



L'hydrogène : Vecteur énergétique du futur

KHELLAF Abdellah, Ph.D.

Directeur de Recherche

Directeur de la Division Hydrogène Energies Renouvelables

E - mail : a.khellaf@cder.dz

Les sources d'énergie ont évolué à travers les âges et chaque nouvelle source d'énergie a été accompagnée de nouvelles mutations aussi bien sociales, technologiques et qu'économiques. Les densités énergétiques de ces sources d'énergie sont devenues de plus en plus importantes. Leur contenu en carbone a aussi chuté offrant la possibilité d'avoir une énergie non polluante.

Dans l'antiquité, la force humaine et plus particulièrement la force animale était le moyen le plus utilisé pour accomplir les tâches les plus ardues. Le cheval est resté pendant très longtemps le moyen favori. Même surclassé, il garde jusqu'à nos jours sa niche. Le carburant requis par ce moyen est très répandu dans la nature et le problème de pollution ne se posait pas.

Avec l'avènement de la machine à vapeur, une transformation radicale a eu lieu. Les systèmes énergétiques se sont mécanisés et les besoins énergétiques ont connu non seulement une croissance mais aussi une diversification. Toutefois, de nouveaux problèmes sont apparus ; engendrés par la production et l'utilisation des nouvelles sources d'énergie. L'utilisation du bois « mettait » à risque les forêts et le charbon pollueait l'environnement.

Les poussées technologiques et la découverte des hydrocarbures ont « sauvées » les forêts d'une « morte » lente mais certaine. L'utilisation des énergies a alors connu une expansion sans précédent. La demande énergétique a augmenté d'une façon exponentielle. L'énergie est alors perçue comme un besoin fondamental au même titre que l'eau et la nourriture. L'énergie occupe de ce fait une position stratégique dans toutes les activités humaines.

Couvrant les besoins énergétiques les plus importants, les hydrocarbures sont actuellement la source incontestable d'énergie. Ils ont contribué à un développement sans précédent de l'humanité. Cependant, la demande sans cesse croissante fait pression sur les réserves d'hydrocarbures. Avec des taux de croissance de la consommation énergétique toujours en augmentation et avec la production des hydrocarbures atteignant bientôt son maximum, les pénuries risquent d'apparaître dans les décennies à venir.

A cette préoccupation d'épuisement des réserves s'ajoute le souci environnemental. En effet, les hydrocarbures sont pointés du doigt comme étant les principaux pollueurs particulièrement de l'atmosphère. A l'échelle mondiale, on parle d'une augmentation d'environ 30 % de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère depuis la révolution industrielle. Face à ces problèmes, plusieurs actions pour y remédier ont été proposées. Ces actions vont des réglementations environnementales, tel que le protocole de Kyoto, et de l'augmentation de l'intensité énergétique à la maîtrise de l'énergie et au développement d'une nouvelle source d'énergie. Les réglementations, à travers la capture et la séquestration des gaz à effet de serre, ne permettent pas l'élimination des problèmes environnementaux. L'augmentation de l'intensité énergétique par le recours à la cogénération par exemple et la maîtrise de l'énergie par une utili-

sation rationnelle ne peuvent pas augmenter indéfiniment la durée de vie des réserves. Seul le développement d'une nouvelle source d'énergie, capable de faire face aux défis posés par l'utilisation des hydrocarbures, peut assurer une solution respectueuse de l'environnement et durable.

Les énergies renouvelables se présentent alors comme les ressources potentiellement capable d'offrir des énergies propres et d'assurer un développement durable.

Les énergies renouvelables ont été considérées depuis l'antiquité et leurs utilisations, même rudimentaires, remontent aux premières civilisations humaines. Les pharaons avaient utilisé l'énergie éolienne pour remonter le Nil. Archimède (200 avant Jésus Christ) avait utilisé l'énergie solaire pour détruire les vaisseaux ennemis assiégeant Syracuse. Ibn El Haithem (965 – 1039) a reporté de l'utilisation des énergies renouvelables par la civilisation musulmane. Toutefois, le développement de ces énergies pour une utilisation intensive n'a pris de l'essor que depuis quelques décennies. Actuellement, Elles couvrent environ le dixième de la demande énergétique mondiale globale.

