

Louvain School of Management

Analyse de la position des parties prenantes de la transition vers l'hydrogène en Union européenne

Auteur : Alexis Michielsens
Promoteur : Jean-Christophe Defraigne
Année académique 2022-2023
Travail de fin d'études (TFE) en vue d'obtenir le titre de
Master en Ingénieur de Gestion
Horaire de jour

Remerciements

En préambule, je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers les personnes qui ont contribué de manière significative à l'élaboration de ce travail.

Tout d'abord, je tiens à remercier mon promoteur, le Prof. Jean-Christophe Defraigne, pour son accompagnement tout au long de ma démarche.

Ensuite, je tiens également à exprimer ma reconnaissance envers les membres du Conseil européen, de la Commission européenne et du ministère fédéral belge de l'énergie pour le temps qu'ils m'ont accordé.

Mes remerciements vont également à M. Jean-François Plucker, président de Kirkpatrick, pour ses conseils dans le domaine de la propriété intellectuelle ainsi qu'à M. Mauro Mallone, Directeur général des incitations énergétiques au ministère italien de l'Environnement et de la Sécurité énergétique pour avoir partagé son expertise sur la position de l'Italie par vis-à-vis de l'hydrogène.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers M. Philippe Busquin, ancien Commissaire européen à la Recherche, à l'Innovation et à la Science, M. Frédéric Lavy, membre de la représentation permanente de la Belgique à l'Union européenne et M. Bart Biebuyck, directeur exécutif de du Clean Hydrogen Partnership pour leurs précieux conseils dans démarche et les informations qu'ils m'ont fourni sur la situation actuelle de l'hydrogène dans l'Union européenne.

Enfin, je tiens à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien sans faille tout au long de mes études.

Table des matières

1	Introduction	1
2	Revue de littérature	3
2.1	La transition énergétique	3
2.2.	L'avènement politique de l'hydrogène en Union européenne	4
2.3.	L'intérêt pour l'hydrogène.....	10
2.4.	Economie politique de l'hydrogène	15
2.5.	Secteurs premiers à haut potentiel pour l'hydrogène	19
2.6.	Question de recherche	21
3	Méthodologie de recherche	22
3.1.	Démarche	22
3.2.	L'analyse des parties prenantes	27
3.3.	Limitations	28
4.	Analyse générale.....	30
4.1.	Analyse du capital à risque privé par pays	30
4.2.	Entreprises nationales.....	31
4.3.	Dépenses publiques dans la R&D de l'hydrogène et des piles à combustible	33
4.4.	Dépôts de brevet dans le domaine de l'hydrogène	34
4.5.	Puissance planifiée d'électrolyse en 2030	36
5.	Analyse des parties prenantes.....	38
5.1.	Entreprises.....	38
5.1.1.	Mobilité	41
5.1.2.	Energie.....	46
5.1.3.	Chimie.....	50
5.1.4.	Sidérurgie	51

5.2.	Législateur.....	54
5.2.1.	Forte implication	56
5.2.2.	Implication modérée à tendance croissante.....	68
5.2.3.	Implication modérée à tendance décroissante	71
5.2.4.	Peu ou pas d'implication	72
5.3.	Société civile	72
5.3.1.	Opinion publique	72
5.3.2.	Organisations non gouvernementales.....	74
6.	Conclusion et discussion	76
6.1.	Résultats de l'analyse	76
6.2.	Discussion des résultats et défis à venir	78
6.3.	Voies à explorer	80
7.	Bibliographie	82
8.	Annexes.....	100
8.1.	Engagement des pouvoirs publics des pays < 2,5 % de la population de l'UE.....	100
8.1.1.	Forte implication	100
8.1.2.	Implication modérée à tendance croissante.....	101
8.1.3.	Implication modérée à tendance décroissante	103
8.1.4.	Peu ou pas d'implication	104
8.2.	Figures & tableaux.....	104
8.3.	Retranscription des interviews.....	116
8.3.1.	Officiel Commission européenne – Commissariat à l'énergie	116
8.3.2.	Officiel du Conseil européen	125
8.3.3.	Collaborateur de Tinne Van der Straeten, ministre fédérale belge de l'énergie	

8.3.4.	Jean-François Plucker, président Kirkpatrick	143
8.3.5.	Philippe Busquin, ancien Commissaire européen à la recherche, les sciences et l'innovation	150
8.3.6.	Mauro Mallone, directeur général des incitations énergétiques au ministère italien de l'environnement et de la sécurité énergétique	161

Liste des figures

Figure 1 — Prévision de la consommation d'hydrogène propre par l'industrie de l'UE en 2030	21
Figure 2 - Démarche pour les entreprises de l'UE.....	24
Figure 3 — Démarche pour les entreprises étrangères (hors UE)	25
Figure 4 - Moyenne d'investissement privé capital à risque dans l'hydrogène en % du PIB (2018-2022)	31
Figure 5 - Dépôts de brevet dans l'hydrogène, par domaine d'application	36
Figure 6 - Longueur du réseau ferroviaire non-électrifié (2021).....	45
Figure 7 - Production d'acier brut (2021)	52
Figure 8 - Potentiel de production d'énergie renouvelables (TWh)	104
Figure 9 - Puissance planifiée d'électrolyse en 2030 (GW)	104
Figure 10 - Production de poids lourds et bus (2021)	105
Figure 11 - Nombre de stations de ravitaillement d'hydrogène par pays (2022)	105
Figure 12 - Transport routier de marchandises (2021)	106
Figure 13 - Chiffre d'affaires de l'industrie chimique UE (2021)	106
Figure 14 - Projets de production d'acier avec de l'hydrogène bas carbone d'ici 2030.....	107
Figure 15 - Investissement dans le cadre de projets du Clean Hydrogen Partnership.....	107

Liste des tableaux

Tableau 1 - Investissement privé en capital à risque dans l'hydrogène (2018-2022)	30
Tableau 2 - Nationalité des entreprises différentes du siège social	32
Tableau 3 - Entreprises nationales par pays	33
Tableau 4 - Dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible.....	33
Tableau 5 - Entreprises de l'UE ayant déposé le plus de brevets dans le domaine de l'hydrogène.....	35
Tableau 6 - Dépôt de brevet dans le domaine de l'hydrogène en UE-27 (2012 – 2021)	36
Tableau 7 – Partenariat ou investissement conjoint entre les entreprises de l'UE à haut potentiel d'hydrogène	40
Tableau 8 - Entreprises automobiles de l'UE membres des groupements d'hydrogène	42
Tableau 9 - Constructeurs ferroviaires de l'UE membres des groupements d'hydrogène	45
Tableau 10 - Entreprises énergétiques de l'UE membres des groupements d'hydrogène	47
Tableau 11 - Entreprises chimiques de l'UE membres des groupements d'hydrogène.....	51
Tableau 12 - Entreprises sidérurgiques de l'UE membres des groupements d'hydrogène	52
Tableau 13 — Nombre de projets soutenus par des aides d'État	55
Tableau 14 - Engagement des États membres vis-à-vis de l'hydrogène.....	78
Tableau 15 - Annonces nationales sur l'hydrogène.....	108
Tableau 16 - Entreprises allemandes actives dans les secteurs à haut potentiel	109
Tableau 17 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Allemagne	109
Tableau 18 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en Allemagne (autres secteurs)	110
Tableau 19 - Entreprises françaises actives dans les secteurs à haut potentiel.....	110
Tableau 20 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en France ...	111
Tableau 21 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en France (autres secteurs)	111
Tableau 22 - Entreprises espagnoles actives dans les secteurs à haut potentiel.....	111
Tableau 23 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Espagne	111
Tableau 24 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en Espagne (autres secteurs)	112

Tableau 25 - Entreprises hollandaises actives dans les secteurs à haut potentiel	112
Tableau 26 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel aux Pays-Bas	112
Tableau 27 - Entreprises belges actives dans les secteurs à haut potentiel	112
Tableau 28 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Belgique	112
Tableau 29 - Entreprises avec des activités hydrogène en Belgique (autres secteurs).....	113
Tableau 30 - Entreprises italiennes actives dans les secteurs à haut potentiel	113
Tableau 31 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Italie.....	113
Tableau 32 - Entreprises avec des activités hydrogène en Italie (autres secteurs).....	113
Tableau 33 - Entreprises polonaises actives dans les secteurs à haut potentiel.....	114
Tableau 34 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Pologne.	114
Tableau 35 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en Pologne (autres secteurs)	114
Tableau 36 - Démographie des Etats membres.....	115

Liste des abréviations

CAGR	Compound annual growth rate
CSC	Captage et stockage du carbone
CUC	Captage et utilisation du carbone
FCHO	Fuel Cells and Hydrogen Observatory
IEA	Agence internationale de l'énergie
IPCEI	Projets Importants d'Intérêt Européen Commun
IRENA	Agence internationale pour les énergies renouvelables
LNG	Gaz naturel liquéfié
ICE	Moteur à combustion interne
Mio EUR	Million d'euro
Mrd EUR	Milliard d'euro
ONG	Organisation non gouvernementale
PAC	Pile à combustible
PIB	Produit intérieur brut
IPCEI	Projets importants d'intérêt européen commun
R&D	Recherche et développement
RTE-T	Réseau transeuropéen de transport
RTE-E	Réseau transeuropéen d'énergie
TFUE	Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne
TUE	Traité de l'Union européenne
UE	Union européenne
VCI	Verband der Chemischen Industrie

1 Introduction

L'hydrogène, en tant que vecteur énergétique propre, offre un potentiel considérable pour décarboner nos sociétés et contribuer à l'atteinte des objectifs ambitieux en matière de lutte contre le changement climatique. L'Union européenne est la région du monde la plus innovante en matière d'hydrogène.

L'objectif du présent mémoire est de comprendre la dynamique et les intérêts des parties prenantes de la transition vers l'hydrogène, en Union européenne. Le travail est structuré en plusieurs parties.

Pour commencer, la revue de littérature pose des bases théoriques en définissant les enjeux liés à l'hydrogène en UE, ainsi que les parties prenantes.

Nous présentons ensuite une méthodologie de recherche et d'analyse rigoureuse, en plusieurs étapes. Tout d'abord, nous identifions les acteurs clés de cette transition, qu'il s'agisse des gouvernements nationaux, des acteurs du secteur privé, des organisations non gouvernementales ou d'autres entités. Par la suite, nous analysons leur point de vue et leur niveau de proactivité par rapport à l'hydrogène, au travers d'indicateurs économiques, du potentiel des applications de l'hydrogène, et des annonces en la matière.

Nous poursuivons par une analyse économique générale dans laquelle nous abordons les investissements privés en capital à risque et les dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible. Nous abordons également les dépôts de brevet et la puissance planifiée d'électrolyse en 2030.

Nous continuons avec l'analyse des parties prenantes : les entreprises, les pouvoirs publics et la société civile.

L'analyse des entreprises se focalise sur les secteurs d'activités difficiles à décarboner, où l'hydrogène possède le plus haut potentiel. Ces domaines incluent la mobilité poids lourd et ferroviaire, l'énergie, la chimie et la sidérurgie. Nous nous appuyons sur la liste des membres de l'association Hydrogen Europe et celle de l'alliance industrielle European Clean Hydrogen Alliance, qui rassemblent les principaux acteurs économiques, académiques et de la société civile de l'Europe.

L'analyse des pouvoirs publics, quant à elle, se concentre sur les États membres de l'Union européenne dont la population représente au moins 2,5 % de la population totale de l'Union européenne. Nous examinons, en outre, l'attitude des pouvoirs publics sous l'angle de l'économie politique, tout en reconnaissant l'interconnexion étroite entre ces derniers et les acteurs économiques.

L'analyse de la position de la société civile vient terminer l'analyse des parties prenantes. Nous prenons en compte l'opinion publique et les organisations non gouvernementales pour comprendre la position de la société civile vis-à-vis de l'hydrogène.

Pour conclure, nous terminons par une synthèse des résultats de notre analyse, synthèse que nous mettons en perspective en discutant les résultats et défis à venir. Enfin, nous proposons des pistes d'exploration afin d'affiner notre diagnostic.

Notre recherche se heurte cependant à des limitations, notamment l'accès restreint aux dépenses en recherche et développement des entreprises dans le domaine de l'hydrogène. Malgré ces défis, nous nous efforçons de fournir une analyse approfondie et nuancée de la position des parties prenantes dans la transition vers l'hydrogène, en Union européenne.

L'ensemble de ce mémoire est rédigé afin d'amener le lecteur vers une compréhension globale de l'émergence de l'hydrogène en Union européenne et vise, plus précisément, à répondre à la question suivante :

Quelles sont les parties prenantes de la transition énergétique vers l'hydrogène en Union européenne et quel est leur point de vue par rapport à celle-ci ?

2 Revue de littérature

2.1. La transition énergétique

Le dernier rapport du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) souligne qu'il est plus que jamais nécessaire de s'atteler au changement climatique. Hydrogen Council & McKinsey (2022) détaillent que 131 pays, qui représentent 90 % du PIB mondial, se sont engagés dans des objectifs de neutralité carbone. La transition énergétique constitue un élément essentiel pour atteindre cette neutralité (Markard & Rosenbloom, 2022).

La pandémie de COVID-19 et la récession économique qui a suivi ont accentué l'importance de la transition énergétique. Le secteur de l'énergie émet 73 % des gaz à effet de serre au niveau mondial (Organisation des Nations Unies, s.d.). Cette crise mondiale a perturbé les chaînes d'approvisionnement en énergie et réduit la demande, tandis que la récession économique a entraîné une baisse des investissements dans les infrastructures énergétiques (Patrahau, Rademaker, van Geuns, Ojokwu, & Geurts, 2022).

L'hydrogène constitue un élément clé pour accélérer la transition énergétique. Les tendances politiques et économiques mondiales influencent positivement le déploiement de l'hydrogène (Lebrouhi, Djoupo, Lamrani, Benabdelaziz, & Kousksou, 2022).

L'hydrogène à l'international

L'hydrogène suscite de l'intérêt dans plusieurs zones géographiques. Ainsi, Scita, Paolo Raimondi & Noussan (2020) détaillent que le Japon, la Corée du Sud, l'Australie et l'Union européenne (UE) sont les pionniers dans l'hydrogène bas carbone. En 2022, les États-Unis ont pris des mesures très favorables en faveur de l'hydrogène dans le cadre de l'Inflation Reduction Act (Patrahau, van Geuns, & Rademaker, 2023). De plus, plusieurs régions avec un haut potentiel d'énergie renouvelable et, par conséquent, d'hydrogène vert se projettent comme exportateurs d'hydrogène. C'est notamment le cas en Amérique du Sud, comme au Chili, ou au nord de l'Afrique, comme au Maroc (Sadik-Zada, 2021). Toutefois, Hydrogen Council & McKinsey (2022) indiquent que la région la plus active dans l'hydrogène en termes d'investissements demeure l'Europe.

La guerre en Ukraine et la volonté de l'UE de se passer d'énergie fossile russe ont, en outre, davantage accentué l'intérêt européen pour l'hydrogène (IEA, 2022).

2.2. L'avènement politique de l'hydrogène en Union européenne

Le Clean Hydrogen Partnership, anciennement Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking, est un partenariat public-privé créé en 2008. Il comprend la Commission européenne, des acteurs industriels et la communauté scientifique. Ce partenariat est la concrétisation du groupe de haut niveau lancé en 2003 par la Commission européenne pour coordonner la recherche et le développement (R&D) des technologies des piles à combustible et de l'hydrogène (Clean Hydrogen Partnership, s.d.).

L'objectif du Clean Hydrogen Partnership est de commercialiser les technologies des piles à combustible et de l'hydrogène afin de faire de l'Europe un leader mondial dans ce domaine tout en créant des emplois. Il disposait d'un budget de 940 millions d'euros (Mio EUR) de 2008 à 2013 et de 1,3 milliard d'euros (Mrd EUR) de 2014 à 2021 (Clean Hydrogen Partnership, s.d.).

Les institutions de l'UE concernées par l'hydrogène

Les institutions de l'Union européenne (UE) qui traitent de l'hydrogène sont au nombre de 4 : le Conseil européen, la Commission européenne, le Conseil de l'Union européenne ou Conseil des ministres et le Parlement européen.

Le Conseil européen est une institution majeure de l'Union européenne. Bien qu'il n'adopte pas de législation officielle, il joue un rôle important dans la prise de décisions politiques et stratégiques ainsi que dans la coordination des politiques des États membres. Les dirigeants de l'Union européenne discutent des sujets prioritaires et essaient de parvenir à un accord sur les mesures à prendre. Les conclusions du Conseil européen servent de guide politique aux autres institutions de l'Union européenne, comme la Commission européenne et le Parlement européen (Bache, Bulmer, & Parker, 2020). Le Conseil européen se réunit pour élaborer les politiques énergétiques et climatiques de l'UE, en ce compris l'hydrogène. Cette molécule constitue un élément important dans la stratégie de diminution de gaz à effet de serre de l'UE, notamment dans le secteur de l'énergie, de l'industrie et du transport (Conseil européen, 2022).

La Commission européenne constitue la branche exécutive de l'UE. Elle jouit d'un droit d'initiative pour proposer des textes législatifs dans un large éventail de domaines politiques. Le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne peuvent demander à la Commission de proposer des projets législatifs. Les citoyens de l'UE peuvent également

appeler la Commission à proposer des actes par le biais de l'initiative citoyenne européenne (EUR-Lex, s.d.). Ainsi, le paragraphe 2 de l'article 17 du Traité sur l'Union européenne statue qu'« un acte législatif de l'Union ne peut être adopté que sur proposition de la Commission, sauf dans les cas où les traités en disposent autrement ». C'est donc la Commission qui propose des actes législatifs concernant l'hydrogène.

Le Conseil de l'Union européenne, aussi appelé Conseil des ministres, réunit les ministres des États membres de l'UE par secteur d'activité. Il exerce, avec le Parlement européen, les fonctions législatives et budgétaires (Hayes-Renshaw, 2017). Il statue, dans la plupart des cas, à la majorité qualifiée. Comme spécifié par le paragraphe 4 de l'article 16 du Traité de l'Union européenne (TUE) et par le paragraphe 3 de l'article 238 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE), la majorité qualifiée se définit comme étant égale à au moins 55 % des membres du Conseil, soit minimum quinze États membres, représentant au moins 65 % de la population de l'UE (Conseil de l'Union européenne, s. d.).

Le Parlement européen est le seul organe de l'Union européenne directement élu. Il exerce un pouvoir législatif partagé avec le Conseil de l'Union européenne. Le traité de Lisbonne a renforcé le rôle du Parlement européen en le plaçant sur un pied d'égalité avec le Conseil de l'Union européenne (Häge, 2012). Il dispose également d'une responsabilité dans l'adoption du budget de l'UE, conjointement avec le Conseil (Shackleton, 2017).

Le processus d'adoption des actes législatifs au niveau de l'Union est connu sous le nom de procédure législative ordinaire. Il a été établi par le traité de Lisbonne. La procédure législative ordinaire se distingue par l'égalité d'adoption des actes législatifs par le Parlement européen et le Conseil de l'UE. La Commission européenne présente une proposition législative qui est envoyée au Parlement et au Conseil en même temps. Elle s'attend à trois lectures au maximum. À chaque lecture, les colégislateurs peuvent convenir d'un texte commun, mettant ainsi un terme à la procédure (Parlement européen, s.d.). Cette procédure se base sur les articles 289 et 294 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne.

Broniecki (2018) compare ainsi la codécision des deux institutions à un système bicaméral tel qu'il existe aux États-Unis et en Allemagne. Cependant, Creel, Leron, Ragot et Saraceno (2021) notent le Parlement demeure dans certains cas dépendant du Conseil de l'UE.

Le Conseil de l'UE peut également légiférer seul sur une proposition de la Commission, mais le Parlement européen reste impliqué. Cette législation peut se faire de 2 manières. Dans le premier cas, le Parlement européen peut accepter ou rejeter la proposition législative du Conseil à majorité absolue, mais ne peut pas la modifier. Dans le second cas, le Parlement a le pouvoir d'accepter ou de rejeter la proposition législative du Conseil, ou de proposer des amendements (Hodson & Peterson, 2017).

La croissance des ambitions

En 2019, Le Conseil européen est parvenu à un accord sur un programme visant, entre autres, à « construire une Europe neutre pour le climat, verte, équitable et sociale » (Conseil européen, 2019) pour les cinq prochaines années. En 2020, le Conseil adoptait des conclusions encourageant la Commission européenne à élaborer une feuille de route ambitieuse pour l'hydrogène, en se concentrant sur des objectifs tels que l'installation d'au moins 6 GW d'électrolyseurs produisant de l'hydrogène renouvelable d'ici 2024, et de 40 GW d'ici 2030. L'accent devrait être mis sur l'efficacité énergétique et l'électrification des sources renouvelables. Les conclusions soulignent également l'importance d'encourager les investissements et de créer des conditions équitables pour l'hydrogène renouvelable, en ce compris une révision du système d'échange de quotas d'émissions de gaz à effet de serre de l'UE et des règles relatives aux aides d'État. Le Conseil souhaite également une approche globale de planification des réseaux pour tous les vecteurs énergétiques et encourage la création d'un réseau de distribution spécialisé pour l'hydrogène. Le Conseil soutient l'établissement de pôles d'hydrogène dans toute l'Union européenne, en particulier pour les secteurs d'utilisation finale qui sont difficiles à décarboner (Conseil européen, 2020).

