

SIAPARTNERS

PRIMA 

Les matériaux pour avancer

Webinaire

DÉVELOPPER LA CHAÎNE MANUFACTURIÈRE LIÉE À L'HYDROGÈNE VERT AU QUÉBEC

16 Septembre 2024

Marco Savoie, ing.

Associé, énergie & environnement
marco.savoie@sia-partners.com

Mathieu Demoulin

Conseiller senior, énergie & environnement
mathieu.demoulin@sia-partners.com

Myrielle Robitaille, ing.

Directrice principale, énergie & environnement
myrielle.robitaille@sia-partners.com

Catherine Kallas, CPI

Conseillère, énergie & environnement
catherine.kallas@sia-partners.com

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION ET MÉTHODOLOGIE D'ENSEMBLE
2. ÉTUDE DE L'ÉCOSYSTÈME MANUFACTURIER H₂
3. ANALYSE À HAUT NIVEAU DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE
4. PRIORISATION ET ÉTUDE SOCIO-ÉCONOMIQUE
5. SYNTHÈSE ET PRINCIPAUX CONSTATS

1. Introduction et méthodologie d'ensemble

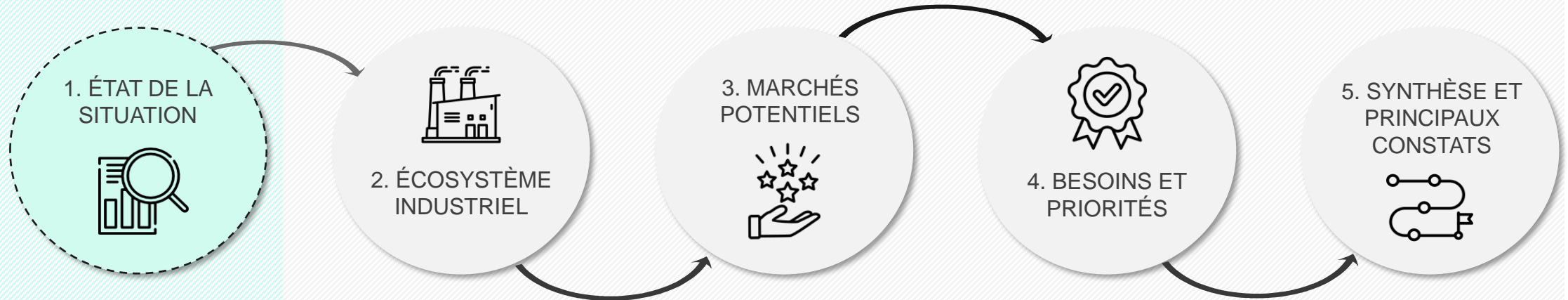
Contexte | Rappel des grands enjeux du projet



Le projet, dans son ensemble, vise à **analyser la pertinence d'appuyer davantage la chaîne manufacturière liée à la filière de l'hydrogène au Québec** en misant sur les atouts, tels les minéraux critiques et stratégiques (MCS) du Québec, tout en identifiant les créneaux distinctifs pour lesquels le Québec peut se démarquer.

Réalisé par l'UQTR et le CNRC

Présenté dans le rapport



UQTR - *Identification des principaux équipements et matériaux utilisés dans les systèmes de production d'hydrogène ainsi que leurs composants et sous-composants*

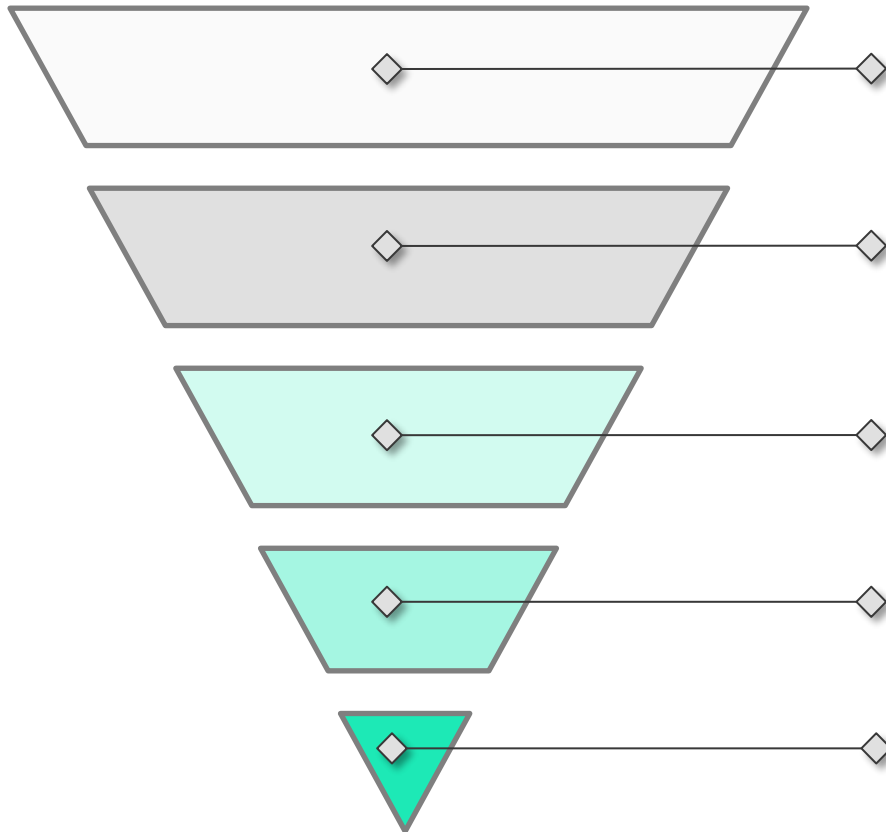


CNRC - *Revue de littérature sur les systèmes de transport, stockage et utilisation de l'hydrogène*

