

LES PROGRAMMES HYDROGENE ET PILES A COMBUSTIBLE AU JAPON

Sommaire

1. *Historique*
2. *Le programme actuel*
3. *L'organisation des activités*
4. *Les domaines d'applications*
 - a. *Applications « Transports »*
 - b. *Applications résidentielles*
 - c. *Autres applications*

1. Historique

Les premières discussions portant sur l'utilisation de l'hydrogène comme vecteur d'énergie datent de 1973 avec la création de l'**HESS** (*Hydrogen Energy Systems Society*).

En 1978 avait été mis en place le **Moonlight Project** destiné au support de la R&D et dont l'un des six piliers était relatif aux efforts de commercialisation de la pile à combustible pour le transport.

En 1993, avait été mis en place le programme **WE-NET** (*World Energy Network*), partie du *New Sunshine Project*, qui avait pour objet le développement des énergies renouvelables et leur transport, via l'hydrogène, de leurs sites de production aux sites d'utilisation. La première phase, qui s'est achevée en 1998, a été centrée sur la R&D. Une seconde phase avait démarré en 1999 et s'est achevée en 2002 : elle a vu, par exemple, l'inauguration des deux premières stations-service hydrogène (pour les véhicules légers) en 2002, à Osaka et Takamatsu City. Ce projet a été arrêté en 2002 pour faire place, en 2003, au programme en cours (cf. §2)

En 1999, a été mis en place le *Policy Group for Fuel Cell Commercialisation* dont les travaux ont abouti à des objectifs pour 2010 et 2011.

En mars 2001, le Japon a organisé sa première conférence : *Fuel Cell Commercialisation Conference*.

En mai 2002, une structure interministérielle avait été mise en place : *Official Taskforce of Ministries and Agencies concerned with practical applications of fuel cells*.

2. Le programme actuel

Dans le cadre d'une programmation pluriannuelle un nouveau programme avait été mis en place en 2003, regroupant hydrogène et piles à combustible, prenant la suite de WE-NET, et piloté par le NEDO¹, structure gouvernementale créée en 1980 et rebaptisée depuis : *New Energy and Industrial Technology Development Organization*.

La stratégie actuelle du Japon en matière d'hydrogène et de pile à combustible, dans le domaine des transports, est résumée sur la figure 1. Elle est cohérente avec la roadmap présentée en décembre 2017 (**Figure 2**)