Le pacte vert pour l'Europe

La transition énergétique est un enjeu majeur pour l'Union européenne en raison des défis posés par l'urgence climatique. Fin 2019, La Commission européenne a présenté le pacte vert pour l'Europe (Green Deal), une feuille de route afin de transformer l'Europe en une économie neutre en carbone d'ici 2050. Ce plan global a pour but de concilier les objectifs de développement économique et de protection de l'environnement. La stratégie de l'hydrogène pour une Europe climatiquement neutre proposée en 2020 par la Commission est un élément crucial du Green Deal, car il s'agit d'un outil essentiel pour intégrer le système énergétique

européen et atteindre les objectifs de décarbonisation et de neutralité climatique fixés par l'Union européenne (Barnes, & Yafimava, 2020). Elle envisage également l'établissement de quotas ou de parts minimales dans certains secteurs d'utilisation finale, tels que l'aviation ou le secteur maritime, pour soutenir les carburants à faible teneur en carbone (Barnes, & Yafimava, 2020). Ces quotas font l'objet d'un accord provisoire entre le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne depuis fin mars 2023 (Conseil de l'Union européenne, 2023).

Cette stratégie met l'accent sur l'hydrogène renouvelable, mais reconnaît également que d'autres formes d'hydrogène bas carbone joueront un rôle à court et à moyen terme (Barnes, & Yafimava, 2020). Pour atteindre ces objectifs ambitieux, l'UE a, dans un premier temps, prévu d'installer une puissance d'électrolyseur de 40 GW d'ici 2030.

De plus, la stratégie industrielle de l'UE de 2020 définie par la Commission donne la priorité aux nouvelles alliances dans le domaine de l'hydrogène propre. Il s'agit d'un élément crucial de l'agenda de croissance de l'UE 2019-2024, qui a été transféré dans le plan de relance post-crise COVID-19 NextGenerationEU (Hofhuis, 2020).

En juillet 2021, la Commission a présenté son plan Ajustement à l'objectif 55 (Fit for 55) pour mettre en pratique la feuille de route qu'est le Green Deal. Ce plan vise à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030 (Ansari, Grinschgl, & Pepe, 2022). Il prévoit de réviser le système d'échange de quotas d'émissions de l'UE (EU ETS) introduit en 2005 en augmentant le nombre de secteurs concernés par le système européen d'émissions, d'augmenter non seulement le prix des émissions de gaz à effet de serre, mais aussi la part d'énergies renouvelables dans le mix énergétique de l'UE à 40 %, et de réduire les émissions du secteur du transport. Plusieurs aspects du plan Fit for 55 ont été adoptés en 2023 par le Conseil de l'Union européenne, notamment le déploiement de stations de ravitaillement en hydrogène, dès 2030, dans tous les nœuds urbains et tous les 200 km le long du réseau transeuropéen de transport (Conseil de l'Union européenne, 2023). « Les réseaux transeuropéens de transport (RTE-T) concernent les projets d'intérêt commun visant à créer de nouvelles infrastructures de transport ou à moderniser celles qui existent déjà, afin de combler les écarts, supprimer les goulets d'étranglement et éliminer les barrières techniques aux flux de transport entre les États membres de l'Union européenne (UE) » (Eur-lex, s. d.).

Le Conseil des ministres a également convenu que d'ici 2030, 42 % et d'ici 2035, 60 % de l'hydrogène utilisé dans l'industrie devraient provenir de sources renouvelables non biologiques. De même, le Conseil et le Parlement européen sont parvenus à un accord provisoire statuant d'un objectif contraignant de 1 % de carburants renouvelables d'origine non biologique (principalement l'hydrogène renouvelable et les carburants de synthèse à base d'hydrogène) dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports d'ici 2030 (Conseil de l'Union européenne, 2023).

Toujours dans le cadre du plan Fit for 55, la Commission a proposé une révision de la réglementation entourant le gaz au travers du Paquet européen sur l'hydrogène et le gaz décarboné (EU Hydrogen and Decarbonised Gas Market Package), présenté fin 2021 par la Commission européenne. Il vise à créer un cadre réglementaire pour le développement d'un marché de l'hydrogène à faible teneur en carbone et renouvelable (Vivanco-Martin, & Iranzo, 2023). Barnes (2023) souligne que le succès du Paquet dépendra de plusieurs facteurs, notamment de l'efficacité des États membres à élaborer leurs propres politiques pour atteindre les objectifs, de la capacité des nouvelles réglementations à faire face aux différentes possibilités de développement et des défis liés à la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement en hydrogène.

Le Conseil des ministres a fixé sa position sur la proposition en 2023, en ajoutant quelques modifications. C'est notamment le cas de l'apparition de la notion d'hydrogène « bas carbone », qui concerne l'hydrogène produit à partir d'énergie nucléaire ou avec capture et stockage de carbone (CSC). Le Paquet européen sur l'hydrogène et le gaz décarboné font actuellement l'objet de négociations entre le Parlement européen et le Conseil de ministres (Conseil de l'Union européenne, 2023).

Le plan REPowerEU

En outre, l'éclatement de la guerre en Ukraine en 2022 et la volonté des pouvoirs publics de réduire la dépendance de l'UE à l'égard des combustibles fossiles russes ont encore accentué l'importance de la transition énergétique (IEA, 2022). Cette volonté s'est traduite par le plan REPowerEU visant à renforcer l'indépendance stratégique de l'UE dans le domaine de l'énergie, à soutenir la transition vers l'énergie propre et à rassembler les efforts pour créer un système énergétique plus robuste (Fulwood, Honoré, Sharples, & Hall, 2022).

Tandis que la stratégie 2020 de l'UE pour l'hydrogène prévoyait une consommation d'hydrogène renouvelable de 10 millions de tonnes par an d'ici 2030, le nouveau programme de la Commission REPowerEU porte cet objectif à 20 millions, dont 10 importées sous forme d'hydrogène et d'ammoniac (Barnes, 2023). À court terme, ce programme repose sur l'augmentation des importations de gaz naturel liquéfié (GNL) et, dans un second temps, sur l'accroissement de la production et de la consommation d'hydrogène et de biométhane (Patrahau, Rademaker, van Geuns, Ojokwu, & Geurts, 2022). Il repose sur un plan d'investissements de 300 milliards d'euros pour accélérer la décarbonisation (Coninx, & van Loon, 2022).

La première version du plan Fit for 55 prévoyait une puissance d'électrolyseur de 40 GW en 2030 (Hydrogen Europe, 2021). Cette estimation a été revue à 120 GW en 2022 dans le cadre de REPowerEU, afin de produire annuellement 10 millions de tonnes (Ansari, Grinschgl, & Pepe, 2022). En effet, le plan REPowerEU prévoit que 3 grands corridors d'importation d'hydrogène seront développés en Méditerranée, dans la région de la mer du Nord et, lorsque les conditions le permettront, en Ukraine, qui dispose d'un potentiel élevé de production d'énergie renouvelable (Commission européenne, 2022). Un autre exemple est le nord de l'Afrique, considéré comme partenaire de choix pour importer de l'hydrogène vert compétitif (Leonard, Pisani-Ferry, Shapiro, Tagliapietra, & Wolff, 2021). Le Moyen-Orient, le golfe Persique, le Chili, les États-Unis et l'Australie se présentent également comme des fournisseurs potentiels d'hydrogène (Alsulaiman, 2023). Par ailleurs, Bianco (2023) suggère qu'un partenariat entre l'UE et les États du Golfe constituerait un accélérateur indispensable au développement de la technologie de l'hydrogène.

La politique de l'UE concernant les futures importations d'hydrogène mentionne que l'hydrogène sera acheminé soit par des pipelines d'hydrogène sous pression, soit par l'expédition d'hydrogène sous forme d'ammoniac ou de produits dérivés. L'analyse comparative d'Alsulaiman (2023) statue que les pipelines seraient la solution la plus économique pour les distances courtes à moyennes.

Le rapport de l'Oxford Institute for Energy Studies (2023) mentionne que la manière dont les producteurs seront incités à atteindre ces objectifs n'est pas très claire. Certaines initiatives ont été annoncées, notamment l'appel d'offres allemand H2Global pour les importations

d'ammoniac, la mise à disposition de 3 milliards d'euros par l'intermédiaire de la Banque européenne de l'hydrogène et l'inclusion de l'hydrogène dans les « projets importants d'intérêt européen commun » (IPCEI).

La Commission européenne a annoncé la création d'une banque de l'hydrogène en septembre 2022. Ce projet prévoit un financement d'environ 3 milliards d'euros qui sera administré par le Fonds pour l'innovation. La phase pilote de la Banque de l'hydrogène devrait débuter au troisième trimestre 2023, en vue de couvrir l'écart de coût entre l'hydrogène produit à partir d'énergie renouvelable et l'hydrogène produit à partir de gaz naturel dans l'UE (Oxford Institute for Energy Studies, 2023).

2.3. L'intérêt pour l'hydrogène

Le rapport sur l'avenir de l'hydrogène publié par l'Agence internationale de l'énergie (IEA) en juin 2019 a souligné l'intérêt croissant pour l'hydrogène en tant que voie potentielle vers un avenir sans émissions de carbone. Depuis lors, un grand nombre de projets flambant neufs ont été lancés et de nombreux programmes d'investissement ont été annoncés. Un exemple en est le fonds de 9 milliards d'euros consacré à l'hydrogène dans le cadre de l'effort de relance COVID-19 entrepris par le gouvernement allemand (Kaeckenhoff, Steitz, & Taylor, 2020). En 2022, le gouvernement français a annoncé consacrer 2,1 Mrd EUR qui viendront compléter les 3,2 Mrd EUR d'euros d'investissements privés dans l'hydrogène (Gouvernement français, 2022).

L'Union européenne considère l'hydrogène renouvelable comme un élément clé pour remplacer le gaz naturel, le charbon et le pétrole dans les industries et les transports difficiles à décarboniser. De plus, la Commission européenne mentionne que la plupart des nouvelles usines à gaz seront compatibles avec l'hydrogène.

La crise énergétique qui a suivi la guerre en Ukraine a encore augmenté l'intérêt pour l'hydrogène, l'Union européenne désirant s'affranchir de gaz russe et gagner en indépendance tout en verdissant son mix énergétique (FuelCellworks, 2022 ; Iverson, 2022).

Ces dernières années, l'hydrogène a suscité beaucoup d'intérêt. La première chose à garder à l'esprit est que l'hydrogène n'est pas une source d'énergie en soi, mais plutôt un vecteur de cette énergie. À cet égard, l'hydrogène est plus analogue à l'électricité qu'au pétrole brut ou

au gaz naturel. Il existe cependant des réserves naturelles d'hydrogène, mais l'étendue de ces réserves, de même que les moyens pour les exploiter sont encore peu connus, l'exploration de l'hydrogène naturel n'ayant commencé que très récemment (Deville & Prinzhofer, 2015). L'hydrogène se combine facilement avec d'autres éléments pour générer une grande variété de combinaisons chimiques. Il est l'un des éléments que l'on trouve en plus grande abondance à la surface de la planète sous ses formes composées, telles que l'eau ou les hydrocarbures (comme le pétrole), par exemple (Jolly, 2023).

Selon Jain (2009), l'hydrogène est un candidat intéressant pour la transition énergétique, car il possède un certain nombre de caractéristiques. Son utilisation n'entraîne aucune pollution par le carbone ; seules de la chaleur et de l'eau sont produites. Il s'agit d'un combustible à très faible masse, mais à forte densité énergétique par unité de poids. Le processus d'électrolyse permet de fabriquer de l'hydrogène à partir d'eau, par séparation de ses molécules. Il peut être transformé en énergie thermique, mécanique et électrique. Cette énergie peut être conservée dans différents états, du liquide au gaz (comprimé) en passant par les hybrides, et tous ces états peuvent être stockés (Capurso, Stefanizzi, Torresi, & Camporeale, 2022). De plus, l'hydrogène, comme vecteur d'énergie, peut également être transporté sous forme de dérivatifs, comme l'ammoniac (Barnes, 2023).

Actuellement, la production annuelle mondiale d'hydrogène émet environ 1 200 millions de tonnes d'équivalents CO₂ (IEA, 2023), ce qui correspond aux émissions de gaz à effet de serre de 2021 de l'Espagne, la France et l'Italie combinées (OECD, 2022).

À l'échelle européenne, les 7,8 millions de tonnes d'hydrogène consommées en 2020 représentent 2 % du mix énergétique de l'UE. Il est produit à 95 % à partir de combustibles fossiles, majoritairement du gaz naturel, et libère chaque année entre 70 et 100 millions de tonnes de CO₂ (Parlement européen, 2022). Les plus gros consommateurs d'hydrogène sont l'Allemagne (22 %), les Pays-Bas (17 %) et la Pologne (10 %). Cet hydrogène est destiné à 51 % au secteur du raffinage et à 29 % à la fabrication d'ammoniac (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, 2022).

L'hydrogène peut être produit de différentes manières. Il est désigné par une couleur selon la méthode de production parmi lesquelles gris, bleu, rose, et vert (Aspen Institute, 2021). La production d'hydrogène gris à partir de combustibles fossiles comme le gaz naturel, le lignite

ou le charbon se fait en l'absence de captage et de stockage du carbone (CSC). À l'heure actuelle, cette méthode constitue la grande majorité de la production d'hydrogène. Ensuite, l'hydrogène bleu est de l'hydrogène gris avec CSC. Il s'agit donc d'une solution à faible teneur en carbone qui a le potentiel de jouer un rôle important dans la transition d'une source d'énergie à une autre. Il est possible de produire de l'hydrogène bleu en Europe, car il y a suffisamment d'espace pour le stockage du CO₂, et 5,8 millions de tonnes (mt) de production d'hydrogène pourraient être équipées du CSC dans un délai très court (Navigant, 2019). Le dioxyde de carbone capté peut également être utilisé par l'industrie, notamment dans le secteur chimique, pour la production d'engrais, et dans l'industrie du pétrole, pour augmenter la quantité de pétrole récupéré d'un gisement au-delà de ce que permettent les méthodes de récupération primaire et secondaire (IEA, 2023). L'avantage de l'hydrogène bleu est qu'il est (financièrement) réalisable à court terme et qu'il a le potentiel d'accélérer la construction d'un réseau utilisant l'hydrogène vert. Cependant, le recours à l'hydrogène bleu à long terme demeure un sujet de controverse important (Ali Nabavi, Balta-Ozkan, & Gordon, 2023).

Il existe également d'autres « couleurs » d'hydrogène comme le jaune¹, dans le cas de photoélectrolyse, le blanc lorsque l'hydrogène est extrait sous forme naturelle ou le turquoise, dans le cas de production par pyrolyse du méthane. Cependant, le développement de ces méthodes en est encore à ses balbutiements (Nationalgrid, 2023). Notons que la dénomination d'hydrogène jaune est parfois employée pour désigner une production à partir d'énergie nucléaire.

En outre, la majorité des modèles proposés pour l'économie de l'hydrogène sont centrés sur la production d'hydrogène vert. Celui-ci est produit par un processus appelé électrolyse, qui utilise l'électricité comme matière première. À l'heure actuelle, l'électrolyse ne contribue qu'à hauteur de 2 % à la production mondiale d'hydrogène. L'électrolyseur d'eau est un dispositif électrochimique qui convertit l'eau en hydrogène (à la cathode) et en oxygène (à l'anode) sous l'effet d'un courant électrique. Les électrolyseurs en cours de développement sont à l'échelle du gigawatt (GW), ce qui représente une augmentation considérable par rapport à il y a quelques années (Ansari, Grinschgl, & Pepe, 2022). Les électrolyseurs à eau les plus porteurs d'avenir peuvent être classés en 3 catégories : électrolyseurs alcalins (AWE – Alkaline water

¹ Cette couleur est parfois associée à l'hydrogène produit à partir d'énergie nucléaire

electrolysis), électrolyseurs à membrane échangeuse de protons (PEM – Proton exchange membrane) et électrolyseurs à haute température (SOE — Solid oxide electrolysis cell). Ces catégories déterminent les composants et les matériaux supplémentaires. Les électrolyseurs SOE sont encore en cours de développement, tandis que les électrolyseurs AWE et PEM sont commercialisés (Dhawale et al., 2023).

La création d'un marché de l'hydrogène et la réalisation d'économies d'échelle sont les deux principaux défis que doit relever l'hydrogène respectueux de l'environnement. Pour y parvenir, des investissements importants sont nécessaires, tant au niveau de l'infrastructure que de la technologie (Farmer, Ives, Matthew, & Mealy, 2022). La compétitivité des prix de l'hydrogène vert est encore loin d'atteindre la parité avec l'hydrogène bleu, l'écart étant encore plus significatif avec l'hydrogène gris. Les différents prix devraient converger vers 2030 pour atteindre 1,5 USD par kilo d'hydrogène produit (Heid, Sator, Waardenburg, & Wilthaner, 2022 ; IEA, 2019 ; McWilliams & Zachmann, 2021). En effet, le couplage des parcs éoliens et solaires avec des électrolyseurs plus performants permettra de diminuer fortement le prix de l'hydrogène vert (IEA, 2019).

Avantages & inconvénients de l'hydrogène

L'hydrogène présente un certain nombre d'avantages perçus comme significatifs, notamment la capacité de compléter la nature intermittente de l'électricité, de diversifier l'apport énergétique, d'être compatible avec l'infrastructure actuelle et de contribuer à diminuer l'empreinte carbone des industries et des transports difficiles à décarboner (Satyapal, 2017). Cependant, il est essentiel de se rappeler que l'hydrogène présente également de nombreux inconvénients. Les pertes de rendement lors de la conversion en sont un bon exemple (Handwerker, Wellnitz, & Marzbani, 2021). Le diagramme de Sankey de l'ADEME (2020) exposant l'électricité nécessaire pour produire 1 kilo d'hydrogène ainsi que l'énergie électrique en résultant, révèle des pertes de plus de 75 %. Ensuite, sa faible densité signifie qu'en dehors d'un pipeline, l'hydrogène nécessite près de quatre fois plus de capacité de transport ou doit être transformé avant d'être transporté (compression, liquéfaction ou dérivés chimiques) (Lafargue & Moser, 2020). De plus, les problèmes de sécurité liés à son extrême inflammabilité et, dans le cas de l'hydrogène bleu, les arguments relatifs à la viabilité et à l'opportunité du captage et du stockage du carbone posent également question (Dutton, Lehne, & Littlecott,

2020). Ainsi, Moro & Heilmann (2021) détaillent que la production d'hydrogène bleu à grande échelle devrait atteindre un rendement de 85 à 95 % tandis que l'extraction et le transport de gaz naturel entraînent des fuites de méthanes comprises entre 0,5 et 4,1 % selon le pays d'origine. Le recours à l'hydrogène bleu est également dénoncé par de nombreuses associations comme Corporate Europe Observatory (2023) et Greenpeace (2023).

Le premier avantage de l'hydrogène est qu'il complète le caractère intermittent des énergies renouvelables. La fluctuation considérable de l'énergie solaire et éolienne au cours de la journée et des saisons fait de l'adaptation un défi. D'autres énergies renouvelables, notamment l'hydroélectricité et l'énergie géothermique, sont plus fiables, mais elles ne sont pas disponibles dans de nombreuses régions d'Europe ou en quantité limitée (Bal & Philibert, 2013). L'hydrogène est une réponse à cette problématique, car il peut être déplacé et stocké pour répondre à une demande variable dans le temps et l'espace. L'excès d'énergie renouvelable peut être utilisé directement pour produire de l'hydrogène par électrolyse. Ceci est important, car, en Europe, le transfert d'énergie repose davantage sur les molécules (80 %) que sur les électrons (20 %), et le déploiement de la production d'énergie solaire et éolienne pourrait être entravé par les limites du réseau électrique (Chatzimarkakis, 2020). De surcroît, la consommation de gaz naturel connaît de fortes variations selon la période de l'année. Ainsi, l'utilisation en janvier était 2 fois plus élevée que durant le mois d'août au cours des 2 dernières années (Statista, 2023).

La facilité de conversion de l'infrastructure de gaz naturel actuel à l'hydrogène constitue un second avantage. Pour les pays disposant d'une vaste infrastructure de gaz naturel et d'une forte demande de chauffage en hiver, cet avantage est particulièrement intéressant (Lambert, 2020).