Cependant les énergies renouvelables présentent certaines limites. En effet, en plus de leurs caractères dilués et intermittents, il y a également un décalage entre l'offre et la demande d'énergie. Il y a lieu alors de les stocker sous une forme d'énergie à forte densité.

De plus cette forme d'énergie doit offrir la possibilité de stockage sur de longues périodes et de transport sur de longues distances sans grande perte. De ce fait, l'hydrogène se positionne comme le meilleur candidat offrant la possibilité de surmonter les obstacles rencontrés sans pourtant engendrer d'autres. L'hydrogène est l'un des vecteurs énergétiques qui donnent espoir de la disponibilité à cours terme d'une énergie abondante et propre. Il y a une variété de choix aussi bien pour les matières premières à partir desquelles l'hydrogène est extrait que les énergies nécessaires pour l'extraire et les procédés d'extraction. L'extraction de l'hydrogène peut se faire soit à partir de l'eau, soit à partir des hydrocarbures ou de la biomasse. Pour l'énergie de production, on peut faire appel aussi bien aux hydrocarbures (gaz, pétrole, charbon, etc.) qu'au nucléaire qu'aux énergies renouvelables (solaire, éolienne, géothermale, etc.). Plusieurs procédés existent. Certains font appel au phénomène quantique telle la photolyse, d'autres au phénomène électrique telle que l'électrolyse et d'autres au phénomène thermique tel que le procédé thermochimique. Certaines de ces techniques sont arrivées à maturité de production commerciale, d'autres sont encore à l'échelle expérimentale. La production de l'hydrogène par reformage du gaz naturel, particulièrement le méthane, est la technique de production actuellement la plus utilisée dans le monde.

En dehors de cette technique, l'électrolyse de l'eau est le procédé le plus développé.

D'un point de vue vecteur énergétique, l'hydrogène présente d'innombrables avantages. Sa densité massique énergétique est supérieure



à celle des hydrocarbures. D'un point de vue environnemental, son utilisation produit peu ou pas de polluants. Seule la combustion de l'hydrogène produit du NOx mais à un niveau ne représentant même pas le tiers de ce que la combustion des hydrocarbures produit. L'hydrogène est aussi le vecteur énergétique le plus versatile dans sa transformation en énergie utile. Si les hydrocarbures ne peuvent être convertis en énergie utile que suivant le processus de combustion, l'hydrogène peut être converti en énergie utile suivant différents processus. En plus de la combustion, l'hydrogène peut être directement converti en vapeur, en chaleur par combustion catalytique, directement en électricité par des procédés électrochimiques et il peut aussi agir comme source et/ou puits de chaleur par réaction chimique. L'option hydrogène en tant que vecteur énergétique est devenu un fait indéniable. Même si sa technologie, dans certains cas, est encore à l'échelle de prototype et d'expérimentation, il y a un grand espoir que l'hydrogène sera le vecteur énergétique propre et renouvelable du futur. Pour se rendre compte de la mutation qui s'opère, il n'y a qu'à voir les efforts soutenus pour le développement de l'économie d'hydrogène. L'agence internationale de l'énergie, à travers le programme « Hydrogen Implementing Agreement », a mis en place des groupes internationaux de travail (« Research Tasks ») pour la promotion de l'utilisation à grande échelle de l'hydrogène.

L'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel a ouvert un centre international de recherche (ICHET) ayant pour mission la promotion de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique.

Un nombre important de grands projets de test, de démonstration et pilotes sont en cours. L'objectif principal est de trouver des solutions aux verrous technologiques rencontrés lors des tests et du fonctionnement et par là d'avancer du stade de recherche et développement vers l'industrialisation et l'utilisation de masse. A titre d'exemple on peut nommer le projet japonais WENET pour la maîtrise des technologies de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique, le projet Saudi-allemand pour la maîtrise de la technologie de production d'hydrogène, le projet européen Hysafe pour la dissémination des aspects de sécurité de l'hydrogène et le projet allemand Phoebus pour la démonstration de faisabilité d'un système électrique autonome.