¹ <https://www.nedo.go.jp/english/go.jp>

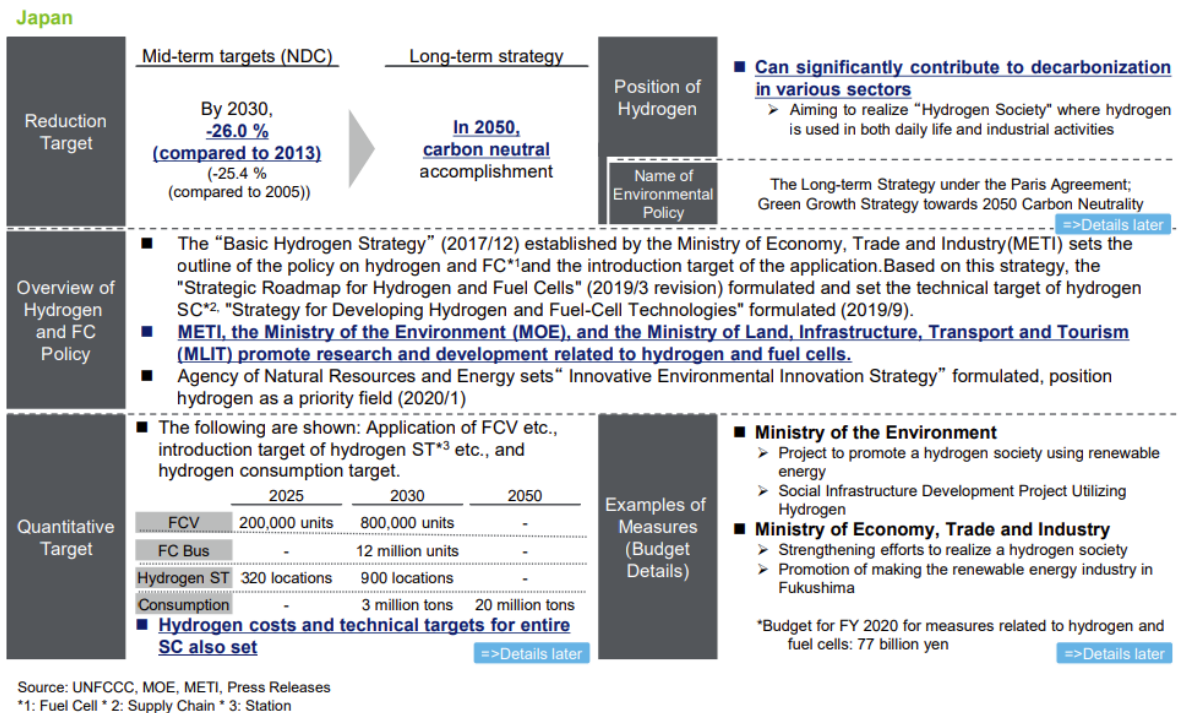


Figure 1 - La stratégie du Japon en matière d'hydrogène et de piles à combustible (2025-2050)

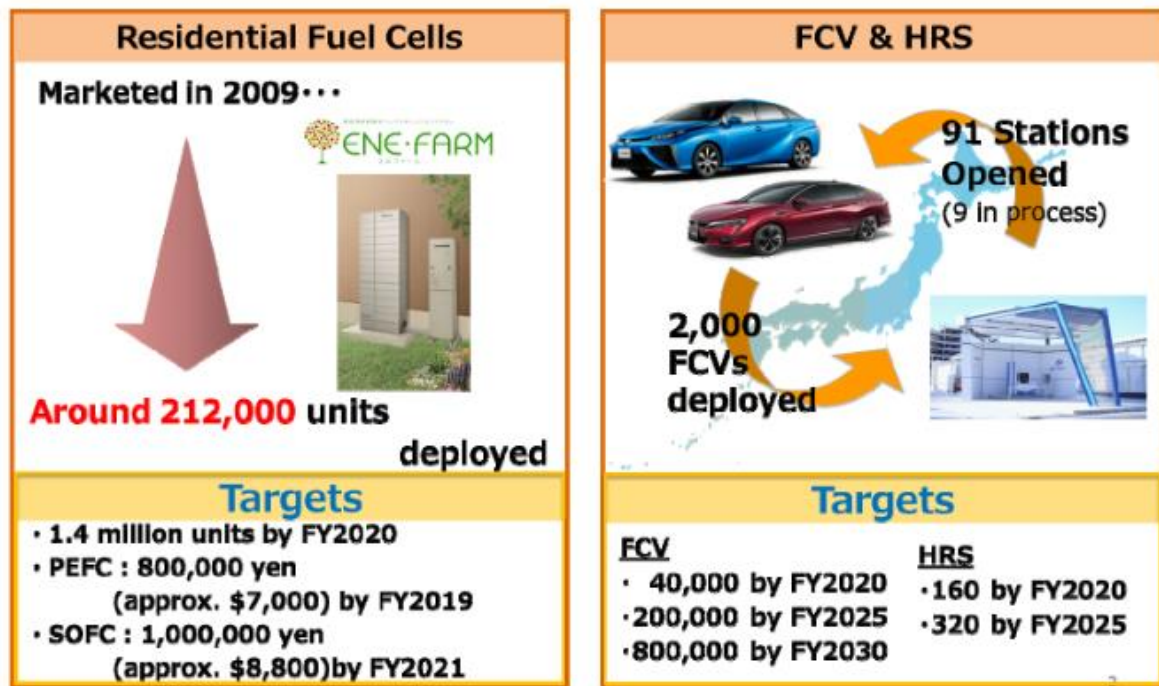


Figure 2 - Etat d'avancement de la roadmap en décembre 2017

L'IFRI (Institut Français des Relations Internationales) a publié en septembre 2020 une note (21 pages) intitulée *Japan's Hydrogen Society Ambition 2020 – Status and Perspectives* :

https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/nagashima_japan_hydrogen_2020.pdf

Dont le résumé est le suivant :