D'après Eurostat (2023), l'Union européenne a consommé annuellement en moyenne 407 milliards de mètres cubiques (M m^3) de gaz naturel de 2017 à 2021. Les pays de l'UE qui utilisent le plus de gaz naturel sont l'Allemagne (95M m^3), l'Italie (75M m^3), les Pays-Bas (43M m^3), la France (42M m^3) et l'Espagne (33M m^3). Les avantages au niveau des infrastructures sont évidents : les investissements dans les réseaux de gaz naturel ne sont pas perdus, comme ce serait le cas dans un scénario où seule l'électricité est utilisée. En outre,

l'utilisation du réseau gazier permet d'accélérer la transition vers l'hydrogène, à court terme (Charlot, Decourt, Ramard, & Thébault, 2016).

Environ 40 % des ménages européens sont connectés à un réseau de gaz, ce qui fait plus de 2 millions de kilomètres. De plus, le secteur résidentiel représente 40 % de la consommation annuelle du gaz naturel en UE (Acer, s.d.). Les réseaux existants devraient être maintenus étant donné les investissements continus dans le gaz naturel. Au lieu d'accroître la dépendance à l'égard de l'électricité, l'hydrogène permet de diversifier les réseaux de distribution d'énergie (Wolters, 2022). Sans aucune modification, l'hydrogène peut être ajouté aux flux actuels de gaz à hauteur de 5 à 20 %, ce qui peut déjà contribuer à réduire les émissions de carbone (European Network of Transmission System Operators for Gas, Gas Infrastructure Europe, & Hydrogen Europe, 2021). Des problèmes se posent avec les moteurs plus anciens et les utilisateurs industriels qui ont des turbines et des compresseurs moins tolérants à l'hydrogène (IEA, 2019 ; Charlot, Decourt, Ramard, & Thébault, 2016).

La capacité de l'hydrogène à verdir une part de l'industrie et des transports difficiles à décarboner constitue le troisième avantage. Les industries chimique, sidérurgique et cimentière en font partie, tout comme les secteurs de l'aviation, de la navigation, du rail et de la route (Fischer, & Phillips, 2021 ; IEA, 2019). Toutefois, l'IEA (2019) doute que l'hydrogène puisse concurrencer les combustibles fossiles dans le transport maritime sans l'intervention des pouvoirs publics. Dans l'aviation, l'hydrogène est encore une technologie jeune, et les consommateurs continuent de payer une prime de 100 % pour les automobiles à pile à combustible (PAC) par rapport aux véhicules conventionnels (Fauchaux, 2022). Ainsi, le transport ferroviaire et le transport routier lourd sont actuellement les principaux domaines de concentration au niveau de la mobilité (IEA, 2019).

2.4. Economie politique de l'hydrogène

Relativement peu de recherches académiques ont été menées sur l'économie politique de l'hydrogène ou même sur les acteurs économiques susceptibles de le soutenir. La littérature concernant l'économie politique de la transition énergétique en général et, pour l'hydrogène bleu, celle de la capture et du stockage de carbone (CSC), est étroitement liée à celle sur l'hydrogène (Wolters, 2022).

Les entreprises privées peuvent exercer une influence significative sur les politiques gouvernementales, en particulier dans le domaine du commerce international et de l'investissement. Cette influence peut prendre diverses formes, telles que le lobbying, les contributions aux campagnes électorales et les relations personnelles avec les hommes politiques et les bureaucrates. Les entreprises cherchent à influencer les réglementations, normes et subventions en leur faveur (Preuss & Königgruber, 2021).

Cependant, les politiciens doivent équilibrer cette influence avec le respect de l'opinion publique pour préserver leur légitimité et crédibilité. L'opinion publique peut jouer un rôle important dans les résultats politiques. Par conséquent, son implication est à prendre en compte dans la transition vers l'hydrogène décarboné.

En outre, des groupes d'intérêt, organisés, exercent souvent une influence importante en raison de leurs ressources et expertises supérieures aux ressources des citoyens individuels. Les politiciens se préoccupent généralement d'un large éventail de questions, notamment économiques et environnementales. Les électeurs accordent de l'importance à la création d'emplois, à la croissance économique et à la protection de l'environnement (Gilpin, 2001). À cet égard, le Green Deal propose de sortir des énergies fossiles, mais remet en cause les 208 000 emplois liés à l'extraction de charbon et aux centrales électriques à charbon situées en Pologne, Allemagne, République tchèque, Bulgarie, Roumanie et Grèce principalement. La moitié de ces emplois sont situés en Pologne (Commission européenne, 2021).

McCann (2010) souligne que l'UE, profondément libérale, a dû composer avec la nécessité de répondre à l'urgence climatique. Il ajoute que l'Union européenne prend de plus en plus en compte les différentes parties prenantes dans son processus de décision. Toutefois, l'UE a fait l'objet à la fois de critiques et d'éloges concernant son approche au regard des intérêts des entreprises. Ses détracteurs affirment que l'UE est influencée par les lobbys industriels, tandis que ses supporters saluent ses efforts visant à réglementer le comportement des entreprises sur la protection de l'environnement, le droit du travail et la protection des consommateurs qui dépasse les normes de nombreux États membres (McCann, 2010).

Dans le cas de la législation sur l'hydrogène, Yafimava (2022) suggère que l'industrie a été beaucoup consultée et a joué un rôle important dans la révision du règlement relatif au réseau transeuropéen d'énergie (RTE — E).

Les entreprises du secteur de l'hydrogène sont invitées à rédiger les programmes de financement de l'hydrogène. Leur implication est donc très grande. Corporate Europe Observatory (2023) cite, par exemple, la corédaction du programme de financement public allemand H2Global par le lobby de l'hydrogène.

Les organisations non gouvernementales ont un pouvoir limité dans la prise de décision concernant l'hydrogène. Cependant, Hiscox (2017) détaille que l'opinion publique peut être très réceptive aux questions que les ONG soulèvent lors de campagnes de communication sur des sujets majeurs, tels que l'environnement et le développement durable.

Par ailleurs, Thun (2017) souligne l'importance de l'origine géographique historique des entreprises multinationales. Il mentionne que l'origine nationale des entreprises est synonyme de circulation de valeur ajoutée pour le pays.

Les gouvernements jouent un rôle majeur dans la détermination des conditions de marché pour les acteurs économiques de la transition énergétique (Hampton, de la Cruz, & Huenteler, 2017). Les nombreux choix concurrents dans certains secteurs, comme celui des voitures, où les véhicules à pile à combustible (FCV) sont en concurrence avec les véhicules à batteries électriques (BEV) ainsi que les véhicules hybrides et les automobiles à biocarburant, soulèvent la question de savoir s'il est souhaitable que les pouvoirs publics encouragent l'hydrogène dans ce segment (Candelaresi, Valente, Iribarren, Dufour, & Spazzafumo, 2021). Il est également utile de considérer les défis posés par la législation et la réglementation, les intérêts économiques et l'approbation du public. Les politiques visant à promouvoir des technologies spécifiques nécessitent une longue période de planification (Hissel, Jemei, Lambert, Pahon, Roche, & Yue, 2021).

Le Green Deal et la stratégie de l'UE pour l'hydrogène accordent une grande importance à la collaboration dans le secteur de l'énergie avec l'Afrique (Sadik-Zada, 2021). En outre, l'exportation d'hydrogène vert vers l'UE accorderait aux pays africains en développement un avantage compétitif à long terme (PWC, s.d.).

Le passage des combustibles fossiles aux sources d'énergie renouvelables modifiera probablement non seulement l'industrie de l'énergie, mais aussi la dynamique géopolitique. L'économie de l'hydrogène a le potentiel de changer le paysage géopolitique en redessinant

les alliances et les rivalités entre les États, ainsi qu'en stimulant l'émergence de nouveaux acteurs mondiaux. Si la plupart des études se sont concentrées sur les implications technologiques de l'économie de l'hydrogène à venir, les dynamiques géopolitiques ont reçu moins d'attention (Noussan, Raimondi, & Scita, 2020).

La fonction de l'hydrogène bleu est une question cruciale. En tant que technologie temporaire potentielle entre l'hydrogène gris et l'hydrogène vert, l'hydrogène bleu établit un équilibre entre plusieurs intérêts économiques. Les subventions à ce type d'hydrogène font l'objet de critiques, car elles sont perçues par le public comme des subventions en faveur du secteur des combustibles fossiles (George, Müller, Ragwitz, & Winkler, 2022). Les subsides à la production d'hydrogène bleu sont, par ailleurs, prohibés par la Commission européenne.

De surcroît, la majeure partie de la littérature disponible sur la transition vers l'hydrogène, plus que sur d'autres industries, se concentre principalement sur le rôle des combustibles fossiles (plus particulièrement le pétrole et le gaz, qui permettent de produire de l'hydrogène bleu) et de l'industrie automobile. Ceci s'explique, car les entreprises pétrolières et gazières, les propriétaires de pipelines et même l'industrie du charbon peuvent tous bénéficier directement de l'intégration de l'hydrogène bleu (Chevet, Kalaydjian, & Maisonnier, 2022 ; Cornot-Gandolphe, 2022).

D'abord, le CO₂ capté peut être utilisé pour augmenter la quantité de pétrole récupéré d'un gisement d'hydrocarbures au-delà de ce que permettent les méthodes de récupération primaire et secondaire (IEA, 2023), et ce gratuitement ou à moindre coût.

Ensuite, le CSC permet l'utilisation continue du gaz naturel, ce qui permet aux producteurs de continuer à vendre le combustible (Poudineh, 2022). De plus, l'hydrogène bleu garantit que les pipelines continueront à être utilisés pour acheminer le gaz, pour le transport du CO₂ capté par CSC et pour le transport de l'hydrogène en tant que tel (Fulcheri, 2020).

Par exemple, les entreprises pétrolières et gazières norvégiennes, telles qu'Equinor, sont connues pour avoir fait campagne en faveur de l'hydrogène bleu. En outre, les investissements dans l'infrastructure pour la production avec CSC sont relativement peu coûteux (Pigeon, 2022). Des arguments similaires sont avancés par les partisans de la technologie du « charbon

propre », et l'industrie du charbon pourrait se joindre à une coalition en faveur de l'hydrogène produit avec CSC, avec les entreprises pétrolières et gazières (Cornot-Gandolphe, 2022).

Le soutien du public à l'hydrogène constitue un aspect essentiel de cette transition énergétique (Ingaldi, & Klimecka-Tatar, 2020). De manière générale, les effets perçus des risques, des avantages et des coûts sont des facteurs psychologiques importants qui influencent l'acceptation de la technologie par le public. D'autres facteurs couramment étudiés sont la connaissance, l'expérience, la confiance sociale, l'affect, les normes personnelles et l'équité perçue (Scovell, 2022).

Selon l'IEA (2019), les acteurs qui soutiennent la transition vers l'hydrogène comprennent « les fournisseurs d'électricité renouvelable, les producteurs de gaz industriels, les services publics d'électricité et de gaz, les constructeurs automobiles, les compagnies pétrolières et gazières, les grandes sociétés d'ingénierie et les gouvernements des plus grandes économies du monde ». Ce point de vue est également partagé par Wolters (2022).

La localisation géographique des acteurs de l'hydrogène a un impact significatif sur les industries qui soutiennent la transition vers l'hydrogène. Hydrogen Council & McKinsey (2022) indiquent clairement que si les investissements dans l'hydrogène aux États-Unis et en Asie ont considérablement augmenté au cours des dernières années, à l'échelle mondiale, la majorité des investissements provient toujours de l'Europe. Ibrahim & Al-Mohannadi (2023) soutiennent que les clusters de l'hydrogène en Europe sont nettement orientés vers l'Europe de l'Ouest. Ils observent notamment des regroupements dans les régions où les industries chimique, énergétique, pétrolière & gazière et automobile sont fortement représentées. Ce point de vue diffère légèrement de celui de l'Agence internationale de l'énergie (2019) qui met davantage l'accent sur les pôles industriels côtiers et les régions dotées d'une infrastructure de gaz naturel bien établie. Notteboom & Haralambides (2023) indiquent que les ports constituent des zones propices au développement d'activités liées à l'hydrogène.

2.5. Secteurs premiers à haut potentiel pour l'hydrogène

L'hydrogène permet de décarboner de nombreux secteurs. Toutefois, l'hydrogène n'est pas amené à décarboner tous ces secteurs dans le même horizon temporel.

Ainsi, Lafargue & Moser (2020) estiment que le secteur du transport est à l'épicentre de la révolution de l'hydrogène. Alors que le transport maritime pourrait bénéficier le plus de la réduction des émissions qu'apportera l'hydrogène, c'est le transport routier qui devrait l'adopter le plus rapidement.

De plus, les services publics et les fournisseurs d'électricité renouvelable sont naturellement considérés comme les mieux placés pour tirer parti d'une hausse de la demande d'hydrogène. Cependant, la plus grande partie de la valeur ajoutée pourrait être créée plus haut dans la chaîne de valeur, dans l'espace industriel et chimique (Lafargue & Moser, 2020).

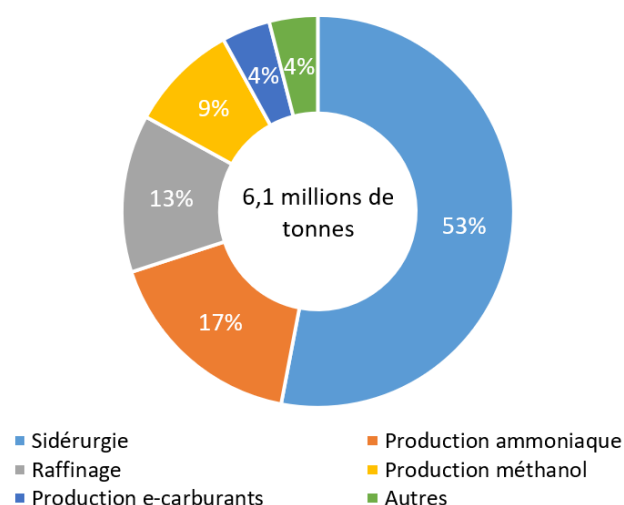
En tant que premières nouvelles applications de l'hydrogène bas carbone, Orygeen (s.d.) identifie le transport ferroviaire régional, les camions lourds et à tonnages moyens, les cars ainsi que les chariots élévateurs. À celles-ci viennent s'ajouter les industries qui utilisent déjà de l'hydrogène (gris) dans leurs activités comme le raffinage et l'industrie chimique pour la production de méthanol et d'ammoniac.

En outre, Tu, Deutsch et Flis (2021) relatent que la chimie, le raffinage et la sidérurgie sont les premiers secteurs d'application de l'hydrogène bas carbone. Par conséquent, ils estiment que la demande d'hydrogène propre va augmenter dans les régions où sont déjà localisés des clusters dans ces industries.

L'Agence internationale de l'énergie (2019) juge que l'hydrogène aura un rôle à jouer pour décarboner les industries chimique, sidérurgique et cimentière, tout comme certains segments de la mobilité. Ainsi, l'IEA (2019) estime que, dans l'aviation, l'hydrogène est encore une technologie jeune et les voitures à PAC trop chères par rapport aux véhicules conventionnels (Fauchoux, 2022). Par conséquent, le transport ferroviaire et le transport routier lourd sont actuellement les principaux domaines de focalisation au niveau de la mobilité (IEA, 2019).

Enfin, Hydrogen Europe (2022), l'association européenne qui représente les intérêts de l'industrie de l'hydrogène et de ses parties prenantes, prévoit une consommation européenne de 6,1 millions de tonnes d'hydrogène propre en 2030, dont la moitié par le secteur de la sidérurgie.

Figure 1 — Prédiction de la consommation d'hydrogène propre par l'industrie de l'UE en 2030



Source : auteur sur base des données de Hydrogen Europe (2022).

En somme, le secteur de l'énergie, de la chimie, de la sidérurgie et de la mobilité poids lourds et ferroviaires sont pressentis comme les premières applications de l'hydrogène bas carbone.

2.6. Question de recherche

Tous les éléments évoqués ci-dessus amènent à nous poser la question suivante : quelles sont les parties prenantes de la transition énergétique vers l'hydrogène en UE et quel est leur point de vue par rapport à celle-ci ?

Quelle est la position des États membres de l'Union européenne sur le sujet, et comment évoluera l'économie de l'hydrogène en UE ? Une analyse des parties prenantes, basée sur des indicateurs économiques et une étude des intérêts économiques nationaux liés à l'hydrogène, des investissements en recherche et développement, des projets d'investissement, des applications potentielles dans différents secteurs, ainsi que l'attitude de la société civile et des pouvoirs publics dans le contexte de l'économie politique.

3 Méthodologie de recherche

3.1. Démarche

L'objectif de ce mémoire est de cerner la position des pays de l'Union européenne sur le sujet de l'hydrogène. Pour ce faire, nous déterminerons les parties prenantes de cette transition énergétique. Ensuite, nous analyserons les points de vue de celles-ci afin de déterminer leur soutien envers l'hydrogène et, finalement, la manière dont l'économie de l'hydrogène va évoluer en Union européenne. Notre analyse du point de vue des parties prenantes sera principalement basée sur des indicateurs économiques. Ainsi, nous parcourrons les intérêts économiques nationaux concernant l'hydrogène au travers d'une analyse des investissements dans la recherche et le développement (R&D) tant public que privé, des investissements réalisés dans les petites et moyennes entreprises (PME), des brevets déposés en Union européenne, des projets de production d'hydrogène vert et des entreprises nationales. Pour chaque État membre, nous analyserons l'activité économique actuelle liée à l'hydrogène, les projets qui font l'objet d'investissements, ainsi que l'ampleur des applications dans les secteurs à haut potentiel pour l'hydrogène. L'objectif étant de déterminer les majorités qualifiées possibles au Conseil de l'Union européenne.

De plus, nous analyserons l'activité économique et les investissements dans des substituts à l'hydrogène tels que le biogaz et ses dérivés. Ils nous permettront de définir le niveau d'engagement des acteurs envers les différentes alternatives propres pour décarboner les sociétés et les économies européennes.

Cet aspect purement économique sera complété par une analyse de la position de la société civile au travers de l'opinion publique et des organisations non gouvernementales par rapport à l'hydrogène. Enfin, nous analyserons l'attitude des pouvoirs publics sous un angle d'économie politique, bien que la position de ceux-ci soit fortement liée à celle des acteurs économiques.

Pour commencer notre analyse, nous avons identifié les entreprises présentes en Union européenne et investies dans l'hydrogène. Nous avons choisi la liste des entreprises membres de l'association Hydrogen Europe et de l'alliance industrielle European Clean Hydrogen Alliance. Ces deux associations nous ont paru représentatives, car elles rassemblent les acteurs économiques, académiques, législatifs et sociétaux.

L'association Hydrogen Europe, qui représente l'industrie de l'hydrogène et de la pile à combustible (PAC), est pertinente, car elle est un des trois membres du Clean Hydrogen Partnership. Les deux autres membres sont la Commission européenne et Hydrogen Europe Research, qui représente la communauté de chercheurs. Le partenariat public-privé que représente le Clean Hydrogen Partnership est le groupement qui a succédé à la Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) (Clean Hydrogen Partnership, s.d.). La FCH JU a été créée en 2008, à la suite du groupe de haut niveau² de la Commission européenne sur l'hydrogène. Elle est à la base de l'émergence de l'hydrogène en Europe (Philippe Busquin, interview personnelle).

La European Clean Hydrogen Alliance, fondée en 2020, est un forum qui rassemble les acteurs industriels, les autorités publiques ainsi que les représentants de la société civile. Elle vise à coordonner les investissements (Parlement européen, 2021).