Méthodologie | Vision d'ensemble de l'approche en entonnoir



PHASES



1. ÉTUDE FINE DE L'ÉCOSYSTÈME MANUFACTURIER

2. ANALYSE APPROFONDIE DES ÉQUIPEMENTS H₂

3. SÉLECTION DE 4 SEGMENTS D'ÉQUIPEMENTS STRATÉGIQUES

4. ANALYSE DES IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES

5. SYNTHÈSE ET PRINCIPAUX CONSTATS



OBJECTIFS

- Analyser le positionnement des industriels et manufacturiers
- Dessiner une vision globale des dynamiques et des opportunités de marché
- Identifier des secteurs d'application potentiels pour le tissu indus. et manuf. québécois.
- Sélectionner les 4 segments prioritaires basés sur la capacité et l'intérêt du Québec
- Étudier les externalités liées au développement des filières manufacturières
- Établir une synthèse des opportunités et menaces étayée par un argumentaire objectif.

Acteurs impliqués | Travaux alimentés par des échanges avec les acteurs de la filière H₂

Pour s'assurer de la fiabilité des travaux d'analyse et des résultats, plusieurs instances de discussion/validation ont été mises en place :



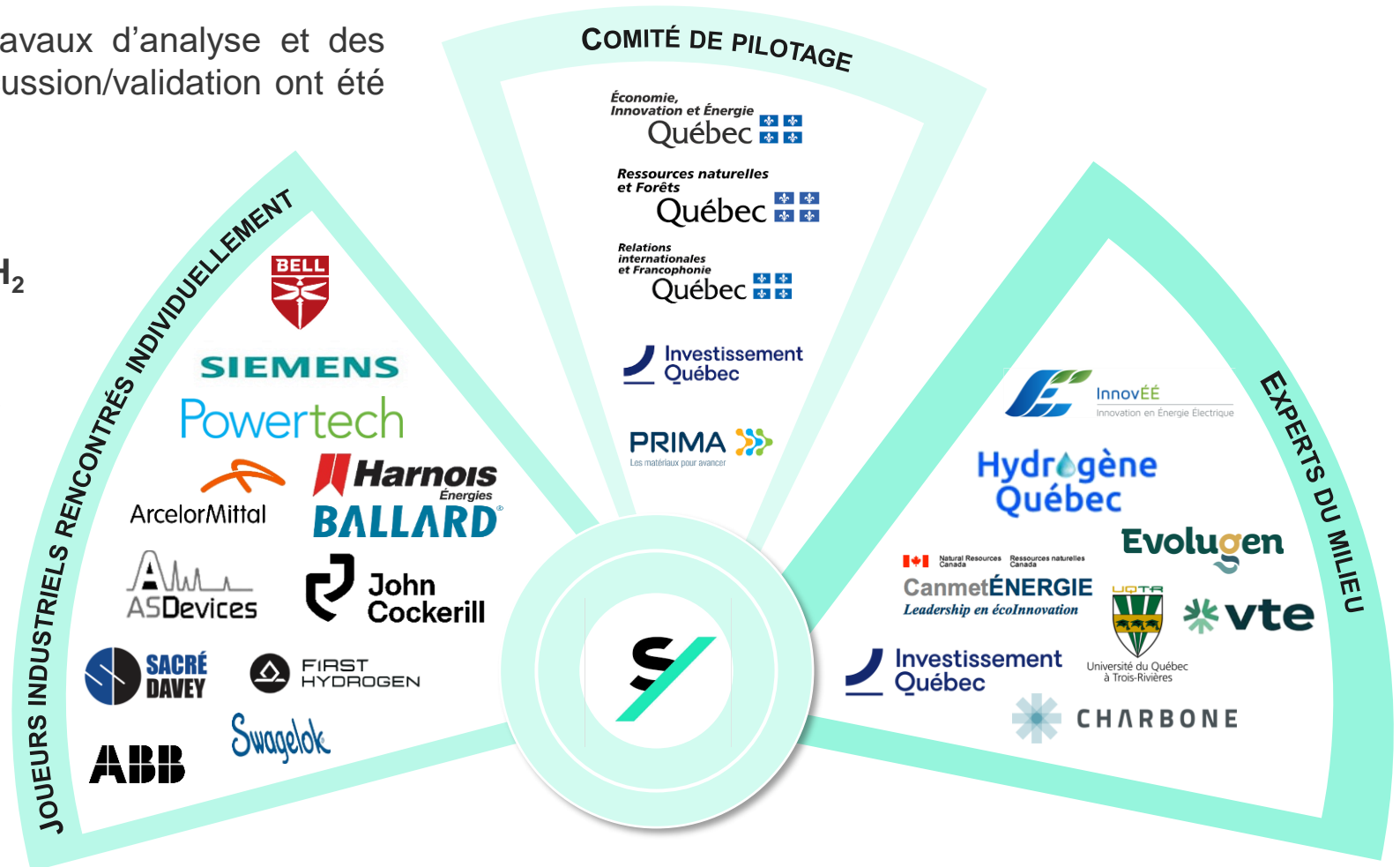
Joueurs industriels de filière H₂



Comité de pilotage (institutions gouvernementales)



