



## L'an 2030 : Serions-nous à l'âge de la pile à hydrogène ?

B. MAHMAH

Division Evaluation du Potentiel Energétique, CDER, Alger.

mah2@cder.dz

Dans son livre « Choc du Futur » (1970), Alvin Toffler sociologue américain distingue trois étapes de l'évolution du monde : la société rurale jusqu'au XVIIIe siècle, la société industrielle, la société de la communication et de la connaissance, où le cerveau remplacera les muscles, et vers laquelle nous nous engageons actuellement.

Cette évolution nous conduira vers un monde où la fiction actuelle deviendra réalité : usines et dispositifs fabriqués à l'échelle du nanomètre, station solaire dans l'espace, ordinateurs à réseaux de neurones biologiques, manipulations génétiques pour améliorer le bien-être de l'homme, mais aussi une architecture énergétique vraiment nouvelle.

### MUTATION ENERGETIQUE

L'architecture énergétique nouvelle sera révolutionnaire dans ses dimensions écologiques, technologiques, économiques et géopolitiques et supposera un changement fondamental de notre vie et bientôt une réorganisation globale de nos économies et de nos sociétés. Cependant, le domaine des énergies, basé principalement sur les ressources fossiles, est appelé à connaître une révolution énergétique que nous vivons actuellement en raison de quatre contraintes primordiales : optimisation, décarbonisation (écologisation), décentralisation et miniaturisation. Nous sommes sollicités pour développer de nouvelles technologies qui serviront de base au nouveau paysage énergétique durable de ce siècle.

### L'HYDROGENE

#### PILE A COMBUSTIBLE.

A ce moment où les prévisions indiquent que la consommation d'énergie primaire commerciale devrait doubler d'ici 2030,

passant de 9 à 18 Gtep et de plus les réserves des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) s'épuiseront, quelle que soit la longévité gagnée grâce aux avancées technologiques. En conséquence, nous devons actuellement apporter des solutions innovantes en termes d'efficacité énergétique et de valorisation de nouvelles sources pour un développement durable. La solution réside sans doute dans les énergies renouvelables qui sont des ressources inépuisables compte tenu du potentiel considérable qu'elles offrent et de leurs qualités écologiques intrinsèques. Ainsi, le développement des énergies renouvelables paraît incontournable, cependant le problème de ces énergies est leur caractère aléatoire, répartis sur le globe avec inhomogénéité et nous arrivent de façon intermittente, selon des variations saisonnières, donc se pose le problème du stockage et du transport de l'énergie reçue afin de permettre une utilisation continue.

C'est là qu'intervient la combinaison énergies renouvelables, hydrogène, électricité et la pile à combustible formant un quadratique interdépendant et interactif très prometteur pour l'avenir les énergies renouvelables sont combinées et exploitées de manière optimale et évolutive pour produire de façon décentralisée et souple l'électricité et l'hydrogène.

L'hydrogène devient alors le vecteur énergétique majeur que l'on peut, selon les besoins, stocker, utiliser directement ou transformer en électricité dans les piles à combustible. On disposera ainsi d'un maillon technologique à terme d'une chaîne, répondant pleinement aux critères du développement durable, et qui pourrait révolutionner nos perspectives énergétiques.

La génération future aura ainsi le privilège de connaître le début de la commercialisation des micro-piles à combustible pour les ordinateurs portables et les téléphones cellulaires, etc.

### LA PILE A COMBUSTIBLE: UNE TECHNOLOGIE D'AVENIR

Selon « Clean Energy Trends 2003 », les prévisions annoncent un avenir prometteur au solaire photovoltaïque, à l'énergie éolienne et aux piles à combustible. L'accroissement du marché international de ces trois secteurs combinés approcherait les 800 % au cours des dix prochaines années. Les piles à combustible connaîtront la plus forte demande, passant de 0,5 Mrd USD (36 Mrd DA) à 12,5 Mrd USD (900,225 Mrd DA) en 2012. En tout, le marché international de ces trois technologies représentera un chiffre d'affaires de près de 90 Mrd USD (6 481,62 Mrd DA) d'ici dix ans.

Selon le rapport annuel DGEMP pour 2003, le futur marché mondial des piles à combustible à l'horizon 2008-2015 est estimé à 120 Milliards d'Euros (11 421 Milliards DA) dont 20 % pour la pro-



Schéma 01 : Contexte énergétique inépuisable  
« Source d'énergie renouvelable » → électricité →  
Hydrogène → Pile à combustible → électricité.