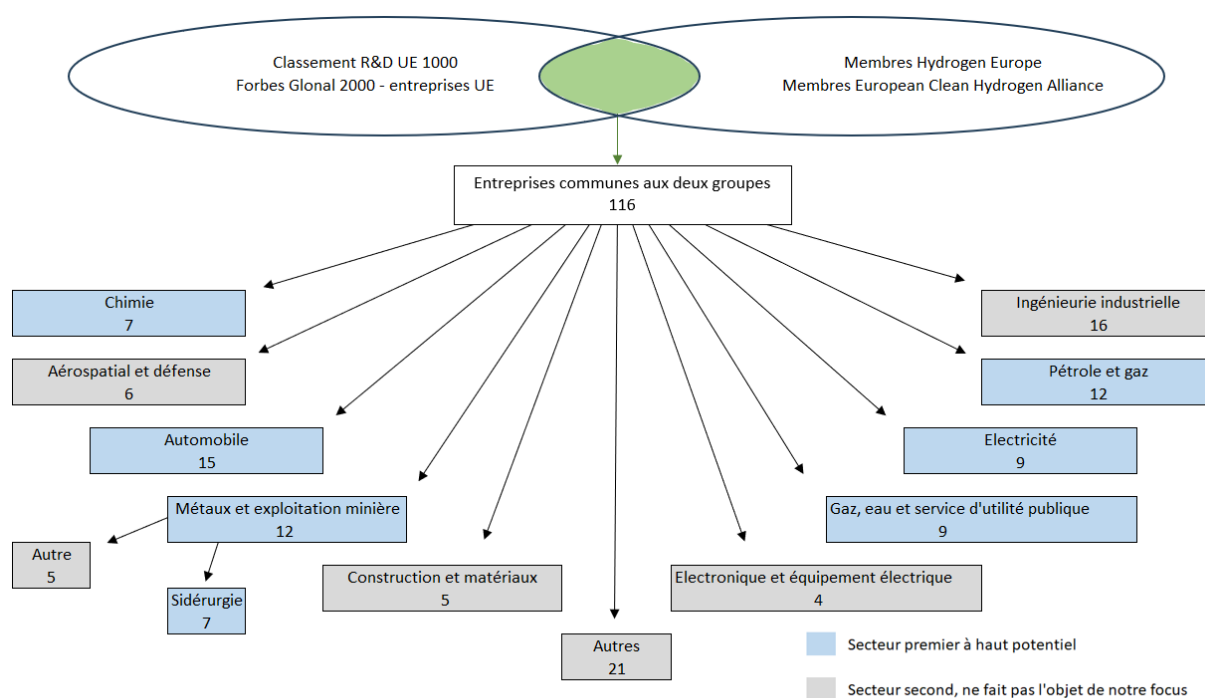
Ensuite, nous avons décidé de comparer les listes de membres de l'association Hydrogen Europe et de l'alliance industrielle European Clean Hydrogen Alliance avec, d'une part, les entreprises de l'Union européenne avec les plus hautes dépenses en recherche et développement (The 2022 EU industrial R&D investment scoreboard et Forbes Global 2000 de 2022) et d'autre part, les entreprises étrangères avec une forte culture de recherche et développement (The 2022 World industrial R&D investment scoreboard). L'élargissement de l'analyse au monde entier est pertinent, car il permet de prendre en compte les entreprises étrangères actives dans le domaine de l'hydrogène avec des activités dans ce domaine sur le territoire de l'Union européenne. De nombreuses entreprises étrangères sont en effet membres de l'association et de l'alliance industrielle européennes de l'hydrogène. Par ailleurs, les entreprises de la liste R&D World 2500 ont investi 86 % de la R&D mondiale en 2021. En outre, nous avons choisi de prendre en compte les investissements en recherche et développement comme critère central, car la capacité des entreprises à innover est cruciale pour le développement de l'écosystème de l'hydrogène en Europe.

Dans un premier temps, nous avons commencé par identifier les entreprises de l'UE avec une forte culture de recherche et développement. Le classement 2022 des investissements en R&D industrielle de la Commission européenne (The 2022 EU industrial R&D investment

² Ce classement annuel est établi sur base des ventes, bénéfices, actifs et capitalisation des grandes entreprises.

scoreboard) nous a fourni une liste des 1000 entreprises basées en UE avec les dépenses en R&D les plus élevées en 2021 (« R&D UE 1000 »). Afin d'être plus complets, nous avons également identifié les grandes entreprises européennes du classement Forbes Global 2000 de 2022. Nous avons ajouté les sociétés qui n'étaient pas répertoriées dans la liste R&D UE 1000 à notre analyse, car elles disposent également de capacités d'investissement considérables.

Figure 2 - Démarche pour les entreprises de l'UE



Note: Autres inclus le secteur des banques, du papier, de la grande distribution, de l'immobilier, des services de support, de l'IT et de l'industrie manufacturière générale

Cette analyse nous a permis d'identifier 116 entreprises de l'UE engagées dans l'hydrogène³. Pour compléter notre analyse, nous avons également retenu les grandes firmes qui ne font pas partie de ces associations sous leurs noms propres, mais qui sont bien impliquées par l'intermédiaire de leurs filiales.

Au sein des 116 entreprises de l'UE, nous distinguons deux groupes, selon le secteur d'activité. Le premier groupe comprend les secteurs de l'énergie, de la chimie, de la sidérurgie et de la mobilité poids lourds et ferroviaires, soit 59 entreprises. Ces domaines sont pressentis comme les premiers secteurs d'application, notamment par Hydrogen Europe (2022), Lafargue &

³ Shell est considérée comme néerlandaise et est donc comprise dans le secteur pétrole et gaz (cfr. Section 4.2.).

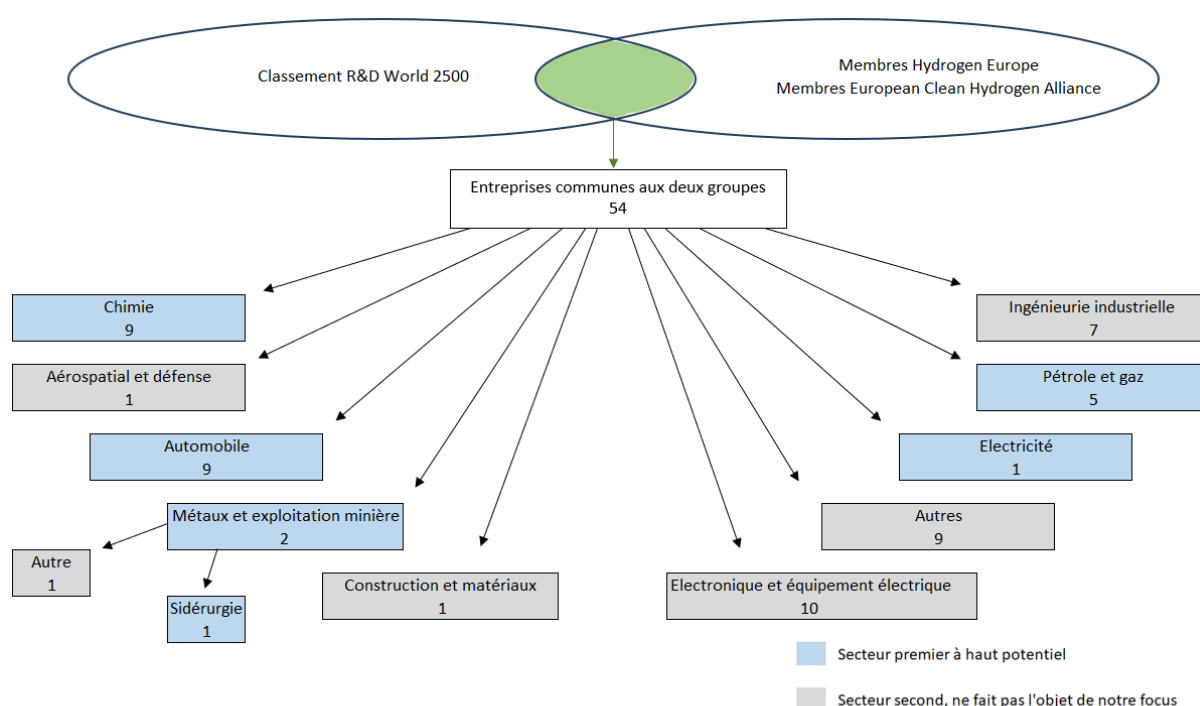
Moser (2020) et l'IEA (2019). Le second groupe (57 entreprises) concerne les applications de l'hydrogène bas carbone plus tardives, ou les secteurs d'activité de support de l'écosystème de l'hydrogène. Notre analyse se consacre majoritairement au premier groupe.

Dans un second temps, nous avons identifié les 2500 entreprises au niveau mondial avec les plus hautes dépenses en R&D. Le classement mondial 2022 des dépenses en R&D industrielle de la Commission européenne (The 2022 World industrial R&D investment scoreboard) nous a fourni une liste des 2500 entreprises avec les dépenses en R&D les plus élevées en 2021 au niveau mondial (« R&D World 2500 »).

Cette analyse a permis d'identifier 54 entreprises étrangères (hors UE) qui sont membres de l'association Hydrogen Europe ou de European Clean Hydrogen Alliance. Parmi celles-ci, 18 entreprises sont japonaises et 18 autres sont américaines. À nouveau, nous avons retenu les grandes firmes qui ne sont pas membres de ces associations sous leurs noms propres, mais qui sont bien impliquées par l'intermédiaire de leurs filiales.

De même, au sein de ces 54 entreprises, nous faisons la distinction entre d'un côté les entreprises du secteur de l'énergie, de la chimie, de la sidérurgie et la mobilité poids lourds et ferroviaires, et, de l'autre les autres applications de l'hydrogène.

Figure 3 — Démarche pour les entreprises étrangères (hors UE)



Note: Autres inclus le secteur des loisirs, des services, de l'IT et de l'industrie manufacturière générale

Ensuite, nous avons recherché pour les 116 entreprises européennes et 54 entreprises étrangères les pays où celles-ci ont des activités liées à l'hydrogène. Pour ce faire, nous avons épluché pour les 170 entreprises leurs rapports annuels de 2022 lorsque celui-ci est public (soit 166 des 170), la presse spécialisée et les sites web des entreprises concernées. En effet, les pays où les entreprises sélectionnées par notre analyse investissent actuellement dans l'hydrogène sont plus enclins à pousser l'Union européenne à élaborer des politiques favorables à l'expansion de l'utilisation de cette molécule. Les projets futurs d'investissements de ces entreprises sont également à prendre en compte, car ils sont synonymes d'emplois et de développement économique. L'emplacement des centres de recherche et développement requiert une attention particulière. En outre, la présence de laboratoires hydrogène des entreprises témoigne d'un engagement à long terme sur le territoire, les chercheurs étant difficiles à délocaliser.

En revanche, les pays où peu d'investissements ont été effectués dans le domaine de l'hydrogène à ce jour, tant par les firmes privées que par les États, ne seront pas enclins à favoriser la transition vers l'hydrogène, d'autant plus si l'hydrogène se substitue à une autre source d'énergie bien produite sur le sol national comme le charbon. En effet, la production d'énergie sur territoire national est synonyme d'emploi et de valeur ajoutée.

Cette démarche est complétée par une partie qualitative. Nous avons conduit plusieurs interviews avec des intervenants au cœur de l'action de l'écosystème de l'hydrogène ou qui l'ont été par le passé. Ainsi, nous avons mené une interview avec Monsieur Philippe Busquin, ancien Commissaire européen à la Recherche, à l'innovation et à la Science et à l'initiative de la FCH JU, Monsieur Frédéric Lavy, membre de la représentation permanente de la Belgique à l'Union européenne, un membre du cabinet du Conseil européen de Charles Michel, un membre du cabinet de la ministre fédérale belge à l'énergie et un officiel de la Commission européenne, tous spécialisés dans le domaine de l'énergie et de l'hydrogène. Les membres du Conseil européen et de la Commission ont souhaité conserver l'anonymat, tandis que M. Lavy n'a pas souhaité que son interview soit retranscrite.

De plus, nous avons interviewé Jean-François Plucker, président de l'entreprise de propriété intellectuelle Kirkpatrick, pour valider notre démarche d'analyse des brevets dans le domaine de l'hydrogène. En outre, nous avons conduit un entretien avec Monsieur Mauro Mallone,

directeur général des incitations énergétiques au ministère italien de l'Environnement et de la Sécurité énergétique, pour bien comprendre la position de l'Italie vis-à-vis de l'hydrogène. La position de ce dernier pays avec une importance capitale au Conseil de l'Union européenne nous paraissant un peu ambivalente. Enfin, nous avons interviewé Bart Biebuyck, directeur exécutif à la Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking puis Clean Hydrogen Partnership au cours des sept dernières années. Il n'a pas souhaité la retranscription de l'interview.

Ces interviews nous ont permis d'obtenir des conseils sur notre démarche et la manière d'interpréter les résultats de nos analyses. Elle a attiré notre attention sur des décisions récentes en matière d'hydrogène au niveau des entreprises, de l'Union européenne et des États ainsi que sur certains documents clés. De plus, elles ont enrichi notre analyse par d'autres points de vue.

3.2. L'analyse des parties prenantes

Afin de déterminer la position de l'Union européenne vis-à-vis de l'hydrogène, nous allons cartographier les parties prenantes. Sont considérées parties prenantes les entités qui ont un intérêt dans la mise en œuvre réussie d'un projet ou qui peuvent exercer une influence, positive ou négative, sur l'avancement et l'achèvement du projet. L'implication des parties prenantes varie selon leur degré d'intérêt et leur influence (Dyèvre, Goetz, Gotcheva, Toivonen, & Ylikaupila, 2016). Cette analyse vise à statuer des dynamiques des différents acteurs en vue de déduire leur position politique et leur comportement par rapport à l'hydrogène (The World Bank Group, 2016). Ainsi, nous avons identifié 4 étapes pour mener à bien cette analyse.

A. Identifier les acteurs impliqués

Cette étape vise à identifier toutes les entités ayant un lien, de près ou de loin, avec le projet. Il peut s'agir de gouvernements, d'acteurs du secteur privé, d'organisations non gouvernementales, de petites et moyennes entreprises, d'autorités législatives ou d'autres associations.

B. Définir la relation entre les différents acteurs

La participation de certaines parties prenantes s'avère plus essentielle que d'autres dans l'avènement de l'hydrogène en Union européenne. Déterminer les relations entre les différents acteurs permet de mieux comprendre quels sont les acteurs principaux.

C. Déterminer le point de vue de chaque acteur

Cette étape implique de subdiviser les groupes d'acteurs selon les points de vue, qui peuvent se résumer à favorable, neutre ou opposé au projet. Dans le cas précis de l'hydrogène, nous retrouvons plutôt différents niveaux d'engagement dans la transition.

D. Établir l'implication de chaque sous-groupe d'acteurs

Cette analyse va permettre de définir la position respective de chaque pays sur le sujet et finalement la position de l'Union européenne.

Enfin, l'analyse des parties prenantes nous permet de cerner la position de l'UE vis-à-vis de l'hydrogène.

3.3. Limitations

Notre analyse fait face à plusieurs contraintes. Tout d'abord, l'accès aux données précises de recherche et développement dans le domaine de l'hydrogène est restreint par les entreprises. Ainsi, nombre d'entre elles partagent les montants investis dans la transition verte, mais sans détailler précisément la quote-part dédiée à l'hydrogène. Dans le même ordre d'idées, les données partagées par les entreprises concernant l'hydrogène sont très disparates. Certaines partagent leur chiffre d'affaires, d'autres leurs dépenses d'exploitations uniquement. Parfois, nous retrouvons le montant des investissements, parfois seulement les dépenses en recherches et développement dans l'hydrogène. Rares sont les entreprises qui accordent l'accès à un éventail plus large de leurs données concernant l'hydrogène, ce qui a rendu les comparaisons difficiles.

Ensuite, il s'avère que la base de données de 1000 entreprises de l'Union européenne ayant investi le plus dans la recherche et développement en 2021 (« R&D UE 1000 ») comporte quelques oublis. Lors de notre analyse du *Forbes Global 2000*, il est apparu que certaines entreprises de l'UE avec des investissements élevés en R&D ne figuraient pas dans la liste de la Commission européenne. En outre, certaines entreprises de la liste sont des holdings, rendant l'industrie dans laquelle elles opèrent plus compliquée à trouver, d'autant plus que ces holdings ne sont pas présentés sous leur nom propre dans les associations d'hydrogène en Europe.

Par ailleurs, nous avons choisi d'examiner en profondeur les entreprises sélectionnées de la liste, laissant de côté les entreprises dont les investissements en montant absolu, tous secteurs confondus, sont moindres, mais avec un montant centré sur l'hydrogène plus élevé. De plus, certaines associations, comme l'Agence Internationale de l'Énergie (IEA), ne proposent pas les données pour tous les pays et à toutes les périodes. Dans le même ordre d'idée, les méthodes de calcul de certains indicateurs, comme le calcul des subsides totaux, peuvent varier d'un pays à l'autre.

De plus, nous avons choisi de nous limiter aux secteurs de l'énergie, de l'automobile, de la chimie et de la sidérurgie. Cependant, de nombreuses entreprises ont des activités économiques très différentes et ne sont pas par conséquent référencées comme appartenant à une industrie générale.

Enfin, l'écosystème de l'hydrogène évolue actuellement très rapidement. Ainsi, ce travail n'a pas pu rassembler toutes les informations les plus récentes concernant les entreprises. Par exemple, les rapports annuels analysés concernent l'année 2022.

4. Analyse générale

4.1. Analyse du capital à risque privé par pays

L'étude des investissements privés par État membre de l'UE dans de jeunes entreprises actives dans l'hydrogène témoigne des pays propices à l'émergence de ce nouvel écosystème. Par conséquent, les pays où ont lieu de nombreux ou d'importants investissements dans le capital risque en hydrogène sont des territoires qui vont soutenir l'émergence de cette technologie à l'échelle européenne car elle est porteuse de création de valeur ajoutée nationale, par exemple par la création d'emplois. Le tableau 1 comptabilise les investissements privés dans le capital risque, de 2018 à 2022. Ils sont ensuite mis en perspective avec la moyenne du PIB au cours de la même période. Nous avons opté pour cette période car les investissements augmentent de manière significative à partir de 2018. Il est également intéressant de noter que les investissements privés et publics sont étroitement liés : les pays qui connaissent des investissements publics connaissent également des investissements privés et inversement.

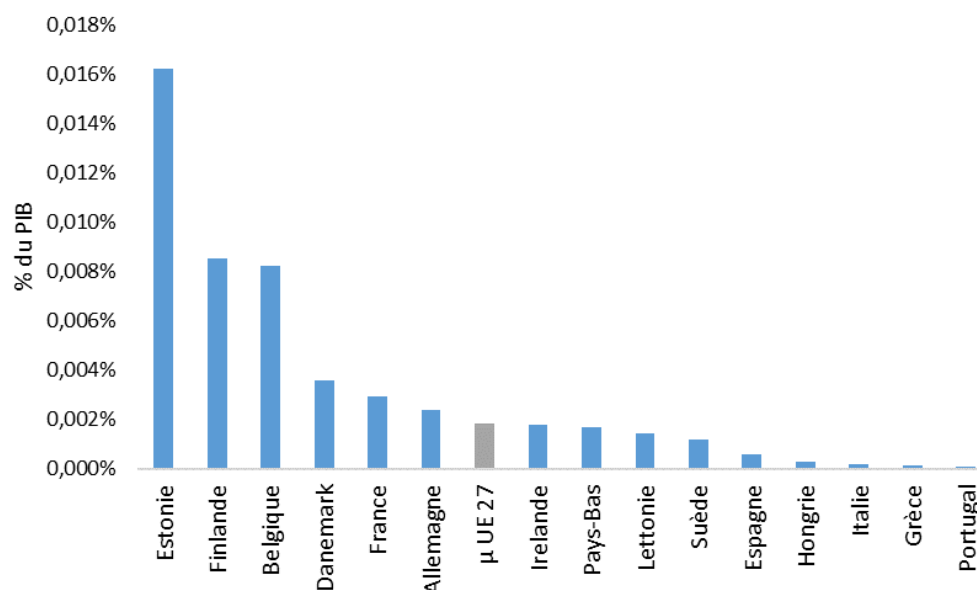
Tableau 1 - Investissement privé en capital à risque dans l'hydrogène (2018-2022)

En € millions	2018	2019	2020	2021	2022	Σ capital risque privé 2018-2022	CAGR 2018-2022	Σ PIB 2018-2022
Allemagne	2,22	59,67	2,32	140,2	220,91	425,32	215,8%	17.715.790
France	16,38	22,23	23,5	224,7	74,62	361,43	46,1%	12.259.983
Belgique			1,95		199,08	201,03		2.450.532
Finlande	3,7	6,83	38,1	3,74	52,6	104,97	94,2%	1.230.928
Pays-Bas	0,3	6,8	2	27,05	35,5	71,65	229,8%	4.212.708
Danemark	1,5	0,75	5,9	1,99	49,09	59,23	139,2%	1.646.791
Irlande		5			30,1	35,1		1.985.039
Espagne	1,32	0,1	2,95	14,51	16,16	35,04		6.101.311
Suède		2,56	1,66	6,55	18,78	29,55		2.529.792
Estonie			0,05	0,03	24	24,08		148.788
Italie	0,02	5,21	1,19	5,77	3,1	15,29	252,8%	8.925.889
Lettonie			0,55	0,3	1,5	2,35		162.776
Hongrie				1,5	0,4	1,9		744.843
Portugal	0,3			0,01	0,75	1,06	25,7%	1.074.059
Grèce		0,25			0,8	1,05		918.020
Pologne					0,01	0,01		2.790.944
Total	25,74	109,4	80,17	426,35	727,4	1369,06	130,6%	64.898.192
<i>Croissance</i>		<i>325,0%</i>	<i>-26,7%</i>	<i>431,8%</i>	<i>70,6%</i>			

Source : auteur sur base des données d'Eurostat (2022) & Pitchbook.

