



Nouveaux Systèmes
Énergétiques
Comité stratégique de filière

OBSERVATOIRE INTERNATIONAL
DE L'HYDROGÈNE



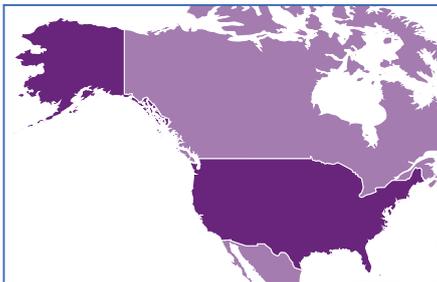
H₂

N°3 Janvier 2023

LA STRATÉGIE HYDROGÈNE DES ÉTATS-UNIS

Depuis 2020, une série de textes américains - *Energy Act 2020 (EA2020)*, *Bipartisan Infrastructure Law (BIL)* en 2021 et l'*IRA* en 2022 - stimulent activement les chaînes de valeur et la production d'électricité renouvelable et d'hydrogène, ainsi que la capture et la séquestration carbone (voir encadré en page 2).

La stratégie hydrogène fédérale encourage l'utilisation d'hydrogène là où les alternatives de décarbonation sont limitées : l'industrie, le transport lourd et le stockage énergétique longue durée essentiellement. Elle s'inscrit dans un cadre de décarbonation nationale ambitieuse et s'appuie sur un secteur énergétique fort. L'IRA prévoit la réactualisation de la stratégie courant 2025.



Objectif annoncé de **neutralité carbone en 2050**, avec une réduction des émissions globales de **50-52%** en 2030 par rapport aux niveaux de 2005



R&D reconnue au niveau mondial : dans le secteur de l'hydrogène, déjà plus de **1 100 brevets déposés** et **30 technologies sur le marché en 2020**



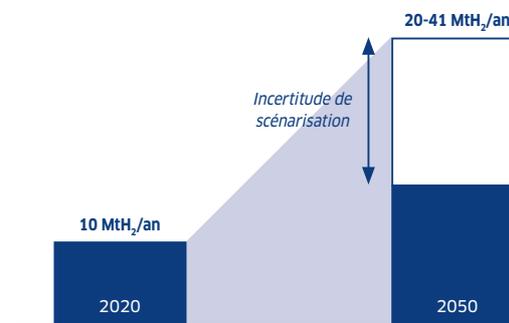
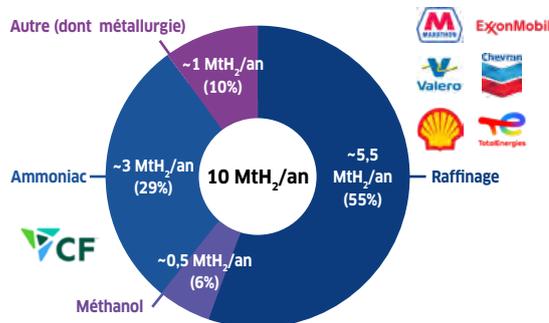
Premier producteur Oil&Gas mondial (~15% en 2021)

La consommation nationale d'hydrogène s'élève à ~10 Mth₂/an en 2020, soit 11% de la demande mondiale.

Consommation actuelle d'hydrogène (2020)

Projection de l'évolution des besoins (2050)

(DOE Clean Hydrogen Roadmap)



Secteurs cibles :

- Industrie sidérurgique et cimentière, en particulier dans le Nord du pays
- Mobilité lourde, et dans une moindre mesure, légère (déjà bien développée en Californie)
- Stockage énergétique longue durée (H₂-to-power)

La conduite du plan hydrogène américain peut s'appuyer sur une variété d'acteurs énergétiques, publics et privés

Production d'électricité :

- Acteurs majeurs :
- Leader nucléaire :
- Autres :
- Acteurs Oil & Gas :

Transport d'électricité :

~ 580 000 km de lignes électriques
3 réseaux majeurs : Est, Ouest et Sud (Texas)



Transport de gaz :

Restructuration majeure récente (faillit de PG&E en 2022)



Distribution :



Le US **Department of Energy (DOE)** est un département clé de l'Etat fédéral, rédacteur de la stratégie H₂ nationale, à l'initiative du plan d'action global H₂@scale et rédacteur de la certification «Clean Hydrogen Standard».