# Recherche et Développement

Marché international	Piles à combustible (Mrd)	Solaire photovoltaïque (Mrd USD)	Éolien (Mrd USD)
2002	0,5 USD (36 DA)	3,5	5,5
2012	12,5 USD (900,225 DA)	27,5	49

Tableau 01 : Croissance des énergies renouvelables selon «Clean Energy Trends 2003» [Cour de change : 11.12.2004]

duction d'électricité et de chaleur dans les installations fixes et près de 40 % pour l'électronique mobile (alimentation des téléphones et ordinateurs portables ...etc) et les transports.

De nombreux pays se sont engagés dans des travaux de recherche et développement sur l'hydrogène et les piles à combustible; ces pays ont ressenti le besoin de structurer leurs réflexions stratégiques et de coopérations.

Le gouvernement japonais considère la technologie des piles à combustible comme une des six (06) technologies du futur, au même titre que la robotique, la conception intelligente des bâtiments, les biotechnologies et les techniques environnementales. Le budget 2004 du Japon alloué à la recherche sur l'hydrogène et les piles à combustible a été de 32,9 Mrd Yen (22,6 Mrd DA) contre 30,7 Mrd Yen (21,08 Mrd DA) en 2003. Par contre aux Etats-Unis les travaux de R&D sur les piles à combustible sont financés à hauteur de 66 M USD (4,75 Mrd DA) ce qui présente 0,052 % du budget global 2004 alloué à la R&D qui est de 127 Mrd USD (9 146,29 Mrd DA) et 0,76 % du budget 2004 du DOE qui est de 8,70 Mrd USD (626,557 Mrd DA). Le budget prévisionnel 2005 du « Hydrogen Fuel Initiative » est de 228 M USD (16,42 Mrd DA) soit une augmentation de 43 % par rapport à 2004. En Europe, l'union prévoit d'investir 2,8 Mrd € (266,490 Mrd DA) pour des projets concernant l'hydrogène, entre 2005 et 2015.

Le « Policy Study Group for Fuel Cell Commercialization » du Japon, estime que 15 millions de véhicules à pile à combustible circuleront d'ici 2030. Selon ce scénario, il a été évalué que 50 000 véhicules seraient en circulation en 2010, 5 millions en 2020 et 15 millions en 2030. De même, ce scénario prévoit

une puissance électrique fournie par des piles stationnaires s'élevant à 2,2 millions de kW en 2010, 10 millions en 2020 et 12,5 millions en 2030. D'autres prévisions annoncent que la micropile à combustible fera partie des 15 technologies du futur

qui vont « changer notre quotidien », avec les micropiles de type DMFC qui permettront dès la fin de l'année 2004 d'alimenter les appareils électroniques avec une autonomie jusqu'à 10 fois plus importantes que nos appareils électroniques d'aujourd'hui. L'industriel Toshiba commercialisera en 2005 le premier modèle de PAC rechargeable pour ordinateur portable. Les principaux constructeurs de voitures dans le monde ont déclaré qu'ils commercialiseraient en série des voitures particulières équipées par des piles à combustible d'ici la fin de la présente décennie. Ces véhicules utiliseront certainement des méthodes de stockage d'hydrogène différentes.

Il existe aussi d'autres types de piles à combustibles utilisant une variété de combustibles autre que l'hydrogène, par exemple, dans l'agriculture une pile à combustible de « Plug Power » fonctionnant au GPL (mis en service en février 2004) a été installée dans une ferme laitière près de New York.

« Nippon Oil » a annoncé le développement d'une pile PEM d'une puissance de 10 kW alimentée au kérosène, sa commercialisation est prévue pour 2006, déjà une unité de démonstration de 8,5 kW est installée à Tokyo.

Une pile à combustible microbienne a été développée en 2003 dans le « Laboratory for Microbial Ecology and Technology, Ghent University, Belgium ». Elle contient une culture bactérienne mixte utilisant le glucose comme source de carbone, le système à pile à combustible microbienne est utilisé pour les eaux usées domestiques et des centrales hybridées turbine à gaz/pile à combustible où la chaleur produite par la pile alimente la turbine.

## LA TRANSITION VERS L'AGE DE L'HYDROGENE

Historiquement, le basculement d'une source d'énergie dominante à une autre se fait d'un combustible plus riche en carbone vers un combustible plus riche en hydrogène, par exemple, au début du siècle on a utilisé des sources solides (le bois et puis le charbon), puis liquides (le pétrole) et enfin gaz (le gaz naturel et finalement l'hydrogène le gaz ultime). Depuis le début de la révolution industrielle, la tendance est à l'élévation du rapport hydrogène sur carbone «décarbonisation».

Des études prévisionnelles indiquent que pour atteindre en 2020, l'objectif des 20 % de la consommation énergétique mondiale totale fournie par l'hydrogène, il faut multiplier par 25 la production actuelle de l'hydrogène.



Schéma 02: La transition à l'âge de l'hydrogène (1850-2150) Tendances : Hefner (2002). Données brutes : Grubler (1998).