Panel d'experts du milieu de l'H₂

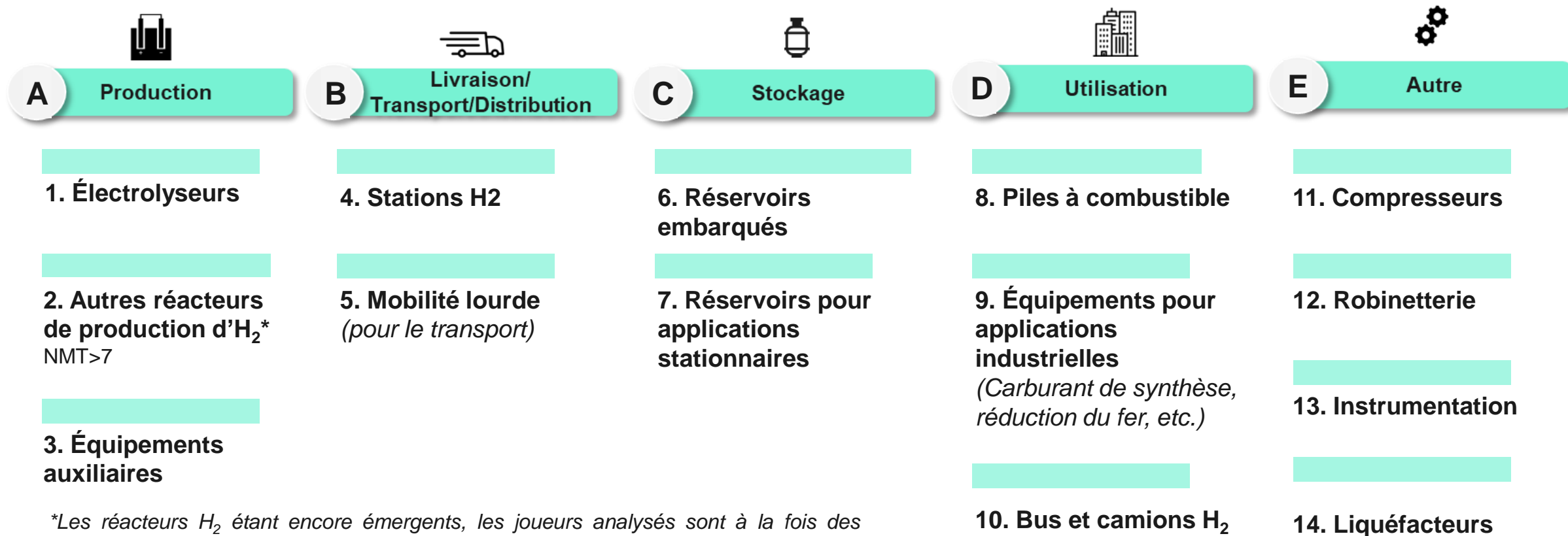


2. Étude de l'écosystème manufacturier hydrogène

Segmentation de la chaîne de valeur | Étude de 14 équipements



La chaîne de valeur de l'hydrogène a été fragmentée en **14 équipements H₂**. Certains équipements ne sont pas étudiés, car **hors périmètre du mandat** (ex : production par SMR), ou **moins pertinents** (ex : canalisation H₂). Pour chacun de ces segments, en plus des entretiens, entre 8 et 56 fabricants ont été analysés finement pour **étudier les grandes tendances** (partenariats, stratégies, besoins, attentes, etc.)



*Les réacteurs H₂ étant encore émergents, les joueurs analysés sont à la fois des fabricants et des porteurs de solutions technologiques

Analyse des 14 segments | Vue d'ensemble des angles d'étude

THÉMATIQUE

DESCRIPTION



1. État des lieux de la technologie et des enjeux R&D

- > Applications principales et marchés
- > Composants & minéraux critiques et stratégiques
- > Technologies, NMT, utilité
- > Perspectives R&D



2. Perspectives de marché mondiales et québécoises

- > Valeur et croissance du marché mondiale et déclinaisons régionales
- > Technologie dominante
- > Vision du Québec sur ces marchés
- > Dynamique de projet au Québec et R&D en présence



3. Typologie d'acteur et principaux projets manufacturiers

- > Taille et nationalité des manufacturiers
- > Typologie d'industriels en présence
- > Positionnement et stratégies de diversification/spécialisation
- > Partenariats classiques développés



4. Observations générales sur le segment et étude des bonnes pratiques

- > Analyse des 3 manufacturiers les plus développés
- > Étude de leurs bonnes pratiques
- > Observations spécifiques au segment
- > Liste et classification des difficultés rencontrées par les manufacturiers



5. Capacité et intérêt du Québec à développer ce segment

- > Analyse des capacités manufacturières actuelles du Québec
- > Acteurs R&D ayant une expertise utile pour le segment
- > Intégration dans la stratégie H₂ provinciale
- > Valeur ajoutée pour la province de développer ce segment

Fiches techniques par segment | Contenu et aide à la lecture 1/3

Description globale des enjeux

1 Production 2 Livraison / Transport/Distribution 3 Stockage 4 Utilisation 5 Autre

Analyse de l'écosystème | Portrait global des électrolyseurs

Les électrolyseurs sont une **technologie essentielle** pour la production d'**hydrogène bas carbone** et les ambitions de décarbonation de nombreux pays devraient tirer la demande dans les prochaines années. La réalisation de tous les projets en cours pourrait conduire à une capacité installée d'électrolyseurs de 135 à 365 GW d'ici 2030 et les scénarios de l'IEA tablent sur des besoins allant jusqu'à 3300 GW à 2050 (NZE). En 2023, ce sont 2,4 GW d'électrolyseurs qui ont été installés et près de 33,5 GW d'électrolyseurs qui ont été fabriqués (augmentation de 145% par rapport à 2022).