En termes de production, le pays met l'accent sur l'hydrogène renouvelable mais aussi l'hydrogène bas carbone avec CCS, dans l'objectif de réduire les émissions de CO2 de 60 % d'ici 2030 et à terme la neutralité carbone sur la production et l'utilisation d'hydrogène. Le Japon envisage d'importer la majorité de son hydrogène, posant ainsi des enjeux de dépendance énergétique vis-à-vis de partenaires étrangers (Australie notamment). En matière de transports, l'étude souligne que près de 3 700 voitures particulières équipées de piles à combustible (Toyota Mirai et Honda Clarity FC) ont été vendues depuis le lancement du premier modèle en 2014. Le pays s'est fixé des objectifs de déploiement de 200 000 véhicules d'ici 2025 et de 800 000 d'ici 2030. 116 stations de recharge sont opérationnelles en 2020, tandis que 320 stations sont prévues pour 2025 puis 900 en 2030. Avec 20 bus à hydrogène en circulation, sa stratégie envisage 1 200 bus à horizon 2030.

Le budget FY 2022

La proposition de budget 2022 du NEDO est de 1 280 millions de US \$. Ce montant couvre quatre secteurs d'activité dont l'un concerne, entre autres, l'hydrogène et les piles à combustible : *Energy Systems*, doté de 472 M\$.

Association JH2A

Une association nationale sur l'hydrogène a été créée en décembre 2020: **JH2A** (*Japan Hydrogen Association*) par Toyota et huit autres entreprises (Eneos, Iwatani, Kawasaki Heavy Industries, Kobe Steel, Mitsui, Sumitomo Mitsui Financial, Kansai Electric Power, Toshiba). Son objectif est de développer la chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène et de promouvoir les initiatives visant à accélérer son utilisation grâce à la collaboration des gouvernements et des entreprises. L'association engagera des discussions avec d'autres secteurs de l'industrie et les organisations en place pour établir au Japon une société de l'hydrogène.

3. L'organisation des activités

Toutes les activités hydrogène et piles à combustible sont pilotées et cofinancées par le NEDO, défini comme « *Incorporated Administrative Agency* », elle-même dépendant du METI (*Ministry of Economy, Trade and Industry*) au travers du « *Hydrogen & Fuel Cell Promotion Office* ».

- En juillet 2009, a été créée une association regroupant les compagnies privées fournisseurs et utilisateurs d'hydrogène : **HySUT** (*Research Association of Hydrogen Supply/Utilization Technology*). Elle est composée de 19 membres (en 2015).
- La « *Basic Hydrogen Strategy* » établie fin 2017 comprend :
Une accélération du déploiement des stations hydrogène (160 en 2020 – contre 90 opérationnelles en 2017- et 320 en 2025) avec une subvention immédiate de 33 millions d'euros et une rentabilité des stations dès 2020 ;
Le déploiement accéléré de véhicules (200 000 en 2025 – soit une multiplication par 100 de la production de 2017, 800 000 en 2030) avec une subvention immédiate de 92 millions d'Euros pour amorcer les volumes et réduire les coûts dans un second temps.
- En janvier 2017, le Japon et l'Australie se sont mis d'accord sur les règles de sûreté appliquées au transport maritime d'hydrogène fabriqué à partir de lignite en Australie jusqu'au Japon ; la compagnie japonaise *Kawasaki Heavy Industries* a prévu de construire un tanker adapté à ce transport.
- En juillet 2017, les quatre compagnies suivantes : *Chiyoda Corporation*, *Mitsubishi Corporation*, *Mitsui & Co., Ltd.* et *Nippon Yusen Kabushiki Kaisha* ont annoncé la création de « *Advanced Hydrogen Energy Chain Association for Technology Development (AHEAD)* » et le lancement du « *World's first Global Hydrogen Supply Chain Demonstration Project* ». Il est financé par le « *National Research and Development Agency* » et le « *New Energy and Industrial Technology*

Development Organization (NEDO)". L'objectif est de fournir 210 T d'hydrogène en 2020 (de quoi alimenter 40 000 véhicules à pile à combustible) fabriqué par reformage de gaz naturel au Brunei puis transporté au Japon par bateau.