L'Allemagne, la France, la Belgique, la Finlande ont connu des investissements significatifs en montant absolu au cours de la période écoulée. L'Estonie, la Finlande et la Belgique se distinguent lorsque les investissements sont mis en perspective avec leur PIB. Ces pays sont enclins à pousser l'UE à étendre sa politique en matière d'hydrogène.

Figure 4 - Moyenne d'investissement privé capital à risque dans l'hydrogène en % du PIB (2018-2022)



Source : auteur sur base de données d'Eurostat (2022) & Pitchbook.

4.2. Entreprises nationales

Cet aspect explore la « nationalité » des entreprises européennes avec des investissements élevés dans la recherche & le développement (R&D), et membres d'une association d'hydrogène en Europe. Notre analyse du classement R&D UE 1000 et du classement Forbes Global 2000 avec la liste des membres de Hydrogen Europe et European Clean Hydrogen Alliance nous a permis de repérer 116 entreprises.

La « nationalité » se réfère, dans la plupart des cas, au pays où se situe le siège social d'une entreprise, et induit, par conséquent, une présence économique forte dans le pays concerné, souvent pour des raisons historiques. Cependant, certaines entreprises ont parfois déplacé leur quartier général dans un autre pays que leur enclave historique, souvent pour des raisons fiscales (Laamanen, Simula, & Torstila, 2012). Ces pays offrant une taxation avantageuse sont notamment l'Irlande, le Luxembourg et les Pays-Bas. Les activités économiques restent toutefois sur le territoire du pays d'origine. La « nationalité » des entreprises est donc liée au pays où s'opère une partie significative de leurs activités industrielles.

Notons que certaines entreprises sont considérées comme « pluri-nationales », principalement en raison de fusions.

Le cas du constructeur automobile Stellantis qui est le résultat de la fusion entre les groupes PSA Peugeot Citroën et Fiat Chrysler automobiles, dont le siège social est aux Pays-Bas, considéré comme étant de nationalités française et italienne, illustre bien ces deux points.

La plurinationalité des entreprises ci-dessous, de même que l'établissement d'entreprises étrangères à l'UE sur son territoire a pour conséquence que nous retrouvons bien 120 entreprises dans le tableau ci-dessous. La « nationalité » des entreprises a du sens dans cette analyse car leurs centres R&D, y compris ceux concernant l'hydrogène, sont presque systématiquement situés dans leur enclave historique. Les emplois associés à ces centres sont durables et représentent une perspective de croissance d'activité économique d'importance pour les états où ils sont localisés.

Tableau 2 - Nationalité des entreprises différentes du siège social

Entreprise	Siège social	Nationalité
Airbus	Pays-Bas	Allemagne, France
ArcelorMittal	Luxembourg	Espagne, France, Luxembourg
Ineos	Luxembourg	Royaume-Uni
Iveco	Pays-Bas	Italie
Linde	Irlande	Allemagne
Shell	Royaume-Uni	Pays-Bas
Stellantis	Pays-Bas	France, Italie
Technip	Pays-Bas	France
Tenaris	Luxembourg	Italie

Source : auteur.

Les pays avec de nombreuses entreprises actives dans l'hydrogène sont enclins à pousser l'Union européenne à favoriser le développement de cette molécule. Les États membres les plus représentés sont l'Allemagne, la France et l'Italie. Il est important de noter que certains pays ont peu d'entreprises nationales, mais font l'objet de nombreux investissements dans le secteur, provenant d'entreprises étrangères sur leur territoire. De plus, une entreprise unique peut investir massivement dans l'hydrogène tandis que plusieurs entreprises peuvent investir moins significativement dans l'hydrogène. Cette analyse nous fournit une idée très générale des pays fort actifs dans l'hydrogène et est à interpréter avec précaution.

Tableau 3 - Entreprises nationales par pays

#	Entreprises nationales	Proportion total
Allemagne	38	32%
France	24	20%
Italie	13	11%
Suède	9	8%
Espagne	8	7%
Belgique	6	5%
Autriche	4	3%
Finlande	4	3%
Danemark	3	3%
Grèce	3	3%
Pays-Bas	2	2%
Portugal	2	2%
Hongrie	1	1%
Irlande	1	1%
Luxembourg	1	1%
Pologne	1	1%
Total UE	120	100%

Source : auteur.

4.3. Dépenses publiques dans la R&D de l'hydrogène et des piles à combustible

De 2017 à 2021, les pouvoirs publics allemand et français ont investi le plus en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible. Ils sont suivis par l'Espagne et les Pays-Bas. Lorsque ces chiffres sont mis en perspective avec le PIB de 2017 à 2021, les gouvernements danois et autrichien se distinguent par leur support au secteur.

Tableau 4 - Dépenses publiques en R& D dans l'hydrogène et la pile à combustible

En € millions	2017	2018	2019	2020	2021	Σ dépenses 2017-2021	Σ PIB 2017- 2021	Dépenses en % PIB
Danemark	11,299	10,916	18,367	6,017	34,791	81,39	1.560.981	0,0052%
Autriche	5,252	9,002	10,28	9,285	43,171	76,99	1.938.997	0,0040%
Rép. tchèque	6,964	10,346	11,684	4,761	6,45	40,205	1.084.772	0,0037%
Pays-Bas	22,098	9,659	15,779	16,073	65,068	128,677	3.992.305	0,0032%
Espagne	1,661	4,854	11,097	9,12	144,663	171,395	5.936.695	0,0029%
France	53,755	54,501	57,948	70,422	79,195	315,821	11.918.133	0,0026%
Allemagne	25,274	31,174	50,096	65,424	164,577	336,545	17.113.050	0,0020%
Portugal	..	..	4,087	3,444	4,637	12,168	1.030.766	0,0012%
Belgique	2,214	2,282	8,003	5,316	9,432	27,247	2.346.126	0,0012%
Hongrie	0,612	0,694	1,478	0,002	5,028	7,814	701.621	0,0011%
Estonie	0,295	0,056	0,237	0,269	0,21	1,067	136.440	0,0008%
Lituanie	..	..	0,291	0,493	0,899	1,683	242.691	0,0007%
Pologne	0,716	0,627	1,48	1,925	5,074	9,822	2.599.811	0,0004%
Suède	..	1,928	0,843	2,893	3,421	9,085	2.448.859	0,0004%
Italie	10,442	10,892	10,164	..	..	31,498	8.753.328	0,0004%
Finlande	0	0	0	0	2,071	2,071	1.188.579	0,0002%
Irlande	0,209	0,11	0,451	0,282	0,605	1,657	1.780.219	0,0001%
Slovaquie	0,011	0,092	0,017	0,086	0,088	0,294	462.738	0,0001%
TOTAL	140,802	147,133	202,302	195,812	569,38	1255,429	65.236.110	0,0017%
<i>Croissance</i>		4,5%	37,5%	-3,2%	190,8%			

.. = non disponible

Source : auteur sur base des données d'Eurostat (2022) & IEA (2022b).

En revanche, les autorités publiques d'importantes économies européennes comme l'Italie, la Pologne et la Suède ont montré peu de support en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible. Notons également l'absence de sept pays de l'UE qui ne sont pas présents dans la base de données de l'IEA. En outre, nous pouvons constater que certaines données du tableau sont manquantes. Enfin, les données rassemblées par l'Agence internationale de l'énergie ont été établies selon des méthodes de calcul pouvant varier légèrement d'un pays à l'autre.

4.4. Dépôts de brevet dans le domaine de l'hydrogène

Nous avons performé une analyse du nombre de brevets déposés au cours des dernières années par les entreprises des nationales des États membres de l'Union européenne. Cette analyse s'étend de 2012 à 2021. L'objectif est d'analyser les variations du nombre de brevets déposés annuellement ainsi que le nombre de pays qui en enregistrent beaucoup. Toutes les demandes de brevet ne seront pas acceptées. Cependant, Plucker (interview personnelle, 27 juillet 2023) souligne qu'une grande majorité de ces requêtes auront une issue favorable. Le choix de se consacrer aux brevets déposés et non aux brevets validés est lié au fait qu'une procédure d'octroi peut durer plusieurs années, ce qui rendrait l'analyse dépassée. De plus, notre approche est basée sur les nationalités des entreprises et ne traite pas du lieu où l'invention a été développée. Par exemple, le brevet d'une invention développée par une filiale localisée en Suède d'une entreprise allemande sera dans la majorité des cas enregistrés en Allemagne. Cette demande sera réalisée par l'introduction d'une requête d'un brevet européen en Allemagne.

Dans le cas de l'hydrogène, nous avons tenu compte de quatre classifications. La première concerne les brevets en lien avec le stockage de l'hydrogène, enregistrée sous le code de classification coopérative des brevets (CPC) Y02E60/32. Les entreprises européennes ayant enregistré le plus de brevets de tout temps sont Air Liquide, BMW, Linde, Robert Bosch et le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).

La seconde classification touche aux technologies de distribution de l'hydrogène. Elle est enregistrée sous la classe CPC Y02E60/34. À nouveau, les firmes européennes ayant enregistré le plus de brevets sont Air Liquide, Areva, Clariant, Linde et Shell. Cependant, le nombre de

brevets de cette catégorie est peu élevé en comparaison aux autres catégories liées à la technologie de l'hydrogène (voir figure 5).

La troisième classification rassemble les brevets de production d'hydrogène à partir de source qui ne contiennent pas de carbone, comme l'électrolyse de l'eau. Le code CPC de cette classe est Y02E60/36. Les entreprises européennes ayant enregistré le plus de brevets dans ce domaine sont les CEA, Siemens, Industrie de Nora, Siemens Energy et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS).

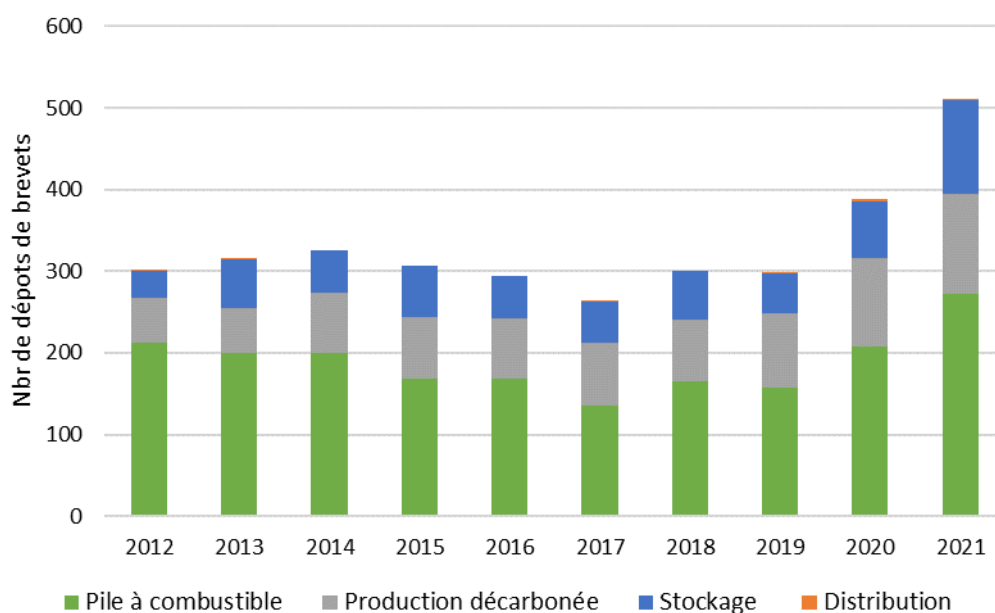
La dernière catégorie concerne les piles à combustible (PAC). Son code CPC est Y02E60/50. Il s'agit de la catégorie qui rassemble de plus grand nombre de brevets. Les entreprises de l'UE ayant déposé le plus de brevets sont Robert Bosch, Audi, Daimler, Siemens, et le CEA.

Tableau 5 - Entreprises de l'UE ayant déposé le plus de brevets dans le domaine de l'hydrogène

Stockage Y02E 60/32		Distribution Y02E 60/34		Production décarbonée Y02E 60/36		Pile à combustible Y02E 60/50	
Air Liquide	1256	Air Liquide	86	CEA	733	Robert Bosch	3247
BMW	607	Areva	30	Siemens	423	Audi	2675
Linde	525	Clariant	23	Industrie de Nora	256	Daimler	2322
Robert Bosch	346	Linde	20	Siemens Energy	207	Siemens	2322
CEA	255	Shell	15	CNRS	171	CEA	2186

Source : auteur dur base des données de Patbase (2023a ; 2023b ; 2023c ; 2023d).

Notre analyse du nombre de dépôts de demandes de brevet de 2012 à 2021 révèle une augmentation significative sur les 10 années. Le nombre de dépôts annuel passant de 302 en 2012 à 511 en 2021, soit une augmentation de 70 %. L'augmentation est sensible à partir de 2020. Elle peut être mise en lien avec l'augmentation générale des dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible analysée plus haut (tableau 4) ainsi que la montée des investissements dans le capital risque (tableau 1). L'Allemagne domine le classement du nombre de brevets enregistrés. Ce leadership est encore plus significatif dans le segment des PAC pour lequel l'Allemagne a déposé plus de 50 % des brevets des pays de l'UE 27 de 2012 à 2021.

Figure 5 - Dépôts de brevet dans l'hydrogène, par domaine d'application

Source : auteur sur base des données d'Espacenet.

Tableau 6 - Dépôt de brevet dans le domaine de l'hydrogène en UE-27 (2012 – 2021)

#	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
Allemagne	144	140	166	139	123	90	153	135	192	264	1.546
France	62	86	71	86	81	81	79	77	93	121	837
Pays-Bas	13	12	8	11	18	15	12	18	26	20	153
Danemark	6	13	22	11	9	13	7	24	22	21	148
Italie	20	4	13	13	11	16	18	6	9	32	142
Autriche	11	11	14	7	11	11	5	7	6	14	97
Belgique	11	8	6	10	9	11	7	11	5	12	90
Finlande	11	10	3	10	7	10	2	3	7	6	69
Espagne	8	7	6	2	8	1	8	5	7	5	57
Suède	3	3	1	2	7	7	3	7	6	9	48
Luxembourg	4	16	2	1	2	2	1		1		29
Pologne			2	4	2	1	2		3	4	18
Irlande		1	6	1		4		2		1	15
Portugal			1	1	2	1	3			1	9
Slovénie		2		1	1	1		2	2		9
Hongrie	1			3	2				1		7
Bulgarie		2	1	1					2		6
Rep. Tchèque				1				1	4		6
Roumanie	3		2								5
Estonie				1	1				2		4
Chypre	1		1					1			3
Grèce		1					1				2
Croatie	2										2
Slovaquie	2										2
Lituanie										1	1
Malte				1							1
TOTAL	302	316	325	306	294	264	301	299	388	511	3.306
Pile à combustible	213	200	200	169	168	135	165	158	207	272	1.887
Production décarbonée	54	55	73	75	75	77	76	91	109	122	807
Stockage	33	60	52	62	51	51	60	49	70	115	603
Distribution	2	1				1		1	2	2	9

Source : auteur sur base des données d'Espacenet.

4.5. Puissance planifiée d'électrolyse en 2030

De nombreux projets de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau sont à l'étude en UE.

Les projets les plus importants sont encore au stade de concept. C'est le cas de 101,6 GW sur

la puissance totale de 143,4 GW prévue d'ici 2030, ce qui représente 71 % de la puissance totale d'électrolyseur. Pour rappel, le plan REPowerEU (2022) estime qu'une puissance de 120 GW d'électrolyseur sera nécessaire pour arriver à produire 10 millions de tonnes d'hydrogène en Europe (Ansari, Grinschgl, & Maria Pepe, 2022). De surcroît, la base de données de l'Agence internationale de l'énergie (IEA) n'offre pas de détails concernant la viabilité technique de ces projets et doit donc être interprétée en grande partie comme une carte des ambitions. Elle révèle une Europe au rythme très diversifié. Toutefois, certains pays se démarquent. C'est le cas de l'Espagne, la France, l'Allemagne, le Danemark et les Pays-Bas. La projection de l'IEA (2022) révèle que ces pays sont en voie de dépasser la puissance de 10GW d'électrolyseur d'ici 2030.

Les deux régions qui attirent le plus de projets sont la péninsule ibérique et la région de la mer du Nord. En général, les zones côtières sont cruciales dans ce domaine car, d'une part, elles disposent d'un haut potentiel d'énergie renouvelable, principalement éolienne, et, d'autre part, de nombreuses entreprises avec un potentiel d'utilisation d'hydrogène vert élevé y sont installées. On y retrouve en effet beaucoup d'industrie chimique et de raffinage. Les énergies renouvelables permettent de produire de l'hydrogène vert. Ainsi, les pays avec un haut potentiel d'énergie renouvelable possèdent un atout durable pour produire cet hydrogène.

Cette importance des zones côtières s'oppose à la faible présence de projets en Italie, qui dispose pourtant de plus de 7000 kilomètres de côtes. En outre, l'analyse régionale effectuée par Wolf (2023) témoigne de grandes disparités régionales. C'est le cas des régions de l'Île-de-France et de la Lombardie, qui comprennent pourtant d'importantes zones industrielles. De manière générale et à l'exception de quelques projets de grande envergure, les puissances d'électrolyse prévues dans les pays de l'Est de l'UE sont faibles.

Cette carte est à mettre en rapport avec les potentiels techniques d'énergie renouvelable des pays de l'UE, ce compris les énergies solaires, éolienne et hydraulique. Les États membres avec le plus de puissance d'électrolyse à l'étude sont aussi ceux avec un potentiel d'énergies renouvelables élevé. Cependant, l'Italie, la Pologne, la Roumanie et la Grèce dans une moindre mesure, dont le potentiel technique d'électricité renouvelable est important, ont très peu de projets d'électrolyseurs à l'étude.

5. Analyse des parties prenantes

5.1. Entreprises

Le développement de l'hydrogène à grande échelle s'assimile au paradoxe de l'œuf et de la poule entre l'offre et le marché (Gaventa, Fischer, Dutton, Giannelle, & Bergamashi, 2019). L'accord provisoire entre le Conseil de l'UE et le Parlement européen de mars 2023 doit pallier ce problème. Il prévoit une utilisation minimale de 1 % d'hydrogène ou de carburant synthétique fabriqué à base d'hydrogène dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports d'ici 2030 (Conseil de l'Union européenne, 2023).

Pour tenter d'y remédier, de nombreux producteurs d'hydrogène propre ont conclu des accords avec des consommateurs d'hydrogène sur le long terme. Ainsi, les fabricants d'hydrogène sont assurés que leur produit trouvera acquéreur. En outre, pour diminuer les coûts de transport et pallier le manque actuel de gazoducs totalement adaptés à l'hydrogène, les producteurs s'établissent près de leurs consommateurs dans un premier temps. Les entreprises de l'industrie chimique, de production d'acier et de la mobilité poids lourd et ferroviaire étant souvent rassemblées dans certaines zones spécifiques, nous allons assister à la création de vallées de l'hydrogène. C'est également le souhait de la Commission européenne, entre autres avec la mise en place de l'European Hydrogen Valleys Partnership (Commission européenne, s.d.). Le développement de ces vallées de l'hydrogène est susceptible de s'implanter dans des zones où l'industrie chimique et métallurgique est importante, ainsi que dans des centres logistiques de marchandises. Toutefois, l'analyse régionale faite par Wolf (2023) révèle que les projets d'électrolyse prévus à moyen terme (5-8 ans) ne correspondent pas aux centres névralgiques de production d'acier, de l'industrie chimique et du transport commercial de fret. Par conséquent, le développement d'infrastructures de transport s'avérera crucial pour acheminer l'hydrogène de sa zone de production jusqu'à son consommateur.

Les entreprises sont centrales dans cette analyse, car des investissements dans la recherche et le développement ainsi que dans des projets industriels témoignent d'un engagement à long terme vis-à-vis de l'hydrogène. Les pouvoirs publics législateurs, en revanche, sont susceptibles de changer tous les quatre à six ans, selon la durée des mandats. Ainsi, un nouveau pouvoir politique pourrait effectuer un changement de direction par rapport à

l'hydrogène, ce qu'une entreprise est moins susceptible de faire. Biebuyck (interview personnelle, 2 août 2023) explique ainsi que l'Autriche était pionnière en matière d'hydrogène et que l'arrivée d'un nouveau gouvernement au pouvoir a changé le soutien des pouvoirs publics à la molécule.