MCS

Cuivre	Zirconium	Or
Titane	Fer	Cobalt
Nickel	Iridium	Yttrium
Molybdène	Ruthénium	Gadolinium
Scandium	Platine	Lanthane
	Argent	Manganèse

Cellule

- Plaques bipolaires
- Électrodes
- Membrane / Diaphragme
- Électrolyte
- Joints

Techno.	NMT	Coût (\$/kW)	Barrières
PEM	9	2500-3000	Coûts
ALK	9	1000-1500	Durabilité/Intég. ENR
SOEC	6	1000-2000	Performance / Durabilité
AEM	3	1000-1500	Performance / Durabilité
PCCEL	2*	NA	Performance / Durabilité

(Actuelles et futures)

Perspectives R&D

- > **Découverte de nouveaux matériaux:** Pour substituer les métaux critiques. L'IA pourrait permettre de modéliser de nouveaux alliages plus économiques et durables.
- > **Amélioration de la durabilité :** Travaux sur la dégradation des membranes et des matériaux catalytiques
- > **Recyclabilité des matériaux:** À l'instar de la filière batterie, nécessité de trouver des moyens de récupérer les métaux qui composent les électrolyseurs

PERSPECTIVES DE MARCHÉ

Vision mondiale

Technologie PEM & ALK

Il n'est pas clair actuellement quelle est la technologie d'électrolyseur qui va s'imposer d'ici 2030 mais les technologies dominantes sont ALK et PEM

\$92 milliards en 2030 (\$2021)

TCAC de 32% au niveau mondial à l'horizon de 2030

Porté par l'IRA et les « Hubs » H₂, les EU représenteront une grande partie du marché

Avec le développement de la banque d'investissement H₂, l'Europe déploie rapidement des capacités

En avance actuellement, l'Asie (Chine + Inde) sera le plus gros manufacturier en 2030 pour soutenir la demande locale

Vision Québec

Stratégie sur l'hydrogène vert et les bioénergies 2022

Le Québec identifie la production d'hydrogène comme une solution visant à décarboner principalement les applications locales (industrie, transport) – pas d'exportations envisagées

Un développement de la production H₂ limité par les capacités électriques

Malgré une pression croissante sur les usages électriques; une partie des capacités délivrées par Hydro-Québec en novembre 2023 concernait des projets H₂

Des projets en cours et une demande qui augmente significativement

Avec les récents projets de production d'hydrogène à large échelle qui se sont vu allouer une partie des capacités électriques nécessaires (TES CANADA – 150 MW, Greenfield – 60 MW, etc.) la demande en électrolyseur est grandissante

Expertise présente au Québec

R&D au niveau des membranes, catalyseurs, des matériaux, de la modélisation numérique et de la recyclabilité des composants (INRS, McGill, UQTR, etc.)

**Toujours en développement, le prix des matériaux composites limite les applications commerciales*

Minéraux critiques et stratégiques

Description des technologies (TRL, barrières, etc.)

Enjeux de R&D

Perspectives de marché au Québec

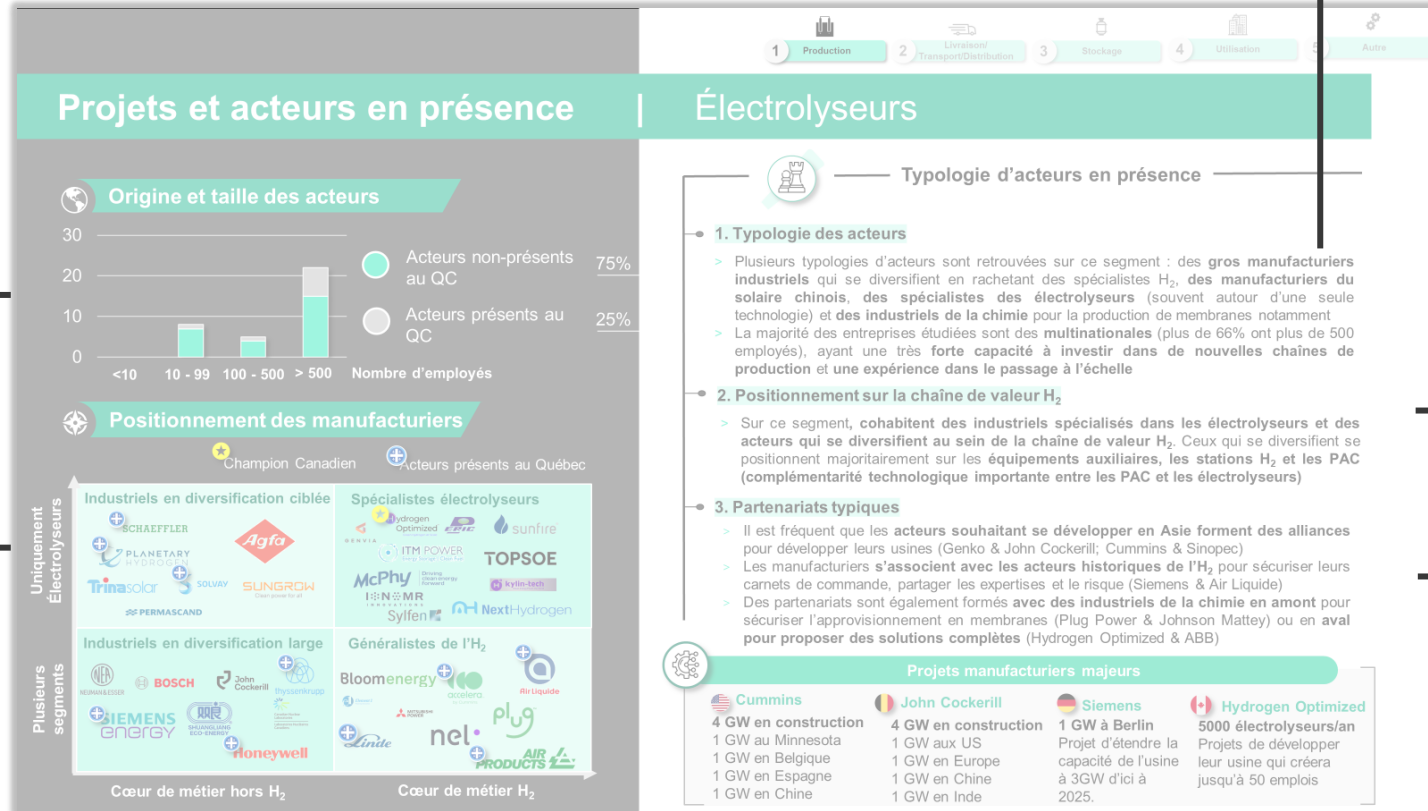
Perspectives de marché mondiales

Fiches techniques par segment | Contenu et aide à la lecture 2/3

Typologie d'acteurs (Cœur de métier etc.)