H₂ NEW est un consortium d'acteurs techniques (dont plusieurs laboratoires fédéraux) pour l'amélioration des procédés d'électrolyse. Il est étroitement lié à l'initiative H₂@Scale, pour la production, le transport et le stockage d'hydrogène bas carbone.

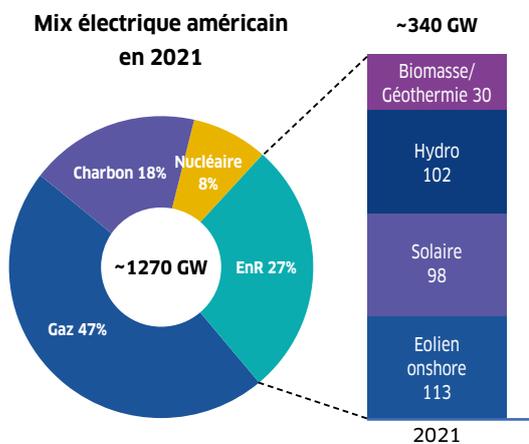


Plusieurs états ont leurs propres opérateurs énergétiques, adossés à un écosystème de leaders mondiaux

- Les marchés de l'électricité ne sont ouverts à la compétition que dans 17 des 50 états.
- Le pays se divise en 10 marchés séparés qui sont pour la plupart peu interconnectés.
- La **FERC** régule le transport électrique et de gaz.



Malgré des efforts et des engagements certains, le mix électrique américain est encore fortement carbonné



Les capacités éoliennes américaines ont augmenté depuis 2005 avec un rythme moyen de 19% par an et les capacités solaires de 18% en 2021.

Le potentiel de développement des énergies renouvelables diffère beaucoup selon les états américains. Cette situation, accentuée par la faible interconnexion entre réseaux électriques, pose un problème pour l'adoption de l'électrolyse bas carbone.

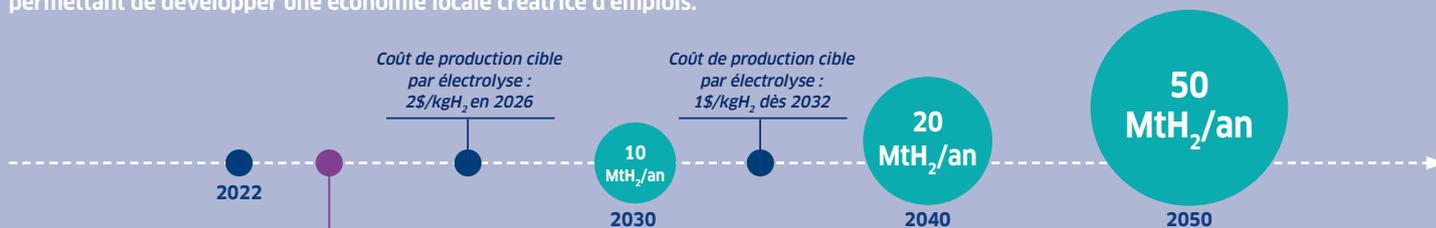
En conséquence, les textes américains sont attachés à la notion d'« hydrogène propre » (comprendre bas carbone) et ne hiérarchisent pas les voies de production (charbon + CCUS, gaz + CCUS, électrolyse) pour laisser à chaque territoire la possibilité de produire son H₂ localement en fonction de ses ressources.

À l'échelle fédérale, les Etats-Unis ont la volonté de développer plus de 30GW d'éolien offshore d'ici 2030. De son côté, les crédits d'impôts de l'IRA stimulent la fabrication et le déploiement de technologies solaires et éoliennes terrestres, dont les capacités installées pourraient être multipliées par 5 (respectivement 1,6) d'ici 2030.

La stratégie américaine prévoit des volumes de production nationaux de 10MtH₂/an en 2030, et 50 MtH₂/an en 2050, facilités par d'importants mécanismes de financement en faveur de la production d'hydrogène bas carbone.

INFLATION REDUCTION ACT & BIPARTISAN INFRASTRUCTURE LAW

En complément de l'Energy Act 2020 (qui dédie notamment plus 2 Mds\$ à l'hydrogène), les Etats-Unis ont adopté deux textes structurels pour le développement d'une économie bas carbone : le *Bipartisan Infrastructure Law* (BIL) en 2021 et l'*Inflation Reduction Act* (IRA) en 2022. Tous deux voient en l'hydrogène un outil de souveraineté énergétique, faisant appel aux ressources naturelles locales (renouvelables et fossiles) et permettant de développer une économie locale créatrice d'emplois.