Les entreprises qui retiennent notre attention dans la présente section sont les sociétés basées en UE et membre de l'association Hydrogen Europe ou de l'alliance industrielle, European Clean Hydrogen Alliance, qui font partie d'un secteur à haut potentiel pour l'hydrogène. Les secteurs à haut potentiel sont ceux dans lesquels l'hydrogène propre trouvera ses premières applications. Ces secteurs sont la mobilité poids lourd et ferroviaire, l'énergie, qui comprend le secteur de l'électricité, du pétrole et du gaz, ainsi que les services d'utilité publique, la chimie et la sidérurgie. Le choix de ces secteurs plus spécifiques se base sur la revue de littérature (cfr. 2,5). Elle s'accorde à dire que le secteur qui consommera le plus d'hydrogène propre en 2030 est la sidérurgie, suivi par la chimie (figure 1, p. 24).

Par la suite, nous avons effectué une analyse approfondie des entreprises européennes actives dans les secteurs à haut potentiel. Nous distinguerons, pour chaque secteur à haut potentiel, d'un côté les entreprises membres des deux groupements européens d'hydrogène, et de l'autre, les entreprises des secteurs à haut potentiel qui n'en font pas partie. L'objectif étant de déceler la position de chaque secteur à haut potentiel vis-à-vis de l'hydrogène. Les entreprises qui n'ont pas fait le choix stratégique de l'hydrogène sont soit neutres, soit en défaveur de son développement qui pourrait les impacter négativement.

La majeure partie des entreprises mères sont présentes dans les groupements européens d'hydrogène en leur nom propre. Ce n'est pas le cas des deux plus grands investisseurs en R&D de l'UE, Volkswagen et Mercedes-Benz. Concernant Volkswagen, ce sont les filiales de production de poids lourds Mann et Scania qui sont membres des groupements hydrogène, de même que la marque de voitures Audi. Quant à Mercedes-Benz, c'est sa filiale de poids lourds Daimler Truck qui est membre. Ces deux constructeurs sont donc majoritairement engagés dans le segment des poids lourds. De plus, certaines entreprises sont membres des groupements hydrogène, mais répertoriées dans la liste R&D UE 1000 ou le classement Forbes Global 2000 sous le nom d'une holding. C'est le cas de Plastic Omnium, présent dans les groupements sous ce nom, mais qui figure dans la liste R&D UE 1000 sous le nom Burelle.

De manière générale, signalons que toutes les entreprises européennes actives dans l'hydrogène développent des projets en partenariat avec d'autres entreprises. Elles ne veulent pas investir seules. La réussite de la transition vers l'hydrogène réside dans l'implication de l'ensemble des acteurs. Les projets conjoints permettent de limiter les risques et d'engager l'écosystème dans cette transition. Le tableau 7 détaille s'il existe des investissements conjoints ou des partenariats entre les entreprises du secteur automobile, ferroviaire, chimique, énergétique et sidérurgique membre des groupements hydrogène.

Tableau 7 – Partenariat ou investissement conjoint entre les entreprises de l'UE à haut potentiel

[illegible]

Source : auteur, sur base des rapports annuels et de la presse spécialisée.

5.1.1. Mobilité

Automobile

En 2021, l'industrie du transport était responsable de 24 % des émissions de gaz à effet de serre en Union européenne (European environment agency, 2022). Le transport des poids lourds a été à l'origine d'un quart des émissions totales du secteur du transport et 98,7 % de ces émissions proviennent de moteur diesel. Par conséquent, la question de la décarbonation est cruciale.

La filière de mobilité au gaz naturel est mature et de nombreux camions utilisent aujourd'hui ce carburant. Toutefois, les émissions de CO₂ ne peuvent être réduites que de 15 à 20 % grâce au gaz naturel (Divekar, Han, Zhang, Zheng, & Tjong). Bien que le gaz renouvelable puisse prendre le relais, son utilisation dans les transports routiers sera concurrencée par d'autres utilisations. C'est le cas notamment de la biomasse agricole qui risque d'être prioritaire pour la production de carburants durables pour l'aviation (Hauet & Lacire, 2022).

Les poids lourds électriques à batteries font partie de la filière en développement, qui profite des avancées considérables dans les batteries Li-ion destinées aux véhicules légers. Ils se présentent pour le moment comme l'alternative décarbonée pour le transport régional de poids lourd à tonnage moyen. Le recours à l'hydrogène pour les longues distances et les plus hauts tonnages semble techniquement et économiquement une bonne option (Hauet & Lacire, 2022). Un enjeu important réside dans les déploiements d'infrastructure de distribution d'hydrogène à prix compétitif. De plus, le transport longue distance induit une coordination entre les États dans le déploiement des stations de recharge.

Le passage de la mobilité lourde à l'hydrogène implique la mobilisation de tous les acteurs privés de la chaîne de valeur, soit les constructeurs, les équipementiers, les transporteurs et les gestionnaires d'infrastructure (Boucly, 2022).

En 2021, 470 000 poids lourds et bus ont été fabriqués en Union européenne, majoritairement en Allemagne, en Espagne, aux Pays-Bas et en France (figure 10, p. 104) (ACEA, 2022).

De surcroît, plusieurs stations de recharge d'hydrogène sont déjà en service en UE, selon la Clean Hydrogen Partnership. Si l'Allemagne domine de loin le classement avec 91 stations, suivie par la France avec 22 stations et les Pays-Bas avec 15 stations, cela ne représente qu'un pourcentage très faible par rapport au nombre total de pompes à essence en Europe. Les pays

qui disposent déjà d'infrastructure de recharge d'hydrogène sont plus enclins à adopter l'hydrogène pour le transport. La figure 11 (p. 104) détaille le nombre de stations de ravitaillement par pays.

En parallèle, le Conseil de l'UE a récemment adopté une nouvelle loi augmentant les ambitions de stations de recharge d'hydrogène pour les voitures à passagers et les poids lourds. L'objectif étant de déployer une station de ravitaillement tous les 200 kilomètres du Réseau transeuropéen de transport (RTE-T) (Conseil de l'Union européenne, 2023).

En sus, le transport routier de marchandises est important en UE. En 2021, il a fait l'objet de 1,934 milliard de tonnes-kilomètres. Les activités les plus importantes ont lieu en Allemagne, en France, en Espagne, en Pologne et en Italie (figure 12, p. 105). L'hydrogène se positionne pour le transport poids lourds longue distance. Ainsi, il conviendrait aux pays avec un transport routier important.

Dans le même ordre d'idée, les États membres qui connaissent un transport de marchandises élevé sur leur territoire sont plus disposés à pousser le développement de l'hydrogène qui se présente comme option crédible pour le transport longue distance. À nouveau, l'Allemagne domine le classement avec 480 000 millions de tonnes-kilomètres en 2021.

La liste des 1000 entreprises européennes qui ont eu les dépenses de R&D les plus élevées en 2021 contient 45 entreprises actives dans le secteur automobile, dont 15 sont membres des associations européennes d'hydrogène.

Tableau 8 - Entreprises automobiles de l'UE membres des groupements d'hydrogène

Entreprise	Nationalité	Activité	R&D Mio EUR	R&D % du CA
BMW	Allemagne	Constructeur	6.870	6,2
Mercedes-Benz	Allemagne	Constructeur	8.973	5,3
Volkswagen	Allemagne	Constructeur	15.583	6,2
ElringKlinger	Allemagne	Equipementier	78	4,8
Mahle	Allemagne	Equipementier	666	6,1
Robert Bosch	Allemagne	Equipementier	6.328	8,0
Schaeffler	Allemagne	Equipementier	751	5,4
Renault	France	Constructeur	2.361	5,1
Burelle	France	Equipementier	212	2,9
Faurecia	France	Equipementier	1.206	7,7
Michelin	France	Equipementier	682	2,9
Stellantis	France-Italie	Constructeur	5.889	3,9
Iveco	Italie	Constructeur	509	4,0
VDL Groep	Pays-Bas	Constructeur	159	3,5
Volvo Group	Suède	Constructeur	1.802	5,0

Source : Commission européenne (2022c).

Les plus grandes entreprises qui ne sont pas membres ont tout de même des activités hydrogène, comme Continental et ZF Friedrichshafen. Ensuite, certaines entreprises sont légèrement engagées dans l'hydrogène, en ne proposant que quelques composants pour des systèmes de stockage d'hydrogène ou pour les piles à combustible (PAC), mais témoignent un fort engagement dans les batteries électriques, ce qui révèle d'un choix de mobilité. C'est par exemple le cas de Valeo. Enfin, d'autres firmes ne sont pas impliquées du tout dans l'hydrogène, car la fabrication de composantes pour les systèmes de propulsion ne rentre pas dans leurs activités comme Polytec et Haldex.

L'analyse des rapports annuels 2022 des entreprises sélectionnées de la liste montre que les constructeurs automobiles voient du potentiel dans le développement du transport routier poids lourd avec de l'hydrogène pour des longues distances. L'hydrogène est le plus souvent envisagé avec une pile à combustible, mais parfois par combustion. Ainsi, les groupes Volkswagen et Mercedes Benz sont impliqués dans les associations d'hydrogène uniquement via leurs filiales Man et Scania (Volkswagen, 2023) pour le premier et Daimler Truck pour le second (Mercedes Benz, 2023). En effet, l'utilisation de l'hydrogène pour les véhicules commerciaux légers et particulièrement pour les voitures est loin de faire l'unanimité.

Toutefois, le constructeur BMW a développé et produit à environ 100 exemplaires une voiture à PAC, le modèle iX5, actuellement en phase de test sur des marchés clés à haut potentiel pour l'hydrogène (Europe, Japon, États-Unis, Corée du Sud) (BMW Group, 2023).

À côté du transport poids lourd, l'activité des bus à hydrogène se développe également. La demande émane majoritairement de collectivités qui disposent de plus de moyens.

Parmi les entreprises de la liste de membres des associations européennes d'hydrogène, nous distinguons deux catégories. La première est constituée des constructeurs automobiles. Il s'agit de Volkswagen, Mercedes-Benz, BMW, Stellantis, Renault, Volvo, Iveco et VDL. La seconde comprend les équipementiers tels que Robert Bosch, Faurecia, Schaeffler, Michelin, Mahle, Burelle et Elringklinger. Les constructeurs automobiles se fournissent chez les équipementiers. Ainsi, notre analyse révèle que les équipementiers sont à un stade plus avancé que les constructeurs automobiles. Par exemple, la société française Plastic Omnium (Burelle) a investi plus 375 Mio EUR dans l'hydrogène depuis 2015 (dont 76 Mio EUR en 2022). Elle a conclu de gros contrats avec les constructeurs automobiles Stellantis et Renault (via sa

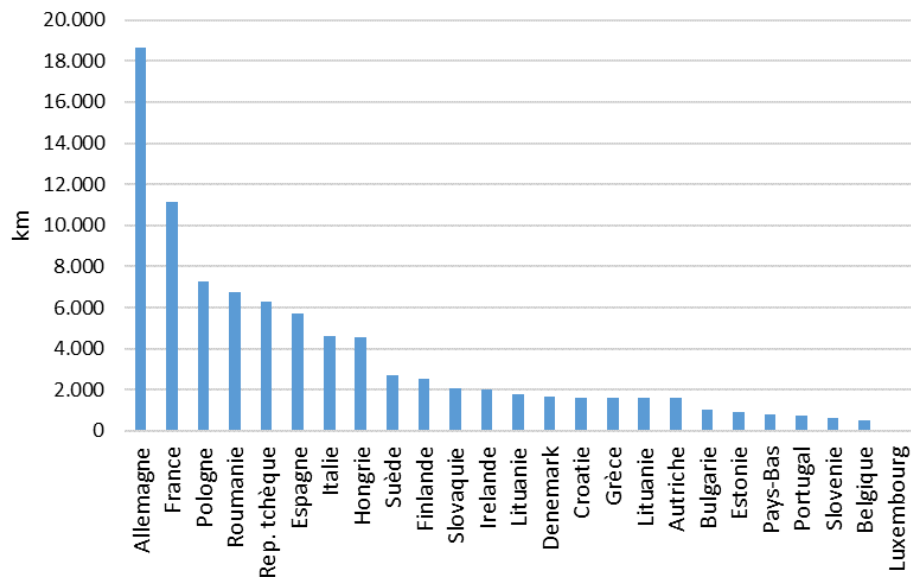
filiale Hyvia) et connaît déjà des commandes pour une valeur de plus d'un milliard d'euros d'ici 2030. Par ailleurs, elle bénéficie d'une aide de 74 Mio EUR de l'État français pour la construction d'une usine de production de réservoir (Burelle, 2023). En parallèle, Stellantis et Renault ont annoncé le début de la production industrielle de véhicule utilitaire à l'hydrogène avec une production attendue de 5 000 véhicules utilitaires attendus en 2024 pour le premier (Stellantis, 2023).

Notons que Stellantis et Hyvia procèdent à contrecourant en pariant sur les véhicules utilitaires à l'hydrogène, là où la plupart de la littérature s'accorde pour dire que ce segment sera dominé par les batteries électriques.

De plus, les équipementiers sont très interconnectés dans le domaine de l'hydrogène. L'entreprise fabricante de pile à combustible Symbio, une co-entreprise entre Faurecia, Michelin et Stellantis, a conclu un accord avec l'équipementier Schaeffler pour la production de plaques bipolaires (Schaeffler, 2023). Ensuite, les équipementiers Burelle et ElringKlinger sont rassemblés autour du producteur de systèmes de pile à combustible EKPO, qui possède déjà une usine de production d'une capacité annuelle de 10 000 PAC (ElringKlinger, 2023).

Ferroviaire

Le transport ferroviaire est considéré comme une solution écologique pour le futur des transports. En matière d'environnement, il est le mode de transport de passagers le plus efficace : la consommation d'énergie par passager-kilomètre est la plus faible, en moyenne dix fois inférieure à celle des transports routiers ou aériens. Le transfert modal nécessaire pour réduire l'empreinte carbone du transport (passager et fret) va augmenter considérablement la part du train dans l'ensemble des mobilités (Dufour & Kaba, 2022). L'Union européenne possède un réseau ferré de plus de 200 000 kilomètres, dont 56 % est électrifié par caténaire. Ainsi, 90 000 km du réseau ne sont pas électrifiés (Eurostat, 2022). Les trains qui y circulent reposent uniquement sur le diesel. Le potentiel des trains à l'hydrogène par rapport aux trains à batterie uniquement se manifeste sur les trajets longue distance (>100 km). Les trains hybrides, batterie et PAC sont aussi envisagés (Dufour, 2022).

Figure 6 - Longueur du réseau ferroviaire non-électrifié (2021)

Source : Eurostat (2023c).

En outre, le coût total de possession des trains utilisant l'hydrogène est similaire à celui des trains diesel, sans compter les diminutions futures de coût de la production d'hydrogène vert.

Nous avons identifié trois entreprises qui fabriquent des trains dans la liste R&D UE 1000 et les entreprises européennes du classement Forbes Global 2000. Il s'agit d'Alstom (FR), de Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (ES) et de Siemens (DE). Toutes sont membres des associations d'hydrogène et sont engagées dans le développement de trains à l'hydrogène. Le Coradia ILint d'Alstom est déjà en circulation dans plusieurs régions et d'autres opérateurs ferroviaires européens en ont passé commande chez le constructeur Alstom. C'est le cas d'opérateurs français, italiens, allemands et polonais notamment (Alstom, 2022). Les trains à hydrogène de Siemens et de CAF sont quant à eux en phase finale de test sur le réseau.

Tableau 9 - Constructeurs ferroviaires de l'UE membres des groupements d'hydrogène

Entreprise	Nationalité	R&D Mio EUR	R&D % du CA
Siemens	Allemagne	5.136	8,2
CAF	Espagne	27	0,9
Alstom	France	585	3,8

Source : Commission européenne (2022c).

Notons également que plusieurs États membres de l'UE ont programmé l'interdiction de circulation de trains diesel sur leur territoire. Ceci induit que les opérateurs trouvent une solution plus verte, l'hydrogène figure comme option crédible. L'association européenne de

l'industrie ferroviaire, qui réunit les acteurs de la chaîne de valeur des pays européens, est d'ailleurs favorable à cette option. Par ailleurs, cette industrie emploie 400 000 personnes en Europe et génère un chiffre d'affaires de 12,5 milliards d'euros (UNIFE, 2023).

Le transport ferroviaire est une des applications de l'hydrogène les plus avancées. L'engagement des trois firmes constructrices de train ainsi que les commandes des opérateurs ferroviaires de différents pays témoignent d'un très fort intérêt du secteur dans l'hydrogène. Enfin, des locomotives pour le transport de fret devraient être sur les rails d'ici 2025 (Alstom, 2022).

5.1.2. Energie

Le secteur de l'énergie est essentiel dans l'émergence d'un écosystème de l'hydrogène. D'un côté, ce sont les entreprises de ce domaine qui vont produire l'hydrogène nécessaire dans un premier temps, et assurer son transport dans un second temps ; de l'autre, le secteur du pétrole et du gaz est le plus gros consommateur d'hydrogène de l'Union européenne. Le raffinage constitue actuellement 50 % de la demande totale d'hydrogène tandis que la production d'ammoniac constitue 30 % de celle-ci (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, 2022).

La liste R&D UE 1000 et le classement Forbes Global 2000 contiennent 37 entreprises européennes actives dans le secteur de l'énergie. Nous comprenons la production d'électricité, le transport d'électricité et du gaz et le secteur du pétrole et du gaz comme faisant partie du secteur de l'énergie, en ce compris le raffinage, qui peut être associé à la chimie. 29 de ces 37 entreprises énergétiques sont membres des groupements hydrogènes, en ce compris 11 des 12 sociétés actives dans le pétrole et le gaz, ce qui démontre un réel engagement. Par ailleurs, l'entreprise du secteur du pétrole et du gaz qui n'est pas membre Saras est tout de même impliquée dans des projets de production d'hydrogène, notamment avec Enel dans le cadre du projet SardHy Green Hydrogen, qui bénéficie d'ailleurs de subsides dans le cadre du plan de Projets Importants d'Intérêt Européen Commun (IPCEI) Hy2Use.

Les entreprises pétrolières comptent commencer par décarboner leur propre activité de raffinage au moyen d'hydrogène bas carbone. C'est par exemple le cas de TotalEnergies avec ses raffineries de Leuna en Grèce et à Zeeland aux Pays-Bas (TotalEnergies, 2023), de Motor

Oil avec sa raffinerie de Corinthe en Grèce (Motor Oil, 2023), et de MOL avec sa raffinerie du Danube (MOL Group, 2023).

Tableau 10 - Entreprises énergétiques de l'UE membres des groupements d'hydrogène

Entreprise	Nationalité	R&D Mio EUR	R&D % du CA
E.ON	Allemagne	155	0,2
EnBW	Allemagne	55	0,2
RWE	Allemagne	22	0,1
OMV	Autriche	58	0,2
Verbund	Autriche	14	0,3
Elia	Belgique	62	2,4
Orsted	Danmark	286	0,2
Iberdrola	Espagne	337	0,9
Repsol	Espagne	81	0,2
Fortum	Finlande	61	0,1
Neste	Finlande	67	0,4
EDF	France	694	0,8
Engie	France	159	0,2
TotalEnergies	France	728	0,4
Veolia Environnement	France	92	0,3
Hellenic Petroleum	Grèce		
Motor Oil	Grèce		
Public Power	Grèce		
MOL	Hongrie		
A2a	Italie		
Enel	Italie	44	0,1
Eni	Italie	177	0,2
Hera	Italie	52	0,5
Snam	Italie	148	4,5
Shell	Pays-Bas	720	0,3
PKN Orlen	Pologne		
EDP	Portugal	103	0,7
Galp Energia	Portugal		
Vattenfall	Suède	72	0,4

Source : Commission européenne (2022c).

Les estimations actuelles statuent que l'hydrogène bas carbone sera dans un premier temps produit à partir de gaz naturel, par reformage avec capture et stockage de carbone, et à partir d'électricité renouvelable, par électrolyse de l'eau (IEA, 2022). Les firmes énergétiques sont clés dans ces deux cas. À long terme, la part d'hydrogène produite à partir d'énergie renouvelable est vouée à augmenter au détriment de l'hydrogène bleu (CSC ou CSUC).

L'électrification est essentielle dans la transition énergétique. L'émergence d'une économie de l'hydrogène va augmenter la demande en électricité. Les entreprises productrices d'électricité sont, par conséquent, très favorables à l'hydrogène. Notons également que plusieurs grandes entreprises originellement actives dans les énergies fossiles se diversifient dans la production d'énergies renouvelables. C'est notamment le cas d'Eni, de TotalEnergies et de Shell.