Nationalité et taille des acteurs

Positionnement des manufacturiers (Spécialisation, diversification etc.)



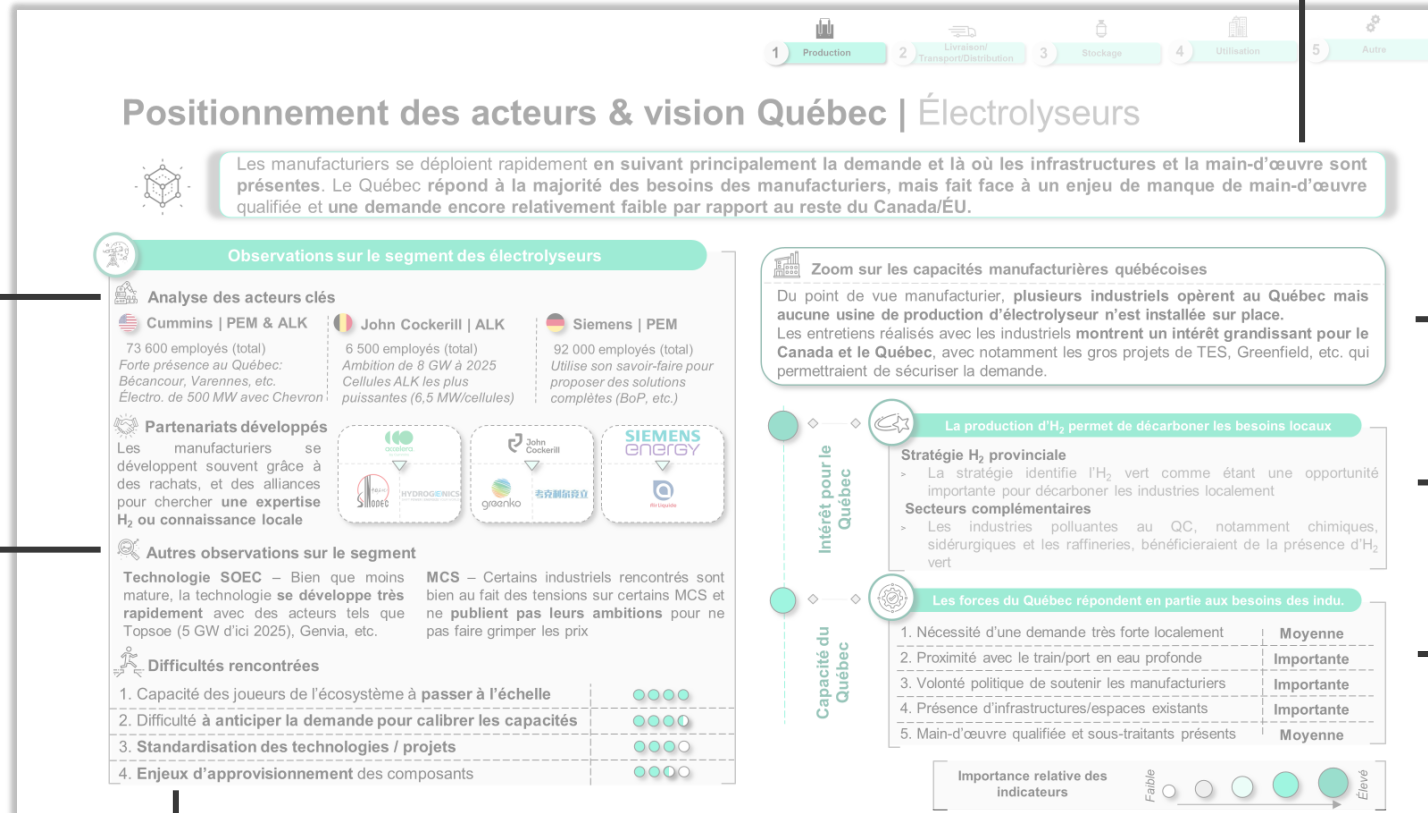
Chaîne de valeur

Partenariats
(Commercialisation, technologie, etc.)

Projets manufacturiers majeurs

Fiches techniques par segment | Contenu et aide à la lecture 3/3

Synthèse positionnement Québec (Valeur ajoutée du segment, etc.)



Analyse détaillée des 3 acteurs clés

Autres points sur le segment
(Points différenciants)

Difficultés rencontrées par les manufacturiers
(Retours des rencontres individuelles)