INFLATION REDUCTION ACT (2022)

L'IRA prévoit un crédit d'impôts à la production d'hydrogène : entre 0,12 et 0,6 \$/kgH₂ en fonction de l'empreinte carbone du procédé de production. La subvention peut être multipliée par 5 (et ainsi grimper à 3 \$/kgH₂) s'il satisfait à des exigences en matière d'apprentissage, de salaire et de localisation sur le sol américain. Elle est cumulable avec le crédit d'impôt sur la production d'électricité renouvelable mais exclusive des crédits sur la capture carbone (~3 Mds\$) et des crédits à l'investissement pour les EnR. Plus de 13 Mds\$ devraient être distribués par ce mécanisme en 10 ans.

BIPARTISAN INFRASTRUCTURE LAW (2021)

Le BIL débloque 9,5 Mds\$ entre 2022 et 2026 pour l'hydrogène aux Etats-Unis : 8 Mds\$ pour les «Hydrogen Hubs» (projets bassins), 1 Mds\$ pour la réduction des coûts de l'électrolyse et 0,5 Mds\$ pour le contenu local de l'industrie hydrogène.

HYDROGEN HUBS

Les lauréats du programme « Hydrogen Hubs » doivent être annoncés entre fin 2023 et début 2024, avec jusqu'à 1,25 Mds\$ alloué par projet. A date, plus de 20 candidats au programme ont été recensés, dont 15 incluant une production d'hydrogène renouvelable :

Projets publics & privés	HALO Hydrogen Hub (AR, LA, OK)	Midwestern Hydrogen Coalition (IL, KY, IN, MI, MN, OH, WI)
	Arizona Hydrogen Hub (AZ)	Great Lakes Hydrogen Hubs (OH)
	California Hydrogen Hub (CA)	Northwest Hydrogen Hub (OR, WA)
	HyDeal LA (and Intermountain Power project) (CA, UT)	Houston Hydrogen Hub (TX)
	Northest Hydrogen Hub	Port of Corpus Christi Hydrogen Hub (TX)

Projets privés	Cavendish NextGen Hydrogen Hub (FL)	Obsidian Pacific Northwest Hydrogen Hub (ID, OR, WA)
	Hydrogen City (TX)	Western Interstates Hydrogen Hub (CO, NM, UT, WY)

Projets publics	Western Interstates Hydrogen Hub (CO, NM, UT, WY)
-----------------	---



Les Etats-Unis disposent déjà d'importantes infrastructures H₂, facilitant son déploiement à grande échelle



Une dizaine d'unités de liquéfaction en service, soit une capacité de **~300tH₂/jour**



2 cavités salines de grande capacité de stockage en activité au **Texas** :

- Cavité de **6 600 tH₂** de capacité dans la région de Houston, opérée par **Linde**
- Cavité de **11 000 tH₂** de capacité dans la région de Port Arthur, opérée par **Air Liquide**



