins en capacité de production d'ER seraient de 28.4GW en 2040 et 100GW en 2050. Les émissions de CO2 évitées en 2050 seront de 434.000kt en 2050.

Vu la situation hydrique de la Tunisie, la stratégie de production de l'H2V prévoit le dessalement de l'eau de mer comme source principale. Le dessalement offre une solution avec un impact presque négligeable sur le coût de l'H2V (augmentation des coûts totaux de production de 0,01 à 0,02 USD/kgH2) à cause de la faible consommation énergétique de cette technologie (3-4 kWh/m3 d'eau dessalée) par rapport à celle de l'électrolyse - environ 50-55 kWh/kg d'hydrogène, ou environ 5 500 kWh/m3 d'eau électrolysée (IEA 2019). Ainsi, les besoins en eau nécessaires pour l'opération d'électrolyse sont de 9l/kgH2V et pour la purification de l'eau de refroidissement (10à20l/KgH2V), ajouté à cela les quantités d'eau pour le nettoyage des panneaux PV et les pertes de transport de la station de dessalement jusqu'aux centres de production. Les prévisions de besoins en eau dessalées seront de 6.4-9.6Mm3 en 2030, 42.2-63.3MM3 en 2040 et 165.46248.2Mm3 en 2050.

Sur la base d'une méthodologie d'évaluation multicritères qualitative prenant en compte quatre domaines : économique, marché, climatique et social, le développement de l'H2V pour les besoins du marché local peut être considéré comme prioritaire pour : • L'ammoniac et le méthanol dès la période 2025-2035. • Le méthanol pour le soutage des navires locaux dès 2040, mais qui pourra être accéléré par le soutage international. L'hydrogène pour la raffinerie, dès que celle-ci sera réhabilitée, probablement en 2030, avec des quantités néanmoins faibles (20 kt/an). • L'H2V en blending avec le gaz naturel, dès 2030-2040. Et en tant qu'options potentielle à long terme : • Le SAF entre 2040-2050, mais qui pourra être accéléré par le soutage international. • Le carburant synthétique pour le transport routier lourd local dès 2040. • Le stockage pour la production électrique, dès 2040.

En appliquant la même approche méthodologique, l'export de l'hydrogène par pipeline est pertinent dès 2030-2035, celui de l'ammoniac dès 2025-2040, le soutage ammoniac dès 2040- 2045, le soutage méthanol dès 2035-2040 et enfin SAF dès 2040-2045.

Les étapes de la mise en œuvre de la FR sont définies sur des période de cinq années.

Les investissements requis pour la mise en œuvre de la FR sont estimés à environ 117,2 milliards EUR. Le coût de l'infrastructure d'H2V comprend la construction des gazoducs et des stations de compression (réaménagées), les conduites d'eau incluant le pompage et le système de dessalement, le stockage de l'H2, etc. Ces investissements sont programmés sur la base d'un scénario de capacités et de volumes de production atteignant 8,3 millions de tonnes équivalent d'hydrogène et de produits PtX. Ces investissements proviendront principalement de l'étranger, les sources prévues étant l'UE ainsi que d'autres institutions multilatérales (BEI, FEDD, BERD...). Les investissements initiaux au cours de la période 2025-2030 sont axés notamment sur la construction des capacités d'énergie renouvelable dans le sud et la production d'ammoniac vert à Gabès pour le marché local d'engrais.

A partir de 2030, l'exportation ciblée d'hydrogène vers l'Europe représenterait la contribution de la Tunisie (300 kt en 2030, 2 Mt en 2040) à l'approvisionnement européen à travers le « Corridor A Afrique du Nord & Europe du Sud » de l'UE, prévu à hauteur de 3 Mt en 2030 et passant à 10 Mt en 2040 (Etudes du Backbone Hydrogène Européen). Les investissements dans les centrales électriques d'ER, les électrolyseurs et l'infrastructure seront encore renforcés pour atteindre l'objectif d'exportation de 6 Mt d'H2V en 2050. Les investissements dans la production de carburant synthétique pour l'aviation et le transport routier seront renforcés à partir de 2040.

L'exportation d'hydrogène vert et de ses dérivés ainsi que la substitution des importations par la production nationale, comme l'ammoniac et les produits énergétiques, auraient un impact favorable sur la balance commerciale de la Tunisie. Par rapport à une évolution projetée linéairement du déficit de la balance commerciale actuelle, les bénéfices introduits par le secteur de l'hydrogène vert pourraient largement réduire les déficits commerciaux (les bénéfices représentent 63% des déficits estimés des autres échanges en 2050).