Développement manuf. au Québec

Intérêt pour le Québec

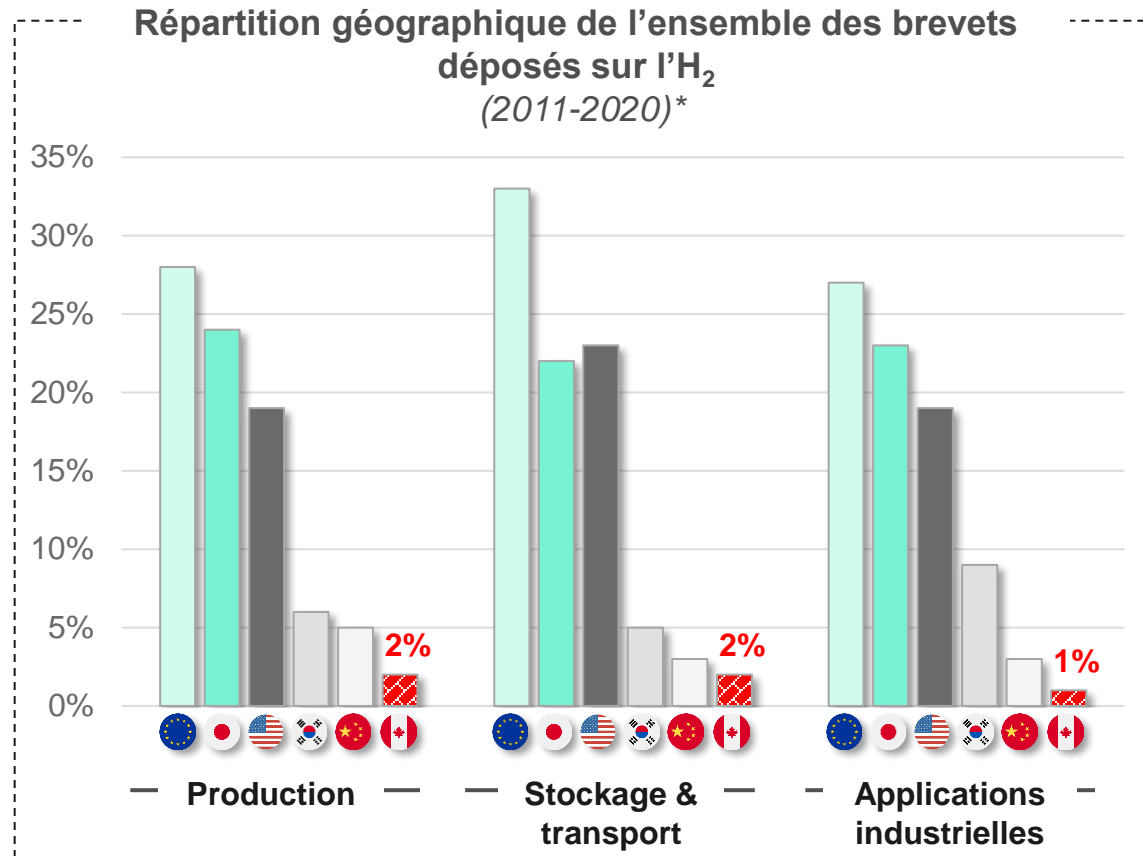
Capacité du Québec

3. Analyse à haut niveau de la propriété intellectuelle

Analyse de la propriété intellectuelle | Vue d'ensemble



Portés par l'engouement lié à la croissance anticipée de l'H₂ vert, **l'Europe, les É-U. et le Japon se sont positionnés en chefs de file de l'innovation** dans ce secteur. L'écosystème – encore émergent – **laisse toute sa place à la recherche et au développement** sur toute la chaîne de valeur : production, transport, distribution, stockage et usages.



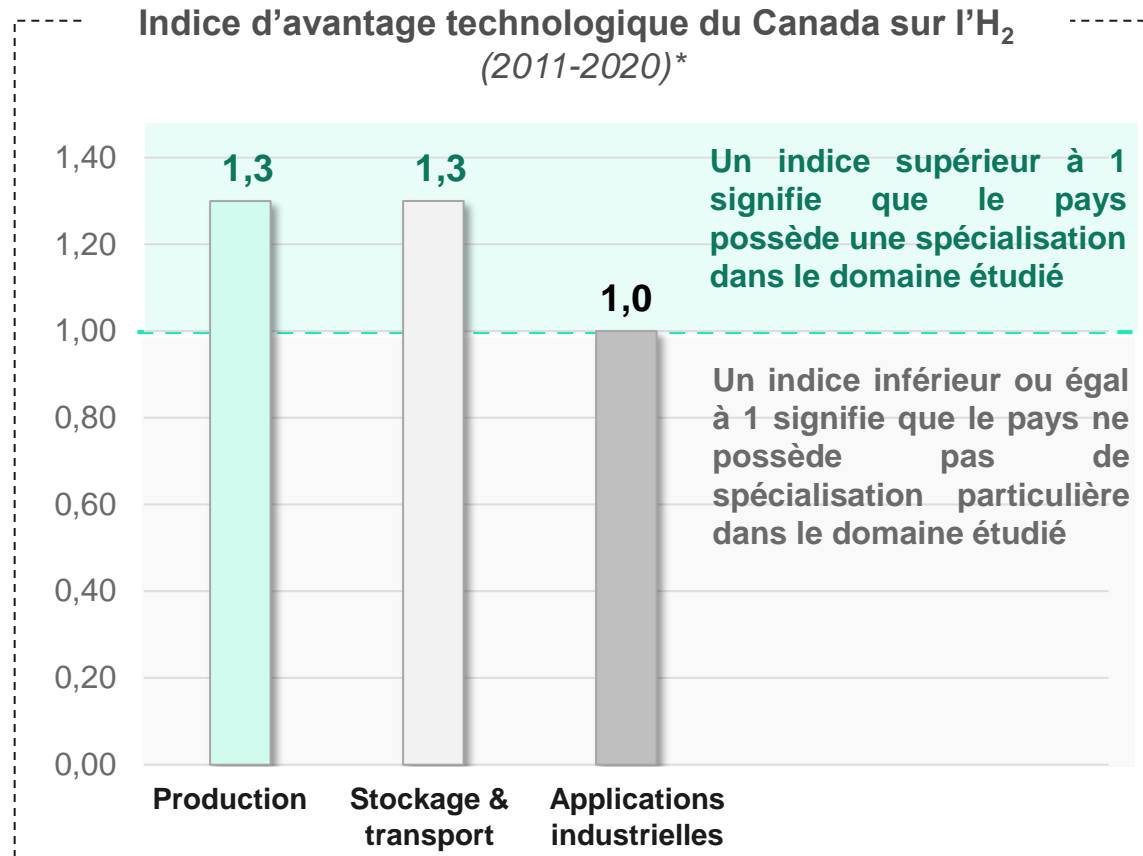
- **Régions les plus dynamiques : Europe** (Allemagne, France et Pays-Bas) et **Japon**
- É-U : représente 20% des brevets mais **seule zone d'innovations majeures dont les dépôts de brevets ont diminué sur les 10 dernières années.**
- Joueurs les plus dynamiques : **industriels de la chimie et des gaz** (Air Liquide, Linde, BASF, etc.), **acteurs du secteur de l'automobile** (Toyota, Hyundai, etc.).
- Brevets déposés : **environ 80% - technologies liées à l'H₂ vert / le 20 % restant se concentre sur des technologies existantes.**
- Quelques pays en dehors des 5 principaux (EU, Japon, É.U., Corée, et Chine) **sont particulièrement dynamiques**: le Royaume-Uni, la Suisse, et le **Canada.**