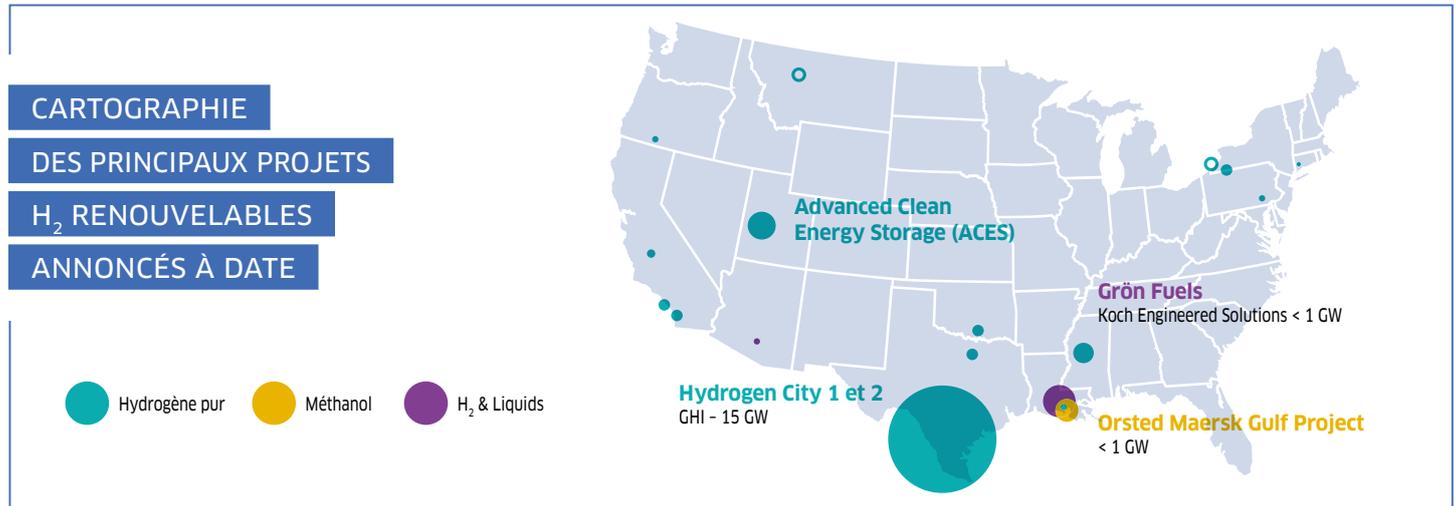
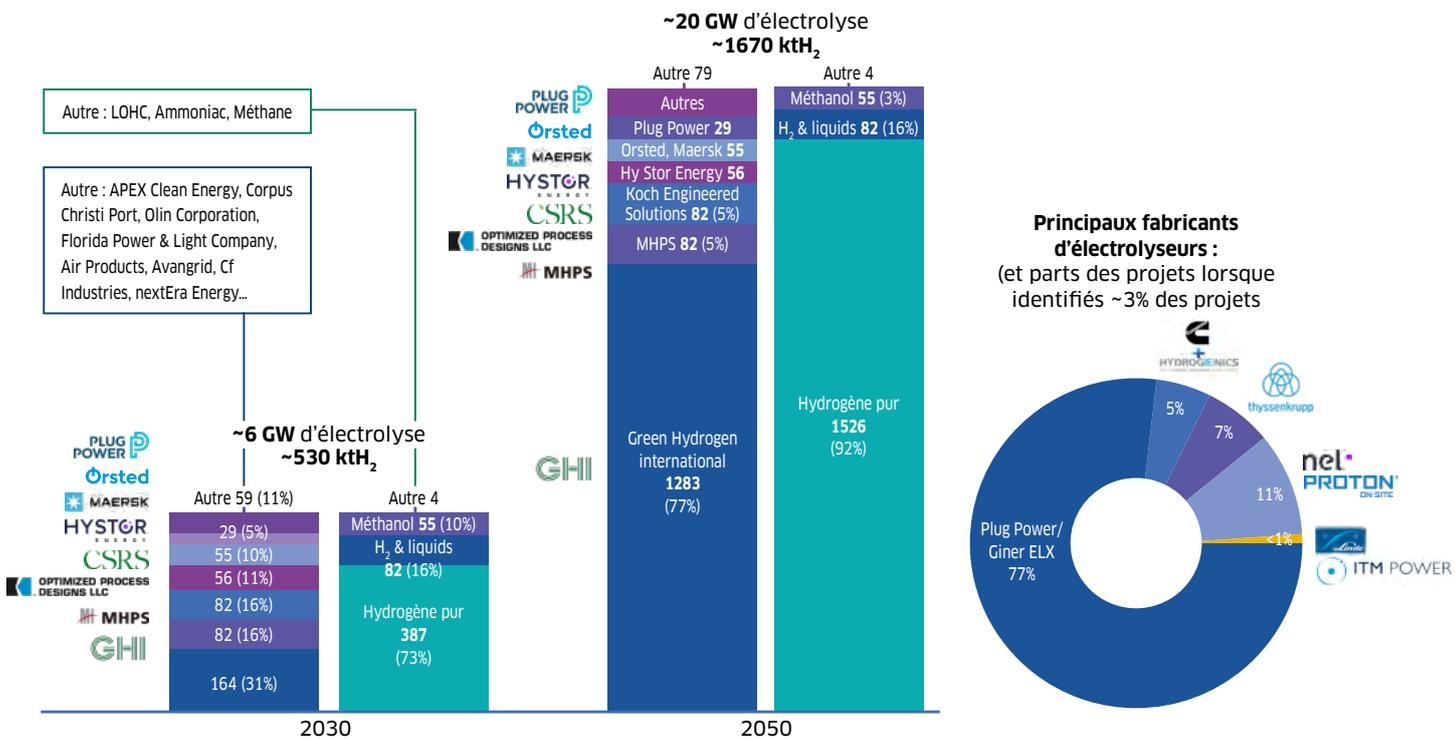
~2 550 km de pipelines dédiés au transport d'hydrogène, principalement sur la côte du Golfe du Mexique, opérés distinctement par **Praxair (Groupe Linde), Air Products, Air Liquide**