- Au-delà de l'effort gouvernemental dans le cadre du « *Basic Energy Plan* », la mairie de Tokyo avait annoncé en 2015 avoir débloqué 329 millions d'euros (42.5 milliards de yens) pour subventionner le déploiement de véhicules à hydrogène dans le cadre des futurs JO de 2020. Outre des flottes de bus, elle a négocié, entre autres avec Toyota et Honda, la mise en circulation pour l'évènement de 6000 voitures à hydrogène dans la capitale nipponne. Pour ravitailler tous ces véhicules, la construction de 35 stations de distribution d'hydrogène, dont 80% du coût serait pris en charge par le gouvernement municipal de Tokyo, était aussi au programme. Les coûts endurés par les exploitants seront pris en charge à hauteur de 100 millions de Yens (environ 800 000 €), voire en totalité pour les plus petits acteurs.

Les résidents de la région de Tokyo seront aussi éligibles à une subvention de 1 million de yens (environ 8 000 €) pour l'achat d'un véhicule à pile à combustible, en plus des 2 millions de yens (16 000 €) déjà offerts par le gouvernement national.

Le gouvernement métropolitain de Tokyo avait aussi décidé de faire du village olympique d'hiver (2022) une « cité de l'hydrogène », expérimentation de grande échelle où électricité et chaleur seraient produites grâce à l'énergie hydrogène. Un réseau de distribution d'hydrogène parcourra le district *Harumi* de Chuo Ward, dans lequel le village est installé, pour alimenter aussi bien des stations de ravitaillement pour véhicules que des piles à combustible qui produiront électricité et chaleur aux logements, centres d'entraînement, cafétérias... abritant les 17 000 athlètes et encadrants. Dès la clôture de l'évènement, ces énergies alimenteront les résidences, écoles, centres commerciaux et autres installations qui seront aménagés dans les 22 bâtiments du village reconfigurés pour loger pas moins de 10 000 personnes.

A noter que le Japon participe à une collaboration internationale avec l'IPHE (*International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy*) et l'IEA via l'*Hydrogen Implementing Agreement*.

- D'autres structures régionales se sont mises en place, comme:
 - le "*Tokyo Strategy Committee for a Hydrogen Society*".
 - le "*Osaka FCV Promotion Committee*",
- En janvier 2021, *Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.* (Toshiba ESS) annonce la signature d'un accord avec le NEDO concernant le développement de modules à pile à combustible à hydrogène de la classe 200 kW pour le transport, aussi bien maritime que routier ou ferroviaire pour la fin de l'année fiscale 2024.
- En mai 2021, le Japon met en place un budget de 3,4 billions US\$ (prélevé sur le *Green Fund*) pour accélérer la R&D sur l'hydrogène, sur les 10 années à venir. Il devrait permettre une production d'hydrogène de 3MT/an en 2030 pour atteindre 20 MT en 2050.

4. Les domaines d'applications

Le Japon a développé des applications dans tous les domaines : aériens (drones), terrestres, marins et sous-marins, mais les applications terrestres concentrent la plus grande partie des efforts. Plus précisément, deux secteurs sont privilégiés : les transports et le résidentiel.

Ces applications se sont développées de 2002 à 2010 dans le cadre du programme JHFC (*Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project*).

a. Applications « Transports »

Ces applications étaient les premières visées, dès le début des années 80. A la fin des années 90, tous les constructeurs japonais avaient présenté des prototypes de véhicules légers à pile à combustible alimentés en hydrogène (technologie PEMFC cf. fiche 5.2.2) : *Toyota, Mazda, Honda, Nissan,*

Mitsubishi, Daihatsu et Suzuki. Au fil des années, plusieurs ont abandonné et seuls les trois grands (*Toyota, Honda et Nissan*) poursuivent ces développements. A noter que Mazda s'était tourné un moment vers le véhicule léger à hydrogène, non pas à pile à combustible mais en version à moteur thermique rotatif. A noter aussi que *Mitsubishi* a décidé fin 2014 de se positionner sur le domaine des véhicules électriques équipés de prolongateurs d'autonomie à pile à combustible.