*Source : Hydrogen Patents for a Clean Energy Future, IEA, 2023

Analyse de la propriété intellectuelle | Synthèse du positionnement du Canada



Bien que devancé par les principales nations motrices de l'écosystème H₂ : Europe, Japon, É.-U., Chine et Corée; le Canada est identifié au niveau international comme **un pôle dynamique et émergent de dépôt de brevets** dans le secteur de l'H₂, au même titre que la Suisse ou le Royaume-Uni.



- **Indice d'avantage technologique** : indicateur développé par l'OCDE pour identifier les spécialisations technologiques d'un pays.
- Rapport entre la part des brevets déposés par un pays dans un domaine particulier sur la part des brevets déposés dans tous les domaines. **Lorsqu'il est supérieur à 1, cela signifie une concentration technologique dans le domaine étudié.**
- L'analyse de cet indicateur permet de **démontrer la place importante que l'H₂ joue dans l'innovation au Canada puisqu'il est supérieur ou égal à 1 sur tous les maillons de la chaîne de valeur.**
- **L'indice d'avantage technologique illustre également le fait que le Canada se spécialise en partie du côté amont de la chaîne de valeur : production et stockage, transport, distribution.**

*Source : Hydrogen Patents for a Clean Energy Future, IEA, 2023

4. Priorisation et étude socio-économique du développement des segments stratégiques

Sélection des segments stratégiques | Méthodologie et résultats



Afin de sélectionner les **4 segments stratégiques pour le Québec**, deux critères ont été retenus: **Intérêt** et **Capacité**. Des scores associés à chacun de ces deux critères ont été évalués. Ces scores correspondent à la moyenne pondérée des notes attribuées à chacun des 8 sous-critères établis. **Les pondérations des sous-critères ainsi que l'assignation des notes ont été élaborées en atelier avec PRIMA et le MEIE.**



Critère #1

Intérêt pour le Québec

Sous critères

1. STRATÉGIE SUR L'H₂ VERT ET LES BIOÉNERGIES
2. CRITICITÉ
3. FACILITÉ À ENTRER SUR LE SEGMENT
4. VALEUR AJOUTÉE



Critère #2

Capacité du Québec

Sous critères

5. CAPACITÉ MANUFACTURIÈRE
6. CAPACITÉ DE R&D
7. DÉPENDANCE AUX MCS PRÉSENTS AU QUÉBEC
8. MATURITÉ PONDÉRÉE DU SEGMENT



ÉLECTROLYSEURS

Fort alignement avec stratégie provinciale, demande locale forte, proximité avec port en eau profonde etc.



PILES À COMBUSTIBLES

Plusieurs applications prioritaires : stockage saisonnier et gestion de pointe, camionnage & expertise R&D forte



RÉSERVOIRS STATIONNAIRES

Consolidation de la chaîne d'approvisionnement, gestion de pointe et stockage, expertise R&D forte



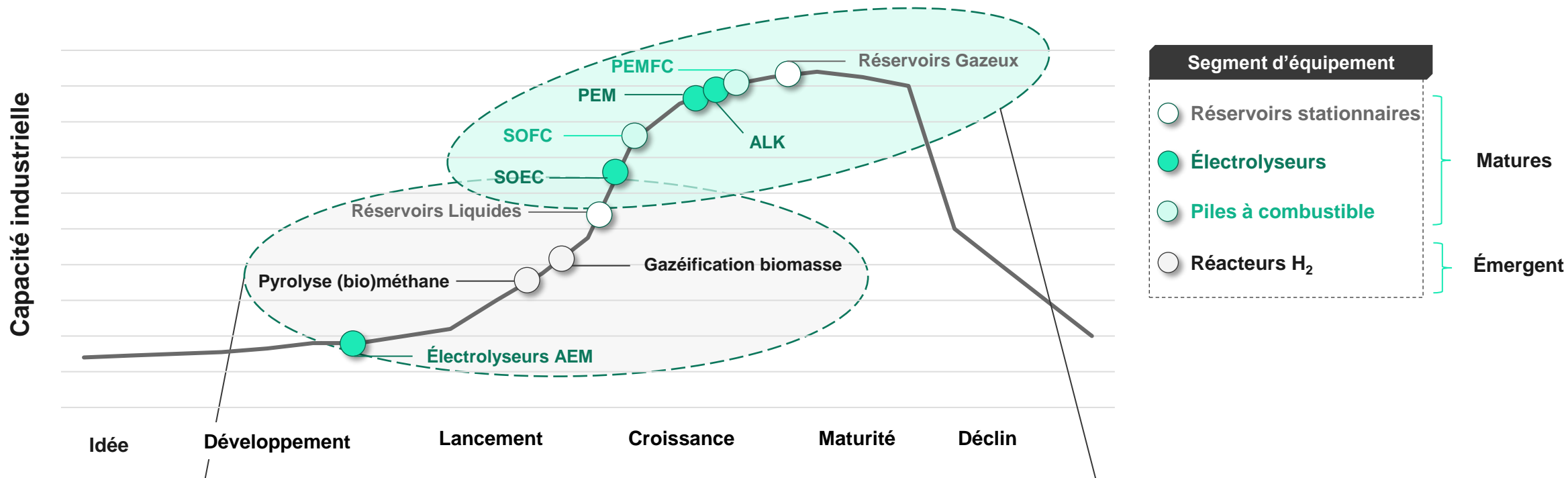
RÉACTEURS H₂

Expertise et propriété intellectuelle forte au QC, complémentarité, marché émergent avec encore de la place

Étude socio-économique | Axe d'analyse selon le degré de maturité techno.