Un recensement des projets d'hydrogène renouvelable annoncés à date aux Etats-Unis permet d'envisager des niveaux de production de **~0,5 MTH** en 2030 et de **~1,6MTH** en 2050, à plus de 90% pour de l'H pur.

Avec l'effet du trio « EA 2020 - BIL 2021 - IRA 2022 », le pays devrait considérablement accélérer la mise en service de capacités de production après 2040 en s'appuyant sur une industrie locale.

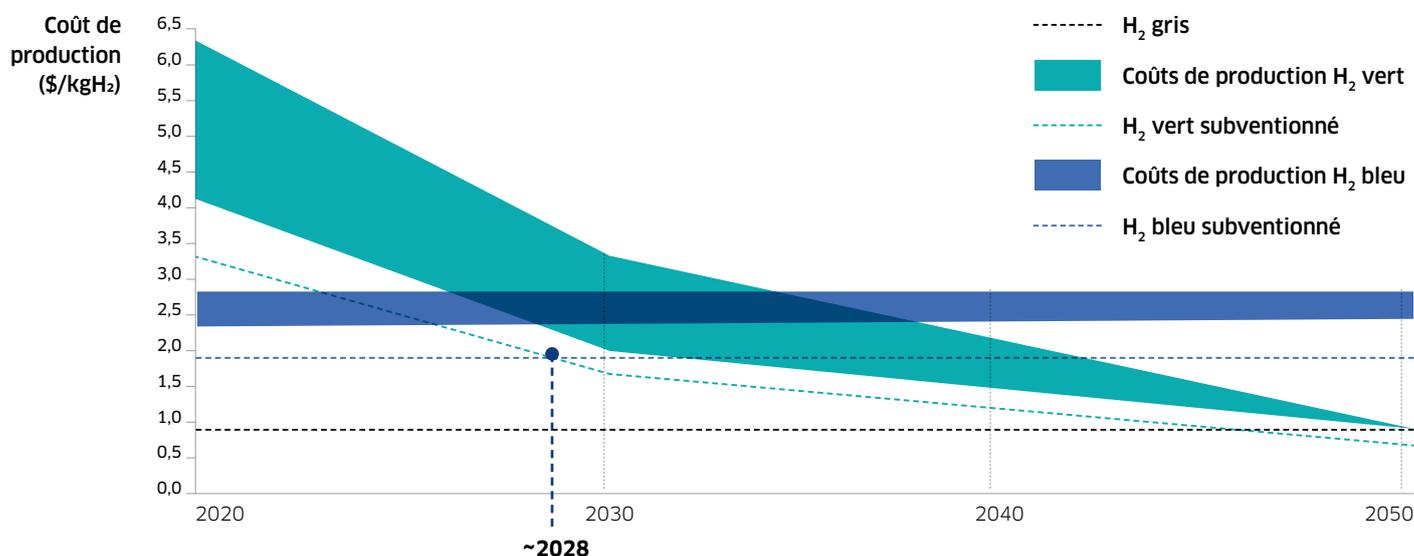
À titre de comparaison, l'ensemble des projets connus de production d'hydrogène bleu représente aujourd'hui une production d'environ 3MtH /an, soit une capture d'environ 30 MtCO /an. 12 des 30 MtCO₂ captées devraient servir à de l'EOR (Enhanced Oil Recovery) tandis que 18 Mt devraient être stockées de manière permanente (CCS).