Plusieurs consortiums se sont formés pour la promotion de l'utilisation de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique. A ce titre, on peut citer le « California Fuel Cell Partnership » pour la commercialisation des véhicules à pile à combustible et le « Clean Energy Partnership » pour le développement de la technologie d'hydrogène pour le secteur du transport. Pour l'Algérie, l'hydrogène en tant que vecteur énergétique représente une grande opportunité et ouvre d'indéniables perspectives. D'abord, il lui assure une diversification et une augmentation de ses ressources énergétiques. Ensuite, il lui offre l'opportunité de garder sa place dans le marché des énergies.

Finalement, il lui permet de subvenir à ses besoins énergétiques internes qui deviennent de plus en plus importants.

D'autre part, l'Algérie renferme d'importants gisements d'énergies renouvelables, particulièrement solaires, éoliennes et géothermiques. Cette situation fait de l'Algérie une excellente place pour la production de l'hydrogène renouvelable et permet ainsi une exploitation viable des énergies renouvelables.

La division est composée de quatre équipes. La première équipe, appelée Equipe Potentiel Hydrogène Renouvelable et Modélisation des Systèmes Energétiques Hydrogène, a pour mission l'évaluation du potentiel de la production et de l'utilisation de l'hydrogène. Elle a aussi pour mission l'étude des impacts socioéconomiques et la viabilité économique du potentiel. Finalement, elle a pour tâche la modélisation des systèmes de conversion

La deuxième équipe, appelée Equipe Multi-source et Stockage a pour missions la maîtrise des différentes techniques de production de l'hydrogène à partir de multiples sources d'énergies et les études des systèmes hybrides. Elle s'occupe aussi de la maîtrise des techno-

logies de stockages d'hydrogène ainsi que la maîtrise des systèmes de sûreté des systèmes à hydrogène.

La troisième équipe, appelée Equipe Engineering des systèmes énergétiques hydrogène, a pour missions la conception et la réalisation des systèmes énergétiques hydrogène pour les différentes applications stationnaires ou mobiles et les systèmes hybrides.

La quatrième équipe, appelée Equipe Systèmes de Conversion, a pour missions la maîtrise des systèmes de conversion énergétique à hydrogène, notamment les piles à combustible et les moteurs à hydrogène et à carburant mixte.



Montage expérimental de production et d'utilisation de l'hydrogène

Les axes prioritaires de recherche de la division s'articulent autour des technologies de l'hydrogène, plus particulièrement les technologies de production à sources renouvelables, de stockage et d'utilisation de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique. Des études d'évaluation du potentiel hydrogène en Algérie, design conceptuel des systèmes et ainsi que des études technico-économiques sont en cours.

Parmi ses activités, on peut nommer :

- Evaluation du potentiel de la production et de l'utilisation de l'hydrogène particulièrement l'hydrogène renouvelable.
- Etude des impacts socioéconomiques et la viabilité économique du potentiel
- Modélisation et études expérimentales des systèmes de conversion (électrolyseur, pile à combustible, moteurs à carburant mixte, système de stockage, etc.)
- Etude des différentes techniques de production d'hydrogène à partir des énergies renouvelables (biomasse, solaire PV, solaire thermique, éolienne, géothermique)
- Conception et réalisation de systèmes (photobioréacteurs, électrolyseurs, etc.)
- Etude des systèmes énergétiques hydrogène pour les différentes applications (hydrogène ou hybride pour les applications mobiles (transport) et stationnaire)
- Etude des systèmes de conversion (piles à combustible, moteurs à hydrogène et à carburant mixte)

La division ambitionne de mettre sur place un laboratoire d'expérimentation en hydrogène et une unité de démonstration de production d'hydrogène renouvelable.

En plus des actions de modélisation et simulation des systèmes de production et d'utilisation, de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique, la division aspire à échéance se munir d'un potentiel de test et d'expérimentation. A cet effet, elle a proposée la mise en place d'un nombre de plateformes d'expérimentation et éventuellement d'unités pilotes.