Le développement actuel a dépassé le stade du prototype pour amorcer la petite série : *Toyota* a lancé la commercialisation de la *Mirai* fin 2015 (cf. Fiche 9.1.5) et *Honda* a lancé la commercialisation de la *FCX Clarity* en mars 2016 (cf. Fiche 9.1.7). Plusieurs de ces véhicules sont déjà en service hors des frontières du Japon, en particulier aux USA et en Allemagne ; ils ont des performances tout à fait comparables aux véhicules traditionnels, en particulier au niveau de l'autonomie : de 600 à 1100 km selon les modèles avec de l'hydrogène embarqué stocké sous 700 bars.

De plus les autorités japonaises avaient décidé d'utiliser les Jeux Olympiques de Tokyo en 2020 pour assurer la promotion des véhicules à piles à combustible en y interdisant la présence de véhicules thermiques autour des installations olympiques.

On peut aussi noter que le gouvernement japonais avait imposé, mi-2014, à tous les ministères de s'équiper de véhicules à pile à combustible pour leurs véhicules officiels afin d'en assurer la promotion.

En complément des actions en faveur des véhicules légers, d'autres actions ciblent le développement des bus à pile à combustible (cf. Fiche 9.2.2).

En parallèle, le Japon a lancé un programme ambitieux d'équipement en stations-service : plus de 150 stations à la fin 2020, contre 14 fin 2010.

En dehors du secteur des véhicules légers, le transport public fait aussi l'objet de démonstrations depuis 2002, en particulier de la part de *Toyota* (voir fiche 9.2.2).

b. Applications résidentielles

Un vaste programme de développement et de commercialisation de systèmes de cogénération (électricité – eau chaude) a été lancé dans le secteur résidentiel ; d'abord en technologie PEMFC puis progressivement en technologie SOFC. Le principe de ces cogénérateurs (de type PEM) est représenté sur la figure 3.

b.1 – Technologie PEMFC – Programme ENE-FARM

ENE-FARM est une alliance de constructeurs gaziers japonais pour la commercialisation d'un système PEMFC. Ce système est issu du programme de recherche initié dans les années 2000, dont la phase de démonstration s'est déroulée de 2005 à 2008 sur plus de 3 000 systèmes, suivie de la phase de commercialisation qui a permis en 2017 de dépasser le nombre de 210 000 appareils installés.

ENE FARM a pour objectif le déploiement de piles à combustible assurant une production combinée d'électricité et de chaleur respectivement d'une puissance de l'ordre de 800 We et de 1 kWth, alimentés en gaz naturel ou kérosène (cf. Fiche 9.3.2). Leurs performances (rendement global supérieur à 80%) conduisent à une amélioration de l'efficacité d'utilisation de ces combustibles (et donc d'abaissement de production de GES), de l'ordre de 30%. Dans une version plus récente, ce système est couplé à une source photovoltaïque et à une batterie de stockage d'électricité (type Li-ion), ce qui simplifie, en particulier, le sous-système de gestion électrique et abaisse le coût global.

L'évolution du coût d'un tel cogénérateur de 2009 à 2017 est donnée sur la figure 4. Plusieurs industriels se partagent le marché : *ENEOS CELTECH, Tokyo Gas, Toshiba, Panasonic, Osaka Gas* ...