III. LA STRATEGIE NATIONALE

La stratégie nationale définit le plan pour l'aboutissement des cibles de la FR. Elle est articulée à travers les différentes étapes établies jusqu'à 2050. La FR vise des objectifs très ambitieux qui nécessitent une structure institutionnelle et réglementaire ciblée et de premier plan pour accompagner la mise en œuvre et garantir la crédibilité vis-à-vis des partenaires internationaux, qui seront indispensables à cette mise en œuvre. Pour cette raison, deux piliers principaux ont été étudiés, accompagnés par un cadre réglementaire pour l'H2V et ses dérivés : 1) Une task force dédiée ; 2) Un accord-cadre avec l'UE avec un Cadre réglementaire et institutionnel spécifique pour l'H2V/PtX ciblé autour des zones économiques spéciales (ZES).

Pour des raisons d'optimisation économique et compte tenu de l'incapacité du réseau électrique national (réseau STEG) à transporter l'électricité nécessaire pour la production de l'H2V, l'approche proposée pour la répartition spatiale des centres de production d'H2 consiste à les implémenter au niveau des sites de production d'ER, disposant des bonnes conditions pour produire l'hydrogène vert avec le LCOH le moins élevé.

Les résultats de l'étude IRENA 12 élaborée en 2023 et ayant identifié une centaine de sites éoliens et PV avec les conditions les plus favorables en Tunisie ont été utilisés pour croiser les données et confirmer les localisations des sites. Tenant compte de tous les facteurs ci-dessus présentés, 39 sites pouvant être des centres potentiels de production d'H2V ont été identifiés, dont 23 à partir du solaire PV et 16 par l'éolien onshore. Les emplacements de ces sites ainsi que leurs capacités de production d'ER sont détaillés dans l'étude. Ils seront essentiellement localisés au gouvernorat de Gabès, au sud-est du gouvernorat de Kébili et aux Gouvernorats de Tataouine et de Mednine.

Pour les sites de production de l'H2V à partir de l'éolien offshore qui seront mis en place durant la période 2040-2050, la proposition consiste à réaliser ces centres sur des plateformes flottantes connectées aux parcs éoliens offshore. Ces sites doivent disposer des facteurs de charge les plus élevés, afin d'avoir le LCOH le plus bas, tout en étant proches du pipeline exportant l'H2V vers l'Europe. Tenant compte de ces facteurs, les sites les mieux indiqués pour l'implémentation de ces centres offshore de production d'H2 se situent au niveau de la zone maritime du nord du Cap Bon.

La stratégie du marché d'export présente les principales actions pour le déroulement du marché de l'export en termes de cadre réglementaire et institutionnel et au niveau infrastructurel. Les grandes lignes des infrastructures de transport de l'hydrogène et ses dérivés à mettre en place dans le cadre de la Feuille de Route, notamment pour l'export ont été identifiées. La FR prévoit la production et la commercialisation de trois produits dérivés de l'H2 vert en Tunisie : l'ammoniac, le méthanol et les carburants synthétiques. Sur ces trois produits, l'ammoniac est le produit le plus propice à un développement prioritaire en Tunisie. Il a été recommandé dans la FR que l'ammoniac destiné à l'export soit produit autour du port de Zarzis dans le Sud-Est tunisien, avec l'idée de promouvoir ce dernier comme une vallée de l'hydrogène spécialisée dans la production et l'export d'ammoniac. Pour le port de Zarzis, une infrastructure de stockage tampon de l'ammoniac et les jetées nécessaires pour le chargement des navires transportant de l'ammoniac devront être mises en place.

La Tunisie vise à capter une part du trafic maritime international pour le soutage des navires fonctionnant à l'ammoniac ou au méthanol combustibles. Le port de Bizerte est à la fois bien équipé et bien situé pour pouvoir capter une partie du trafic maritime passant par le canal de Sicile avec l'objectif de fournir 183 kt d'ammoniac dès 2040 et 62 kt de méthanol dès 2035. Il est prévu que ces quantités atteignent respectivement 596 kt et 290 kt en 2050. La production d'ammoniac et de méthanol pourrait venir du port de Zarzis par camions où par cabotage.

L'export de l'hydrogène vert vers l'Europe est l'axe majeur de la stratégie tunisienne. L'idée est de mettre en place progressivement un gazoduc constituant le « Backbone Hydrogène Tunisien » qui : • Collecte et transporte l'H2 vert produit par les différents projets dans le pays ; • Alimente, en même temps, par des piquages, les besoins locaux en hydrogène que ce soit pour l'usage direct ou pour la fabrication des produits dérivés destinés à l'export ou la consommation locale ; • Permettra l'optimisation du système de transport et stockage de l'H2V au niveau national.