Le degré de maturité des technologies associés aux 4 segments stratégiques retenus ne permet pas le même niveau d'analyse sur les indicateurs socio-économico-environnementaux. Les externalités des segments matures ont été définies avec des indicateurs quantitatifs et celles reliées au segment émergent des réacteurs H₂ sont définies à plus haut niveau, de manière qualitative.











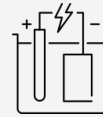


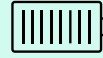
Marché industriel en développement

- Ne permet pas une analyse socio-économique environnementale du développement de la filière
- Ceci concerne le segment émergent des réacteurs H₂

Capacités industrielles suffisamment matures

- Permet une analyse socio-économico-environnementale du développement de la filière
- Ceci concerne les 3 segments matures des électrolyseurs, piles à combustible et réservoirs stationnaires

Étude socio-économique | Synthèse sur les 3 segments matures

	 Besoin de financement	 Besoin en électricité	 Emplois créés	 Salaire moyen	 Type d'emplois	 Revenus gov. Québec	 Émissions GES*	 MCS (Sans unité)	
1 Électrolyseurs <i>Analyse par indicateur</i>	142 M\$/GW	35 MW/GW	450 ETP/GW	66 000\$/an	73% - Technicien 15% - Ingénieur 11% - Support 1% - Vente	90 M\$/an	108 000 ktCO2eq/GW	ALK – 3,2 PEM – 3,3 AEM – 3,1 SOEC – 2,9	
2 PAC <i>Analyse par indicateur</i>	162 M\$/GW	5 MW/GW	323 ETP/GW	72 615\$/an	73% - Tech./sup. 22% - Ingénieur 4% - Doctorant	41 M\$/an	24 000 ktCO2eq/GW	PEMFC 3,5	
3 Réservoirs stationnaires <i>Analyse par indicateur</i>	16 M\$/GWh	0,16 MW/GWh	9 ETP/1000 réservoirs	-	-	-	18 224 ktCO2eq/GWh	Gazeux – 3,3 Liquide – 2,7	
Ref Batteries <i>Analyse par indicateur</i>	144 M\$/GWh	7 MW/GWh	154 ETP/GWh	63 255\$/an	50% - Opérateur 15-25% - Ingénieur 10-20% - Tech./sup. 5-15% - Support	-	13 083 ktCO2eq/GWh	Lithium-ion 3,4	

*Les émissions GES proviennent d'analyses de cycle de vie réalisées sur toute la phase de fabrication des équipements (extraction et transformation des minéraux, assemblage etc.)

5. Synthèse et principaux constats

Synthèse et principaux constats | Conclusion 1/2



Dans un objectif de neutralité et d'objectivité, chaque constat présenté ci-après est étayé par un argumentaire factuel et basé sur l'analyse de l'écosystème et les retours des acteurs interrogés.

CONSTATS

POINTS CLÉS

#1



Le contexte réglementaire actuel favorise le développement de manufacturiers aux É.-U.



- Historiquement, destination privilégiée : Asie
- Réglementations favorables changent la tendance : BAA, IRA, BIL
- Encore de la place/lacunes existantes

#2



Le Québec a la particularité de pouvoir récupérer de la valeur sur toute la chaîne d'approvisionnement



- MCS identifié comme enjeux clé pour les manufacturiers
- Main d'œuvre qualifiée
- Attention toute particulière sur les étapes intermédiaires de production

#3



Les choix technologiques sont clés dans un écosystème manufacturier en développement



- Tout miser sur une seule technologie serait très risqué
- L'innovation collaborative comme levier de développement
- Fenêtre d'opportunité

#4



Le risque d'inadéquation technologique entre les solutions de l'offre et de la demande est fort



- Diversité des innovations, économie fragmentée
- Orienter l'innovation, définir des objectifs/priorités
- Complique la standardisation/fin de vie

Synthèse et principaux constats | Conclusion 2/2



Dans un objectif de neutralité et d'objectivité, chaque constat présenté ci-après est étayé par un argumentaire factuel et basé sur l'analyse de l'écosystème et les retours des acteurs interrogés.

CONSTATS

POINTS CLÉS

#5



Il existe plusieurs synergies technico-économiques entre les segments et la filière batterie.



- Procédés de fabrication parfois très similaires
- Synergies du point de vue de la main d'œuvre et des MCS
- Limite fine entre synergies et compétitions

#6



La capacité et la volonté d'accompagnement des autorités locales sont regardées de près par les manufacturiers



- Financement regardé de près mais pas le seul levier d'action
- Une vision commune sur les investissements directs étrangers profiterait au Québec

#7



La course est lancée et le Québec dispose d'atouts stratégiques pour se positionner



- Sur les segments matures, manufacturiers en position de force
- Larges investissements déjà annoncés mais fenêtre encore ouverte
- Marchés stratégiques émergents résonnent avec les atouts du Québec

#8



L'absence de signal clair des politiques actuelles freine l'implantation des manufacturiers



- Rationnel principal : confiance envers la demande locale
- Politique industrielle pour compléter une vision existante
- Clarification des standards et technologies stratégiques

SIAPARTNERS

PRIMA 

Les matériaux pour avancer

Merci !
Questions?