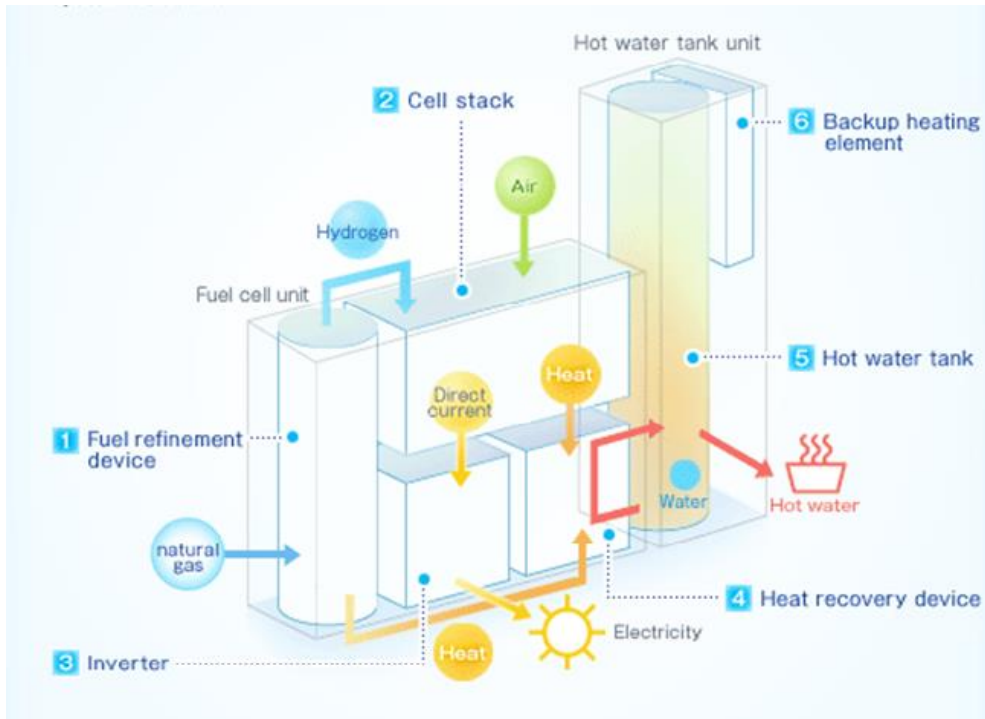


Figure 3 - Le principe d'un système ENE-FARM de type PEM (Document Osaka Gas)

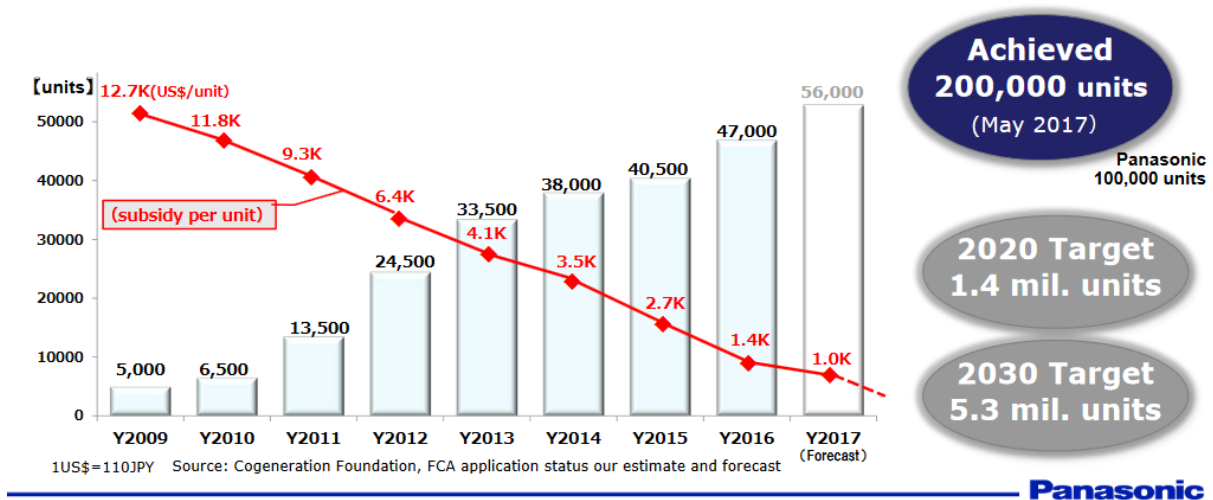


Figure 4 - Etat d'avancement de l'implantation des cogénérateurs ENE FARM (2017)

b.2 – Programme SOFC ENE-FARM

Des systèmes similaires, mais en technologie SOFC, ont été développés depuis 2009. Ils sont maintenant commercialisés sous l'appellation ENER FARM type S (Figure 5). Y sont associées, entre autres, des sociétés comme Toyota Motor Corp., Kyosera Corp et Aisin Seiki Co. A terme, le coût de cette technologie devrait être plus bas que celui de la technologie PEM, du fait de plusieurs simplifications comme : suppression du reformage (intégré à l'anode), allègement de l'échangeur de production d'eau chaude (calories disponibles à plus haute température), catalyseur en métal non précieux dans la pile.

La figure 6 montre l'évolution du prix d'une SOFC EneFarm depuis 2011, en millions de Yens.