Un nouveau gazoduc dédié serait nécessaire pour assurer la collecte de l'H2V produit dans le sud de la Tunisie et son acheminement vers le nord du pays et ensuite vers l'Italie. Trois options de routing sont possibles pour la mise en place du nouveau gazoduc hydrogène :

L'option 1 consiste à construire un nouveau gazoduc onshore allant de Gabès jusqu'au point d'entrée en mer de TRANSMED. Afin d'éviter les problèmes d'expropriation, et notamment l'effet de retard du projet, ce nouveau gazoduc onshore pourra être intégré dans l'emprise de l'autoroute Tunis-Gabès ;

L'option 2 consiste à construire un nouveau pipeline de Gabès à Haouaria s'insérant dans l'emprise du gazoduc existant de Transmed. Cette solution rapproche le réseau H2 de plusieurs utilisateurs potentiels, en plus de la réduction des coûts financiers et des retards éventuels dus à l'expropriation. Toutefois, la disponibilité de l'emprise de Transmed reste à confirmer ;

L'option 3 consiste à construire un gazoduc en mer avec un routing « Near-shore » de Gabès jusqu'à Haouaria pour rejoindre TRANSMED à son point d'entrée en mer.

Le coût des investissements pour les infrastructures à mettre en place pour le backbone d'H2 tunisien a été estimé. Le coût d'investissement pour la mise en place du nouveau gazoduc, avec ses deux parties onshore et offshore, se situe entre 9,6 milliards EUR et 13,4 milliards EUR.

La stratégie du marché local gravite autour du secteur de l'ammoniac comme pionnier de développement et identifie la zone sud autour de Gabès pour l'installation d'une première usine de fabrication de l'ammoniac vert. Le concept de "H2 Valley" est à la base de cette stratégie. Huit actions ont été identifiées, elles concernent le cadre réglementaire et institutionnel, la définition de ZES, la création d'une Agence Foncière pour le ER, identification de zones pour les électrolyseurs, le développement de projets Wind to H2V offshore.

L'étude recommande **de développer un programme national de R&D sur l'H2V** pour soutenir/financer les programmes de développement technologique dans les universités, les centres de recherche et le secteur privé. Les axes de ce programme national de R&D devraient être en phase avec les activités prévues dans la FR et les chaînes de valeurs correspondantes. De même pour le renforcement des capacités, un programme est à élaborer et mettre en application profitant de l'infrastructure universitaire déjà existante.

IV. LE FINANCEMENT DE LA FR

Pour atteindre les objectifs de la Feuille de Route de production de l'hydrogène de la Tunisie, la stratégie financière proposée se structure autour de trois axes prioritaires :

- Le financement et la réduction des risques du marché local de l'ammoniac vert et de l'infrastructure de production et d'exportation et la signature d'un accord-cadre et d'engagements d'achat avec l'Union Européenne pour sécuriser ces investissements,
- Le pilotage institutionnel pour la mise en œuvre de la FR.
- L'élaboration d'un cadre fiscal dédié à l'attraction des investissements en utilisant les mécanismes du marché carbone, le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières etc.

V. LA TRANSITION ENERGETIQUE JUSTE

La stratégie nationale intègre une transition énergétique juste qui à la fois incorpore l'H2V et les dérivés dans une optique de développement économique durable, but ultime de la FR. Sur cette base, la SN a été élaborée en respectant les orientations des autres politiques nationales pertinentes en matière d'énergie, industrie, transport, développement économique et social, environnement, avec lesquelles elle devra être intégrée en vue d'une transition juste.

VI. RISQUES

Plusieurs risques ont été identifiés en ce qui concerne la mise en œuvre de la stratégie H2V ainsi que les mesures de leur atténuation. Parmi ces risques :

- L'absence d'un cadre réglementaire et institutionnel,

- Risque économique et financier : cout de capital, la demande et le risque de prix, le cout de l'H2V, l'accès à la finance verte, le manque de finances locales,
- Risques sociaux et les risques liés aux technologies

Le rapport a identifié un ensemble d'études à réaliser au préalable pour assurer la réussite de la stratégie nationale de production de H2V. Parmi les études les plus importantes :

- L'étude stratégique pour le dessalement et l'alimentation en eau des projets de production de l'H2 vert ;
- L'étude des besoins d'adaptation et d'extension des ports pour l'exportation des produits dérivés de l'H2 vert ;
- L'étude des infrastructures de transport de l'hydrogène par gazoducs ;
- L'étude de l'utilisation de l'hydrogène et ses dérivés dans le transport routier.

[L'étude est téléchargeable ici](#)