La croissance de la demande d'électricité verte conduit les entreprises énergétiques à investir dans de nouvelles capacités d'énergie renouvelable, majoritairement de l'éolien et du photovoltaïque, ainsi que dans des puissances d'électrolyseur pour produire de l'hydrogène vert. Plusieurs entreprises énergétiques ont d'ailleurs établi des objectifs clairs de puissance d'électrolyseur pour 2030, comme Eni qui a prévu d'installer une puissance d'électrolyseur de 4 GW au Royaume-Uni d'ici 2030 (Eni, 2023), EDF avec un objectif d'une puissance de 3 GW d'ici 2030 (EDF, 2023) et RWE qui prévoit 1 GW d'ici 2030 (RWE, 2023). À cet égard, les entreprises énergétiques ont même conclu des partenariats en vue de tout investir dans des puissances d'électrolyseur, comme Engie, Orsted et Iberdrola (Engie, 2023). De plus, les entreprises énergétiques comptent développer un réseau de stations de ravitaillement d'hydrogène pour le transport routier. L'entreprise TotalEnergies illustre bien cette transition au Benelux et en Allemagne. L'entreprise s'est séparée de ses stations d'énergie fossile pour développer un réseau de stations de chargement électrique et hydrogène (TotalEnergies, 2023).

Ensuite, les producteurs d'électricité préparent la transition de leurs centrales électriques à charbon ou à gaz vers de l'hydrogène. Par exemple, les nouvelles turbines à gaz de l'entreprise allemande EnBW, produites par Siemens Energy, sont déjà compatibles avec l'hydrogène (EnBW, 2023). Ces centrales électriques resteront nécessaires pour pallier à l'intermittence des énergies nouvelles. Les entreprises énergétiques investissent aussi dans le stockage de l'hydrogène. C'est notamment le cas d'EDF en Allemagne via sa filiale Framatome (EDF, 2023) et de Snam, le numéro 1 du transport de gaz naturel en Europe (Statista, 2023a).

Le développement d'un réseau de gazoducs pour acheminer l'hydrogène aux centrales est par conséquent crucial. Ainsi, les entreprises de transport gazier modernisent leur réseau en vue de le rendre compatible avec le transport de mélanges de gaz naturel et d'hydrogène dans un premier temps, et uniquement de l'hydrogène dans un second temps. C'est notamment le cas d'E.ON, Snam et Enel (E.ON, 2023 ; Snam, 2023 ; Enel 2023).

En parallèle, les entreprises énergétiques investissent aussi énormément dans le biogaz, majoritairement le biométhane. Ce gaz constitue une alternative propre à l'hydrogène, et peut sa production peut être augmentée plus rapidement dans l'immédiat, car la technologie est plus mature et plus simple à mettre en place. Toutefois, la matière organique nécessaire à la

fabrication de biogaz est limitée. L'écosystème du biogaz est actuellement bien plus développé que celui de l'hydrogène propre, encore à ses balbutiements. Les investissements des firmes énergétiques dans le biogaz sont plus élevés que ceux dans l'hydrogène. Ainsi, plusieurs entreprises comme Eni et Snam modernisent leurs infrastructures pour les rendre compatibles au biométhane et à l'hydrogène (Eni, 2023 ; Snam, 2023).

Notre analyse des rapports annuels des entreprises énergétiques montre que le biogaz et les biocarburants sont l'option préférée pour décarboner le secteur à court et moyen terme, majoritairement car l'expansion de l'écosystème du biogaz à court terme est plus simple que celui de l'hydrogène. Les firmes du pétrole et du gaz produisent déjà du biogaz, là où la production d'hydrogène propre est pratiquement nulle. Par conséquent, les investissements à court et moyen terme dans les capacités de production de bioalternative sont plus nombreux que ceux dans l'hydrogène. Ainsi en 2022, les dépenses opérationnelles pour la production de biogaz ou de biocarburant de TotalEnergies étaient de 30 millions d'euros⁴ (0,8 % du total des investissements), tandis qu'elles s'élèvent à 7 Mio EUR pour la production d'hydrogène gris (TotalEnergies, 2023). La même année, les dépenses en R&D de l'entreprise italienne Snam s'élevaient à 100 Mio EUR pour l'hydrogène et 550 Mio EUR pour le biométhane (Snam, 2023).

Les entreprises actives dans le secteur du pétrole et du gaz sont favorables à l'hydrogène, car il peut se produire à partir de gaz naturel, ce qui maintiendrait un certain niveau de demande d'énergie fossile. De plus, les entreprises gestionnaires des gazoducs voient dans l'hydrogène un nouveau gaz à transporter, et donc la pérennité de leur activité. De plus, ces conduites peuvent aussi servir à transporter le CO₂ capté lors de la production d'hydrogène avec des combustibles fossiles. Elles sont donc très engagées de l'émergence d'une économie de l'hydrogène, pourvu que la fabrication d'hydrogène par reformage soit bien acceptée. Toutes les entreprises déclarent être en faveur de la capture et du stockage de carbone ou de son usage.

Notre analyse des rapports annuels des entreprises de la liste actives dans les secteurs de l'énergie, de la chimie, de la mobilité et de la sidérurgie révèle que ce sont les entreprises

⁴ En USD dans le rapport annuel. 1USD = 0,93EUR (taux au 1^{er} janvier 2023).

énergétiques qui ont conclu le plus de partenariat ou fait le plus d'investissements conjoints avec d'autres entreprises (tableau 7, p. 40).

5.1.3. Chimie

En 2021, l'industrie chimique de l'Union européenne émettait 150 millions de tonnes de gaz à effet de serre (Eurostat, 2023).

Le secteur chimique⁵ européen est important en Union européenne. Le chiffre d'affaires cumulé était de 594 Mrd EUR en 2021, dont 29 % en Allemagne et 17 % en France. L'Italie (10 %), les Pays-Bas (10 %), l'Espagne (8 %) et la Belgique (7 %) viennent continuer le classement (figure 14, p. 105). Plus d'un quart de ce chiffre d'affaires est dû à la pétrochimie, activité la plus créatrice de valeur ajoutée (Cefic, 2023). De plus, le secteur est source de 1,24 million d'emplois directs en Union européenne (VIC, 2023).

De nombreuses entreprises chimiques de l'UE sont présentes dans la liste R&D UE 1000 et le classement Forbes Global 2000 s'élève à 38. Sept sont membres des groupements hydrogène. C'est le cas de plus grands producteurs d'hydrogène de l'UE Air Liquide et Linde. Cet hydrogène est pour le moment gris, mais les deux entreprises comptent à l'avenir produire à l'hydrogène bas carbone (Air Liquide, 2023 ; Linde, 2023). Air Liquide est très engagé dans la transition hydrogène. De fait, les activités liées à l'hydrogène et au monoxyde de carbone représentent 41 % de chiffre d'affaires de l'entreprise, soit 10,5 Mrd EUR en 2022. Busquin (interview personnelle, 28 juillet 2023) évoque d'ailleurs que l'entreprise était déjà très impliquée alors qu'il était Commissaire européen. L'entreprise dispose par ailleurs du plus long réseau de gazoducs d'hydrogène en Europe l'UE (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, s.d.). L'entreprise Solvay compte utiliser de l'hydrogène vert pour ses activités de production de peroxyde d'hydrogène (Solvay, 2023) tandis qu'Arkema se positionne dans la fabrication d'équipements liés à l'hydrogène comme les liners en plastique des réservoirs (Arkema, 2023). Il en va de même pour Evonik qui propose des valves (Evonik, s.d.) et de Wacker qui produit du silicone pour les PAC (Wacker, 2023).

⁵ Industrie pharmaceutique non comprise.

Tableau 11 - Entreprises chimiques de l'UE membres des groupements hydrogène

Entreprise	Nationalité	R&D Mio EUR	R&D % du CA
BASF	Allemagne	2.248	2,9
Evonik Industries	Allemagne	464	3,1
Linde	Allemagne	126	0,5
Wacker Chemie	Allemagne	164	2,6
Solvay	Belgique	273	2,7
Air Liquide	France	232	1,0
Arkema	France	243	2,6

Source : Commission européenne (2022c)

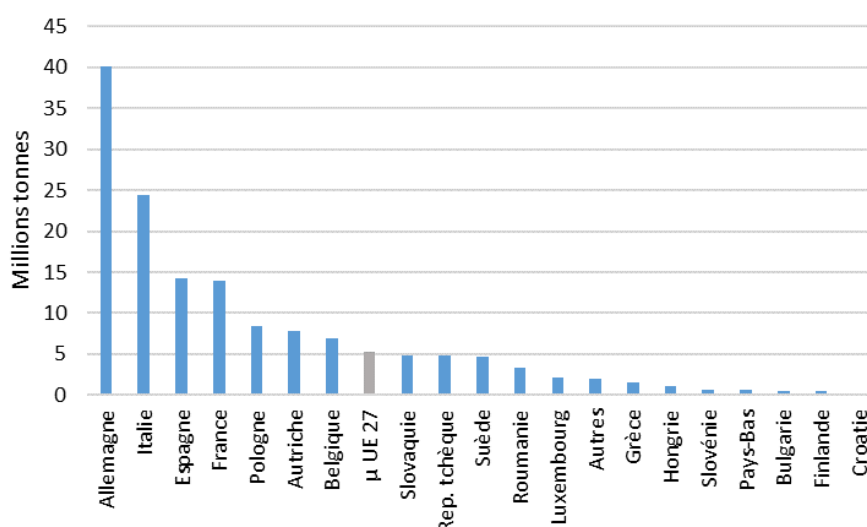
Toutefois, 31 entreprises européennes du secteur chimique demeurent en dehors des groupements hydrogène, ce qui représente 81 % des entreprises chimiques. Nous n'avons pas pu déterminer s'il s'agissait d'un désintérêt pour l'hydrogène de la part de celles-ci ou si l'hydrogène ne pouvait simplement pas être utilisé comme substitut pour décarboner leur production.

5.1.4. Sidérurgie

La sidérurgie est responsable de 7 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre dans le monde. La production d'acier nécessite une grande quantité d'énergie, car elle s'opère à des températures élevées. Les émissions sidérurgiques par tonne produite en Europe ont déjà été réduites grâce à la substitution du charbon par du gaz naturel, dont les émissions résiduelles peuvent éventuellement être stockées par CSC.

Les récentes décisions politiques ont permis l'émergence de projets industriels liés à l'hydrogène. De plus, l'hydrogène possède des propriétés de réduction intéressantes par rapport au monoxyde de carbone (Birat, 2022).

En 2021, l'UE a produit 8 % de l'acier mondial. De cette activité découle 2,491 millions d'emplois, dont 308 000 directs, 1,5 million indirects et 706 000 induits. L'ensemble a créé une valeur ajoutée brute de 135 milliards d'euros (Eurofer, 2022). Il s'agit donc d'un secteur crucial en matière d'économie, mais également en matière d'indépendance face aux autres régions du monde. En effet, de nombreux secteurs, notamment ceux de l'automobile, de la construction, de l'électronique, de la mécanique et de l'électrotechnique, sont directement liés à la production d'acier. Il est donc crucial, dans l'objectif de l'UE, d'augmenter la part de l'industrie dans le PIB. Les principaux pays producteurs d'acier sont l'Allemagne en tête (26 %), l'Italie (16 %), l'Espagne (9,3 %) et la France (9,1 %).

Figure 7 - Production d'acier brut (2021)

Source : Eurofer (2022).

Ainsi, les entreprises qui fabriquent de l'acier ont déjà de nombreux projets d'usines qui utilisent l'hydrogène. La carte en figure 14 (p. 106) détaille le nombre de projets impliquant l'utilisation de l'hydrogène pour fabriquer de l'acier jusqu'en 2030. L'Allemagne, l'Italie et l'Espagne, qui dominent la production d'acier en UE, connaissent plusieurs projets de production impliquant l'hydrogène. Notons également que la Suède, dont la production annuelle d'acier est sous la moyenne européenne, a six projets sur son territoire. Ceci démontre un engagement fort de ce pays en faveur de l'hydrogène.

Le potentiel principal de l'hydrogène dans la métallurgie réside dans la sidérurgie. Toutefois, l'hydrogène peut aussi être utilisé pour la fabrication d'aluminium et de cuivre, comme l'a montré le projet test de l'entreprise Aurubis à Hambourg (Aurubis, 2022).

Nous avons identifié 18 entreprises actives dans le secteur de la métallurgie dans la liste, dont la moitié sont membres des associations européennes d'hydrogène.

Tableau 12 - Entreprises sidérurgiques de l'UE membres des groupements d'hydrogène

Entreprise	Nationalité	R&D Mio EUR	R&D % du CA
Salzgitter	Allemagne	72	0,7
Thyssenkrupp	Allemagne	248	0,7
Voestalpine	Autriche	174	1,1
Acerinox	Espagne	16	0,2
ArcelorMittal	Espagne, France, Lux.	275	0,4
Outokumpu	Finlande	13	0,2
SSAB	Suède	34	0,4

Source : Commission européenne (2022c).

Parmi celles qui n'en font pas partie, sept ne produisent pas d'acier ou de fer (activités sidérurgiques), mais souvent de l'aluminium. Nous considérons donc ces entreprises comme neutres, voire légèrement favorables, par rapport à l'émergence d'une économie de l'hydrogène, car elles pourront bénéficier de la maturité du marché de l'hydrogène si elles veulent décarboner leur production à long terme. Leurs activités ne seront pas impactées. En revanche, les entreprises Bekaert, Aperam et Voestalpine sont bien actives dans la sidérurgie et ne sont pas membres des groupements d'hydrogène.

L'utilisation de l'hydrogène pour produire de l'acier et du fer a déjà fait ses preuves. C'est le cas du projet Hybrit en Suède (SSAB, 2023) et H2 SteelLab en Allemagne (Salzgitter, 2023). Plusieurs firmes sidérurgiques membres des associations d'hydrogène sont impliquées dans des projets à échelle industrielle de production d'acier et de fer à l'aide de l'hydrogène pour décarboner la filière. Les investissements nécessaires pour développer la production à l'échelle industrielle étant très élevés, les entreprises sidérurgiques bénéficient d'un soutien massif des autorités publiques. C'est notamment le cas d'ArcelorMittal, qui a reçu 450 millions d'euros de subside du gouvernement espagnol pour construire une usine de production d'acier vert, l'investissement total étant de 1 milliard d'euros. Notons également que l'entreprise a des projets de fabrication d'acier vert au Brésil, où Linde produire l'hydrogène nécessaire (ArcelorMittal, 2023).

Toutefois, certaines firmes métallurgiques envisagent d'abord utiliser du gaz naturel, potentiellement mélangé à de l'hydrogène, avant de passer uniquement à la production à l'aide de l'hydrogène, et ce en raison de la question de la suffisance de production d'hydrogène sur le marché (Salzgitter, 2023). Le biométhane est également envisagé comme solution pour décarboner la production si l'hydrogène venait à manquer (Acerinox, 2023). Pour répondre à cette problématique, la majorité des entreprises développent des accords avec des entreprises tierces afin de garantir la production d'hydrogène vert à côté de leurs usines. C'est par exemple le cas d'ArcelorMittal et RWE en Allemagne et AirLiquide en France (ArcelorMittal, 2023), ou de Voestalpine avec Linde en Autriche (Voestalpine, 2023).

Par ailleurs, les projets tests de réduction de fer avec de l'hydrogène ont révélé des propriétés physiques supérieures au processus de fabrication classique (SSAB, 2023). De plus, les

fabricants d'acier mentionnent également l'importance de s'aligner sur la taxonomie européenne.

En conclusion, les entreprises sidérurgiques européennes sont favorables à l'émergence de l'hydrogène. L'association des producteurs d'acier européens qui détaille les projets de production d'acier à l'aide de l'hydrogène devrait voir le jour d'ici 2030. Plusieurs d'entre eux bénéficient d'aides d'État. L'association estime que le nombre de projets devrait encore augmenter.

5.2. Législateur

En juillet 2020, la Commission européenne adoptait une stratégie hydrogène, mettant en avant le rôle essentiel de cette molécule pour décarboner l'industrie, le transport, l'énergie et le secteur du chauffage (Commission européenne, 2020). Certains États membres disposaient déjà de stratégies en matière d'hydrogène, mais la publication de la stratégie européenne pour l'hydrogène a donné un élan supplémentaire (Fleishman Hillard, 2022).

Le tableau 15 (p. 107) traduit l'état d'avancement des stratégies nationales en matière d'hydrogène des États membres. Il ne reflète pas nécessairement le niveau de maturité de l'hydrogène dans le pays. Toutefois, les États ayant publié leur stratégie nationale têt témoignent d'un engagement significatif de ceux-ci vis-à-vis de l'hydrogène. Les pouvoirs publics de ces pays sont par conséquent enclins à pousser l'Union européenne dans la transition énergétique vers l'hydrogène. Notons que Chypre, la Lettonie, Malte et la Slovénie n'ont encore pas publié de document concret en la matière.

Nous avons parcouru les documents officiels concernant l'hydrogène publié par les États membres. Toutefois, au-delà des stratégies nationales d'hydrogène et annonces que celles-ci contiennent, cette section vise à analyser le soutien concret des pouvoirs publics à la transition énergétique vers l'hydrogène. L'allocation précise d'aides d'État à un certain projet témoigne que les pouvoirs publics sont réellement actifs pour favoriser l'émergence d'une économie de l'hydrogène.

Projet important d'intérêt européen commun

Les aides d'État font l'objet d'un contrôle strict de la part de la Commission européenne. Ainsi, l'article 107 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE) mentionne que

« les aides destinées à promouvoir la réalisation d'un projet important d'intérêt européen commun » « peuvent être considérées comme compatibles avec le marché intérieur ». Ces aides d'État visent à pallier le manque de concrétisation d'initiatives du secteur privé soutenant les innovations de rupture et les infrastructures, en raison de risques importants (European Commission, s.d.). La Commission a jusqu'à présent adopté deux séries d'aides d'État de projets importants d'intérêt européen commun (IPCEI) relatifs à l'hydrogène propre.

La première série, baptisée « Hy2Tech » et validée en juillet 2022 par la Commission, octroie un total de 5,4 milliards d'euros à 41 projets différents dans 15 États membres. Ces aides devraient entraîner des investissements privés d'un montant de 8,8 Mrd EUR.

Le second IPCEI, baptisé « Hy2Use » et validé en septembre 2022, soutient 35 projets dans 13 pays différents. Son montant s'élève à 5,2 Mrd EUR. Le secteur privé devrait investir 7 Mrd EUR.

Tableau 13 — Nombre de projets soutenus par des aides d'État

# projets	FR	ES	IT	NL	AT	BE	DE	FI	GR	DK	EE	PL	CZ	HR	PT	SE	SK	Total
IPCEI Hy2Tech	10	3	6	1	5	2	4	1	2	1	2	1	1	1	1			41
IPCEI Hy2Use	2	7	4	9	2	4		2	1	1		1				1	1	35

Source : auteur sur la base de la Commission européenne.

Ces aides d'État ne font pas l'objet de financements européens. Par conséquent, les subsides accordés par les États dans le cadre des IPCEI témoignent d'un soutien fort de la part des pouvoirs publics. Notons qu'elles sont conditionnées à la décision finale d'investissement des entreprises.

La Bulgarie, Chypre, la Hongrie, l'Irlande, la Lituanie, le Luxembourg, la Lettonie, Malte, la Roumanie et la Slovaquie sont absents de cette liste.

Points de vue nationaux

Dans cette section, nous nous intéresserons aux États membres dont la population représente plus de 2,5 % de la population totale de l'Union européenne : l'Allemagne, la France, l'Italie, l'Espagne, la Pologne, la Roumanie, les Pays-Bas et la Belgique. Leur vision est très importante, car ils disposent de plus de poids au Conseil de l'Union européenne, étant donné que les votes se font à majorité qualifiée. La majorité qualifiée nécessite 55 % de vote favorable des États membres qui représentent au moins 65 % de la population totale de l'UE. Le tableau 36 (p.

114) détaille le poids démographique de chaque État membre. Les autres pays font l'objet d'une analyse plus brève disponible en annexe (p. 99). De plus, les tableaux 16 à 34 (p. 108 - 113) détaillent en profondeur l'activité économique des 116 entreprises de l'UE et des 54 entreprises hors UE dans les pays 8 États membres avec une population supérieure à 2,5 % de la population totale de l'UE.

Notre focus se pose sur les États membres de l'UE car ils constituent le Conseil de l'Union européenne, qui est l'institution législative européenne avec le plus de pouvoir. La Commission européenne doit faire valider ses propositions par le Conseil de l'UE, tandis que le Parlement européen est encore dépendant du Conseil, notamment en termes de compétences légales (Creel, Leron, Ragot, & Saraceno, 2021).

Tant notre revue de littérature, que nos interviews individuelles ont révélé qu'il n'y a pas d'État membre de l'UE qui milite contre le développement de l'hydrogène. Ainsi, Lavis (interview personnelle, 25 juillet 2023) mentionne que « certains (États) sont plus proactifs que d'autres » tandis que le Cabinet de Charles Michel (interview personnelle, 12 juillet 2023) mentionne que certains États « optent pour la position de spectateur ».