SOFC for commercial use: Demonstration Phase

Manufacturer	Denso	Miura	Fuji Electric	Hitachi Zosen	Mitsubishi Hitachi Power Systems (MHPS)
	Demonstration model				
Appearance					
Output	5 kW	5 kW	20 kW	50 kW	250 kW
Electrical generation efficiency (target value)	(under consideration)	50 %	50 %	50 %	55 %
Total efficiency (target value)	(under consideration)	90 %	(under consideration)	80 %	73% (hot water) 65% (steam)
Major envisioned demand	Barbers and hair salons, small stores, family restaurants		Gym, welfare facilities, hospitals, small buildings		Data centers, large buildings, and hotels

Figure 5 - La phase de démonstration des systèmes SOFC (2017)

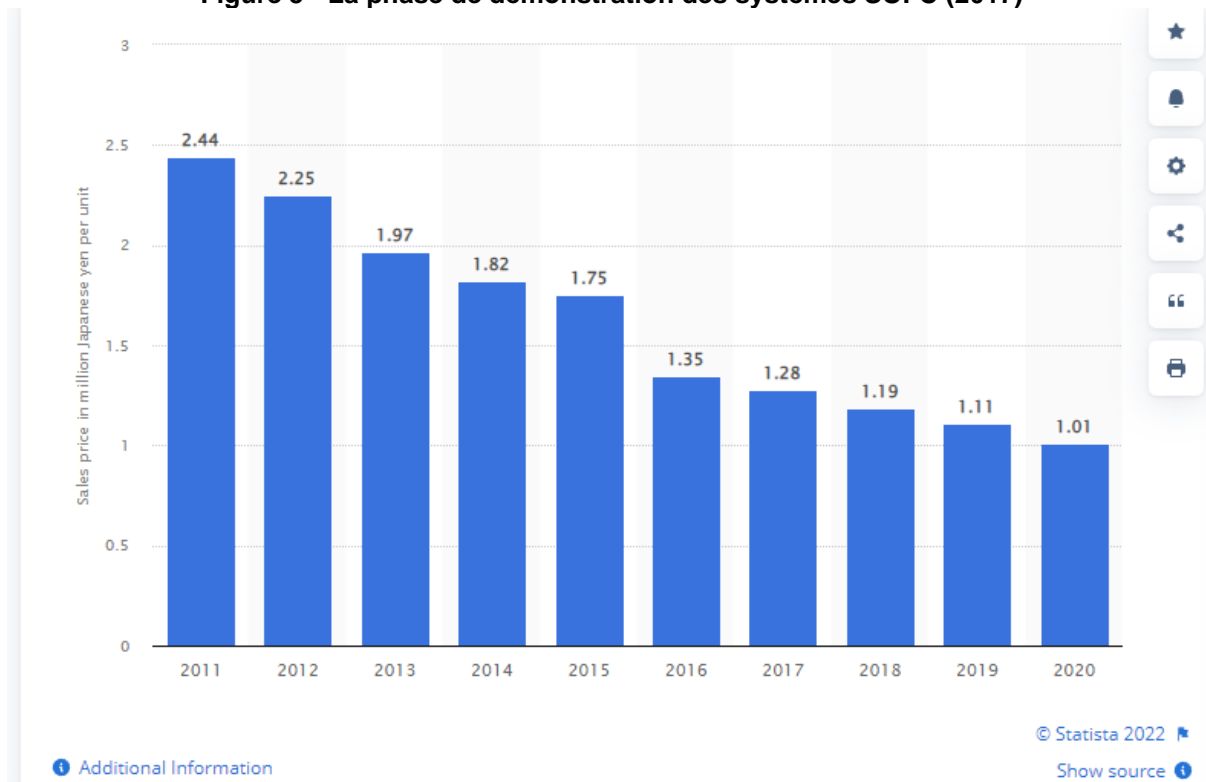


Figure 6 - Evolution du prix de la SOFC ENE-FARM de 2011 à 2020

c – Autres applications

D'autres applications des piles à combustible ont été mises en œuvre au Japon ou sont en cours de développement comme :

- L'alimentation d'engins à 2 roues,
- Les générateurs stationnaires de type industriel en particulier avec Mitsubishi (voir fiche 9.3.1)
- L'alimentation d'engins sous-marins (voir fiche 9.4.2),
- L'alimentation de drones (voir fiche 9.4.3),
- L'alimentation de locomotives (démonstrations en 2001 et 2006)