Source : Revue des projets faisant l'objet de communications publiques officielles, Bloomberg, DOE Hydrogen Program Plan, DOE Clean Hydrogen Roadmap



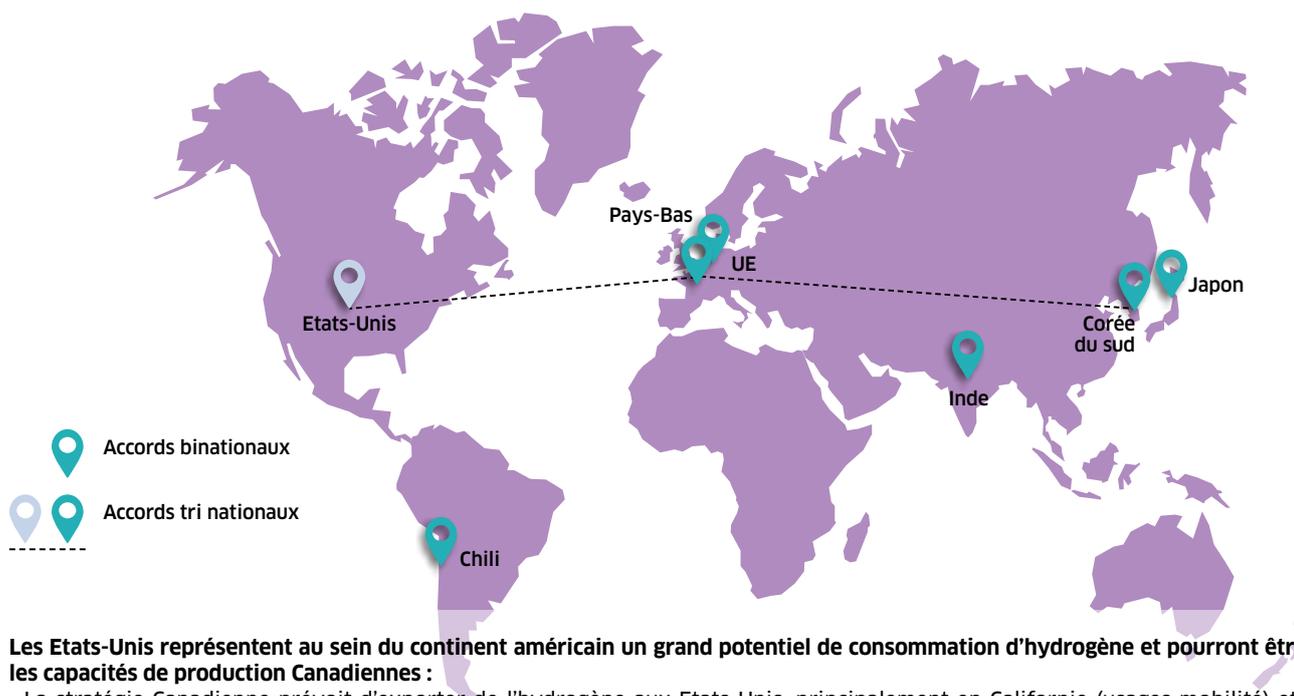
Une analyse approfondie des financements effectivement mis en œuvre permet de prévoir des coûts de production d'H₂ vert aux Etats-Unis 2\$/kgH₂ en 2030 et de 2 à 3,5 \$/kgH₂ sans subvention à la production.



D'après une analyse de Bloomberg (2022) intégrant les politiques de subventions de l'IRA, l'hydrogène vert deviendrait rapidement plus compétitif que l'hydrogène bleu subventionné et à terme moins cher que l'hydrogène gris. À noter que **les coûts de production de l'hydrogène vert et bleu dépendent très fortement de l'état dans lequel a lieu la production.**

Certification : le DOE publie en septembre 2022 une première version de son « Clean Hydrogen Standard », dans lequel est proposé de fixer la limite d'« hydrogène propre » à 4kg_{CO₂,eq}/kgH₂. D'autres schémas de certification américains se font une place sur la scène internationale, notamment le « Low Carbon fuel standard » Californien (non spécifique à l'hydrogène).

Peu d'accords binationaux publics sont pour le moment recensés, la plupart des partenariats à l'échelle mondiale impliquant plutôt les acteurs privés du secteur :



Les Etats-Unis représentent au sein du continent américain un grand potentiel de consommation d'hydrogène et pourront être alimentés par les capacités de production Canadiennes :

- La stratégie Canadienne prévoit d'exporter de l'hydrogène aux Etats-Unis, principalement en Californie (usages mobilité) et sur la côte Est (facilité de réutilisation des infrastructures).
- Les infrastructures gazières de la côte Atlantique canadienne peuvent être sollicitées : ports, rails, autoroutes et pipelines sont déjà en place pour assurer une interconnexion entre la côte Est Américaine, le Québec et les régions centrales du Canada.