Ainsi, nous définissons quatre différents niveaux d'engagement vis-à-vis de la transition énergétique vers l'hydrogène : forte implication, implication modérée à tendance croissance, implication modérée à tendance décroissante et peu ou pas d'implication.

L'implication d'un État membre est établie sur base des documents publiés, de l'activité économique nationale du secteur privé dans le domaine, du potentiel des applications sur le territoire et des incitations mises en place par les pouvoirs publics.

5.2.1. Forte implication

Allemagne (18,59 % de la population de l'UE)

L'Allemagne est l'enclave de nombreuses entreprises nationales. De fait, 32 % des 116 entreprises reprises dans notre analyse sont de nationalité allemande. Le tableau 16 (p. 108) détaille les entreprises allemandes des secteurs à haut potentiel, ainsi que leurs projets et activités en matière d'hydrogène.

Dans le secteur de l'automobile, les grands acteurs de l'industrie automobile sont impliqués, pour le transport lourd dans le cas de Volkswagen et Mercedes-Benz et aussi dans les véhicules

plus légers dans le cas de BMW. Par ailleurs, l'Allemagne dispose de 91 stations de recharge d'hydrogène, ce qui représente 59 % du total de l'UE (Clean Hydrogen Partnership, 2023). Le pays est également le plus grand fabricant de camions et bus de l'UE (ACEA, 2022).

Notre analyse révèle aussi que 10 acteurs allemands présents sur le classement UE R&D 1000 du secteur de l'automobile ne sont pas membres des associations hydrogène. C'est par exemple le cas de Continental, ZF, Rheinmetall et Eberspaecher. Cependant, ceux-ci sont bien actifs, dans une moindre mesure, dans le secteur de l'hydrogène. En revanche, cinq entreprises n'ont pas fait de déclaration sur leur stratégie en ce qui concerne l'hydrogène. Il s'agit de Webasto, Huf Huelsbeck & Fuerst, Grammer, Jost Werke et Roof Systems.

L'Allemagne est le plus gros consommateur de gaz naturel d'Europe (Eurostat, 2023). La volonté de s'affranchir de combustible fossile russe a encore accentué l'ambition des pouvoirs publics allemands en matière d'hydrogène. De plus, le pays s'est lancé dans la construction de terminaux de regazéification de gaz naturel liquéfié (LNG) devant atteindre une capacité de 70,7 mt/an en 2030 (Argus Media, 2023), ce qui représente une capacité neuf fois plus élevée que la capacité actuelle de regazéification de la Belgique. Le Chancelier allemand O. Scholz a par ailleurs déclaré qu'« un terminal LNG qui reçoit du gaz aujourd'hui peut aussi recevoir de l'hydrogène vert demain » (Waldholz, Wehrmann, & Wettengel, 2023). Des investissements massifs dans le gaz naturel, alors que son utilisation est vouée à décroître de manière significative en raison du Green Deal, témoigne de l'idée de continuer à utiliser l'infrastructure dans l'avenir avec des alternatives plus vertes comme le biogaz ou l'hydrogène, comme le Chancelier en fait part dans ce cas.

Par ailleurs, les trois entreprises allemandes du secteur de l'énergie ENBW, E.On et RWE sont impliquées dans la transition. Elles veulent toutes convertir leurs infrastructures à l'hydrogène, tant pour le transport par gazoducs que pour la production d'électricité par centrales. RWE veut convertir ses équipements au gaz naturel à l'hydrogène et produire de l'hydrogène dans un premier temps proche des utilisateurs finaux. Les CapEx de RWE dans la production d'hydrogène s'élevaient à 69 Mio EUR, soit 2 % des CapEx totaux de la société en 2022 (RWE, 2023). EnBW a dépensé 3,5 Mio EUR en R&D sur l'hydrogène en 2022 (EnBW, 2023). A ces sociétés viennent s'ajouter TotalEnergies, qui prévoit d'utiliser de l'hydrogène bas carbone à sa raffinerie de Leuna et qui va installer des stations de ravitaillement dans le cadre de sa

participation à Hy24 (TotalEnergies, 2023) et Électricité de France qui s'investit dans le stockage de l'hydrogène en Allemagne via sa filiale Framatome (EDF, 2023). De plus, Shell prévoit d'installer des électrolyseurs en Allemagne (Shell, 2023) et Equinor compte exporter de l'hydrogène bas carbone de Norvège jusqu'en Allemagne (Equinor, 2023).

Ensuite, l'Allemagne est actuellement le premier consommateur d'hydrogène, soit 22 % des 7,8 millions de tonnes métriques consommées par l'UE en 2020 (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, 2022). Cet hydrogène, majoritaire gris, est appelé à être décarboné.

Dans le secteur de la chimie, les 3 grandes entreprises BASF, Evonik Industries et Wacker Chemie sont très investies dans l'hydrogène. Le secteur chimique allemand représente un chiffre d'affaires de 171 Mrd EUR, soit 29 % du chiffre d'affaires total de l'UE dans la chimie. Cependant, la majeure partie (85 %) des grandes entreprises actives dans le secteur de la chimie ne sont pas membre des groupements hydrogène. Nous n'avons pas su déterminer s'il s'agissait d'un désintérêt pour l'hydrogène de la part de celle-ci ou si l'hydrogène ne pouvait simplement pas être utilisé comme substitut pour décarboner leur production.

De plus, tous les acteurs sidérurgiques allemands du classement R&D UE 1000 sont impliqués dans la transition vers l'hydrogène. Le pays a produit 40 millions de tonnes brutes d'acier en 2021 et le secteur représente 81 500 emplois (Eurofer, 2022). Par ailleurs, le pays devrait connaître sept projets de production d'acier avec de l'hydrogène bas carbone d'ici 2030, ce qui permettrait d'établir la production d'acier de manière durable (Eurofer, s.d.). C'est notamment le cas de ThyssenKrupp et Salzgitter qui se sont vus octroyer une subvention directe de 550 Mio EUR et 1 Mrd EUR pour décarboner sa production d'acier avec de l'hydrogène renouvelable (Commission européenne, 2022 ; Commission européenne, 2023).

En matière de propriété intellectuelle, le pays a déposé plus de 1500 brevets dans le domaine de l'hydrogène et de la pile à combustible (PAC) de 2012 à 2021, ce qui représente 47 % du total de l'UE. Les entreprises allemandes Linde, Robert Bosch, Siemens, Siemens Energy, Audi et Daimler (Mercedes-Benz) font partie des leaders mondiaux du nombre de brevets déposés dans ces domaines.

Enfin, l'Allemagne est également le pays de l'UE qui a connu le plus de dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et les PAC de 2017 à 2021 pour un montant de 337 Mio EUR (IEA, 2023).

Les investissements privés en capital à risque de 425 Mio EUR au cours des cinq dernières années (2018 – 2022) sont également les plus élevés de l'UE.

En outre, nous avons identifié plusieurs entreprises des listes R&D UE 1000, Forbes Global 2000 et R&D World 2500 et membres des associations européennes d'hydrogène. Parmi celles-ci, 12 entreprises des secteurs à haut potentiel ont des activités liées à l'hydrogène sur le territoire allemand. Ainsi, Teijin, Stellantis, Alstom, Vattenfall et Faurecia déclarent avoir un centre de R&D concernant l'hydrogène en Allemagne. Elles sont reprises dans le tableau 17 (p. 108) avec leurs projets et activités clés en matière d'hydrogène.

Par ailleurs, d'autres entreprises allemandes et étrangères des listes R&D UE 1000, Forbes Global 2000 et R&D World 2500 et membres des groupements européens d'hydrogène ont des activités hydrogène en Allemagne. Cependant, leur secteur d'activité ne fait pas partie des secteurs à haut potentiel pour l'hydrogène que nous avons identifié. Toutefois, elles constituent un élément clé de l'écosystème de l'hydrogène avec par exemple de futures applications industrielles dans le cadre des entreprises aéronautiques Airbus, MTU Aero engine et Rolls-Royce qui disposent toutes d'un centre de R&D en Allemagne (Fernsby, 2021; Rolls-Royce, 2021). De plus, les fabricants d'électrolyseurs Siemens Energy et Enapter jouent également un rôle important (Siemens Energy, 2023 ; Enapter, 2023).

France (15,16 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics français ont témoigné un intérêt très prononcé pour l'hydrogène. Le pays subsidie 12 projets dans le cadre des IPCEI, soit le nombre le plus élevé de toute l'UE. De plus, les pouvoirs publics français ont publié la stratégie nationale hydrogène en septembre 2020, soit relativement tôt par rapport aux autres États membres.

Ensuite, nous retrouvons de nombreuses entreprises de nationalité française parmi les 116 identifiées. En effet, 20 % des 116 entreprises reprises dans notre analyse sont de nationalité française. En outre, nous retrouvons 19 entreprises françaises actives dans les secteurs à haut potentiel. Le tableau 19 (p. 109) détaille leurs activités et projets clés en matière d'hydrogène.

Le secteur de l'automobile constitue une des applications importantes de l'hydrogène. Le pays est le quatrième constructeur de poids lourds et de bus de l'UE, avec 57 000 véhicules produits

en 2021 (ACEA, 2022). Les constructeurs Stellantis et Renault proposent déjà des véhicules utilitaires à l'hydrogène (Renault, 2023 ; Stellantis, 2023). Ils annoncent une augmentation de la production dès l'année prochaine. Ensuite, les équipementiers automobiles français ont fait des investissements importants dans l'hydrogène. C'est le cas de Faurecia, Michelin et Borealis. Le transport routier de marchandises est également important en France, avec 295 milliards de tonnes-kilomètres en 2021 (Eurostat, 2023). Le pays dispose également de 22 stations de recharge d'hydrogène, soit la seconde plus large infrastructure de l'UE derrière l'Allemagne (Clean Hydrogen Partnership, 2023).

Ensuite, le pays est également le quatrième consommateur de gaz naturel de l'UE. L'entreprise française GRTgaz dispose d'un réseau de gazoducs de 34 000 kilomètres en UE (Statista, 2023). Le pays possède également des infrastructures portuaires de regazéification d'une capacité annuelle de 22 millions de tonnes (Gas Infrastructure Europe, 2022). L'utilisation massive de l'hydrogène permettrait de continuer à utiliser ces infrastructures, surtout dans le cas d'import d'hydrogène.

Le secteur chimique français est également important. Ses ventes s'élevaient à 103 Mrd EUR en 2021 (Cefic, 2023) et représentent 213 000 emplois (VCI, 2022). Air Liquide est un acteur très important dans le secteur de l'hydrogène. La production d'hydrogène (très majoritairement gris pour le moment) représente 11,8 % de son chiffre d'affaires, soit plus de 3,3 Mrd EUR (Air Liquide, 2023). L'entreprise est d'ailleurs impliquée dans neuf partenariats ou investissements conjoints avec les entreprises à haut potentiel de notre analyse (tableau 7, p. 40).

En outre, le secteur sidérurgique en France est également important. Le pays est le quatrième plus gros producteur de l'UE, avec 14 millions de tonnes produites en 2021. Le secteur représente 26 000 emplois en France (Eurofer, 2022). Deux projets de production d'acier vert avec de l'hydrogène devraient voir le jour. Par exemple, ArcelorMittal bénéficie de 850 Mio EUR d'aides d'État pour mener à bien ces projets (Commission européenne, 2023).

Ces entreprises françaises dans les secteurs à haut potentiel ont également investi à l'étranger. C'est principalement le cas des entreprises du secteur de l'énergie. Ainsi, TotalEnergies a investi dans l'entreprise indienne ANIL et a développé un partenariat avec Masdar aux Émirats arabes unis pour produire de l'hydrogène vert (TotalEnergies, 2023). De son côté, Électricité de France possède des centres de R&D hydrogène au Chili, en Colombie et à Singapour.

(Électricité de France, 2023). L'entreprise Engie a des partenariats pour la production d'hydrogène en Australie, en Corée du Sud, au Chili (Engie, 2023). De plus, ces entreprises ont fait de nombreux investissements dans l'hydrogène dans d'autres pays de l'UE.

La France est également un pays très innovant en matière d'hydrogène. Le pays a déposé 25 % des brevets dans le domaine de l'hydrogène et des PAC entre 2012 à 2021, ce qui représente 837 brevets, majoritairement dans la PAC. Air Liquide est l'entreprise de l'UE ayant déposé le plus de brevets dans le domaine du stockage d'hydrogène, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives dominant le classement des brevets déposés dans la production décarbonée d'hydrogène (Patbase, 2023). De plus, les autorités publiques ont dépensé 315 Mio EUR en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible de 2017 à 2021. Les dépenses en R&D annuelles ont connu une nette augmentation en 2020, passant de 58 Mio EUR en 2019 à 70 Mio EUR.

En outre, Wolf (2023) indique que la France possède un potentiel d'énergie renouvelable élevé, principalement dans l'énergie solaire et l'éolien onshore. Ce potentiel est en phase avec la projection de puissance d'électrolyseur en 2030, qui pourrait atteindre 40 GW en 2030 si tous les projets aboutissent (IEA, 2022).

En plus des entreprises dans les secteurs à haut potentiel, de nombreuses entreprises d'autres secteurs, également membres des groupements hydrogène, ont établi leurs activités hydrogène en France (voir tableau 21, p. 110). Elles contribuent grandement à l'écosystème de l'hydrogène.

Ainsi, Airbus, ArianeGroup et General Electrics ont tous un centre de R&D en France qui développe des solutions à l'hydrogène pour l'aviation. Les cimentiers Cemex et Vicat prévoient d'utiliser de l'hydrogène pour leur production et de valoriser le CO² résiduel pour produire du carburant durable pour l'aviation (SAF) ou du méthanol (Cemex, 2023 ; Vicat, 2023).

Pour conclure, la France est engagée dans la transition énergétique, car les aides d'État accordées depuis plusieurs années par les pouvoirs publics dans l'hydrogène ont fortement augmenté ces dernières années et la grande majorité des entreprises françaises des secteurs à haut potentiel de la liste R&D UE 1000 et Forbes Global 2000 sont présentes dans les groupements européens d'hydrogène. De plus, les secteurs à haut potentiel hydrogène sont

importants en termes d'emplois. La propriété intellectuelle des entreprises françaises étendue dans le domaine, la présence d'importantes infrastructures gazières, le haut potentiel de production d'énergies renouvelables et la projection de projets d'électrolyseurs poussent les pouvoirs publics à favoriser l'émergence de l'économie de l'hydrogène à l'échelle de l'UE.

Espagne (10,60 % de la population de l'UE)

Le gouvernement espagnol n'a pas encore publié de stratégie hydrogène définitive. Le projet de stratégie a été publié en juin 2023. De plus, les autorités espagnoles ont annoncé en juin 2023 ajouter 1,6 Mrd EUR de subsides aux 1,55 Mrd EUR du plan de relance (Recovery plan) pour soutenir l'industrie de l'hydrogène vert (Martin, 2023). Si le pays a été un peu lent par rapport à l'hydrogène au début, il est maintenant en pleine lancée. L'Espagne soutient d'ailleurs 10 projets dans le cadre des IPCEI.

Plusieurs entreprises espagnoles de notre analyse sont actives dans les secteurs à haut potentiel hydrogène. Il s'agit de CAF, Iberdrola, Repsol, ArcelorMittal et Acerinox. L'entreprise énergétique Iberdrola opère pour le moment le plus grand électrolyseur de l'UE, avec une puissance de 20 MW. Cet électrolyseur a nécessité un investissement de 150 Mio EUR (Iberdrola, 2023). L'entreprise compte augmenter sa puissance d'électrolyseur dans les prochaines années. L'entreprise énergétique Repsol prévoit de produire de l'hydrogène vert et bleu. Notons également que l'entreprise investit en R&D pour développer la photoélectrocatalyse, qui permet de produire l'hydrogène directement avec la lumière du soleil (Repsol, 2023). Le tableau 22 (p. 110) détaille les entreprises espagnoles actives dans les secteurs à haut potentiel, accompagné de données financières et de projets ou activités clés en matière d'hydrogène.

L'Espagne dispose du potentiel de production d'énergie renouvelable le plus élevé de l'UE (Wolf, 2023). C'est également le pays avec la projection de puissance d'électrolyseur en 2030 la plus élevée de l'UE, avec un potentiellement 47 GW. Le pays prône d'ailleurs la production d'hydrogène intraeuropéenne plutôt que l'importation. Toutefois, le pays dispose d'une capacité de regazéification annuelle de l'ordre de 40 millions de tonnes⁶ (Gas Infrastructure Europe, 2022). Par ailleurs, l'entreprise espagnole Enagas possède la 3^e plus grande infrastructure de gazoducs de l'UE qui fait plus de 13 000 kilomètres (Statista, 2023). En outre,

⁶ 1 milliard de mètres cubiques = 678.000 tonnes

le projet H2Med, en discussion depuis plusieurs années, a connu début 2023 une issue favorable. Le pipeline devrait transporter de l'hydrogène vert du Portugal à l'Allemagne en passant par l'Espagne et la France pour un investissement de 2,5 Mrd EUR. Ce projet témoigne de l'engagement des gouvernements des pays participants dans l'hydrogène (La Tribune, 2023).

Le secteur de la chimie est important en Espagne. Il représente 100 000 emplois (VCI, 2022) et un chiffre d'affaires de 50 Mrd EUR en 2021 (Cefic, 2023). Par ailleurs, le pays est actuellement le quatrième consommateur d'hydrogène de l'UE, avec 555 000 tonnes consommées en 2020 (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, 2022).

Le secteur de la sidérurgie représente 17 000 emplois en Espagne, avec une production de 14 millions de tonnes métriques d'acier brut en 2021 (Eurofer, 2022). Les entreprises sidérurgiques ont cinq projets d'usines de production d'acier vert sur le territoire espagnol. Par ailleurs, les entreprises nationales Acerinox et ArcelorMittal ont décidé de décarboner leur production. Par exemple, ArcelorMittal va investir 1 Mrd EUR à Gijón pour produire de l'acier avec de l'hydrogène. Cet investissement est supporté à hauteur de 460 Mio EUR par les autorités espagnoles (Commission européenne, 2023).

Le constructeur ferroviaire espagnol Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF) a développé un train à l'hydrogène qui a déjà réussi ses tests et devrait bientôt circuler sur le réseau. De plus, l'entreprise fabrique aussi des bus à l'hydrogène en Pologne qui circulent déjà en Pologne, Italie, Allemagne, Suède, et bientôt en Espagne, France et Slovaquie (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, 2023).

Des entreprises étrangères dans les secteurs à haut potentiel ont également établi des activités liées à l'hydrogène en Espagne. C'est le cas de l'entreprise française Engie qui va produire de l'hydrogène vert pour Repsol et Enagas à Carthagène (Dokso, 2022).

Ensuite, les dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible sont de 171 Mio EUR sur la période 2017 – 2021, dont 144 Mio EUR en 2021 (voir tableau 4, p. 33). Ceci témoigne d'un gain d'intérêt récent très récent des pouvoirs publics pour l'hydrogène. En revanche, le nombre de brevets dans le domaine de l'hydrogène et de la PAC déposés en

Espagne n'est que de 58 de 2012 à 2021, ce qui représente 1,7 % du total de l'UE (voir tableau 6, p. 36).

Le pays est le second fabricant de poids lourds et bus de l'UE, avec 64 000 véhicules produits en 2021 (ACEA, 2022). Le potentiel de production de camions à PAC est donc élevé. Par ailleurs, le pays ne dispose que de trois stations à hydrogène.

Enfin, plusieurs entreprises actives dans d'autres secteurs ont décidé d'établir leurs activités hydrogène en Espagne. C'est par exemple le cas d'Airbus qui a établi un centre de R&D en Espagne pour trouver des solutions à l'hydrogène pour l'aviation (Airbus, 2021) et de l'entreprise américaine Plug Power qui va produire de l'hydrogène vert par son entreprise conjointe avec Acciona. Plug Power a investi 87 Mio EUR dans l'hydrogène en Espagne (Plug Power, 2023). Toutes ces entreprises ainsi que leurs activités ou projets clés en matière d'hydrogène sont repris dans le tableau 23 (p. 110).

Pour conclure, les pouvoirs publics espagnols font preuve de proactivité envers l'hydrogène. Les aides d'État ont augmenté significativement et ont été attribuées à des projets précis. Le plus grand électrolyseur en fonctionnement d'Europe de l'entreprise Iberdrola l'illustre bien, de même que les 460 Mio EUR de subsides à ArcelorMittal. De plus, le pays dispose d'un potentiel d'énergie renouvelable élevé. Le pays l'a bien compris et compte devenir le plus grand producteur d'hydrogène vert de l'UE.

Pays-Bas (3,96 % de la population de l'UE)

Les Pays-Bas sont, avec l'Allemagne, le pays le plus engagé en faveur de l'hydrogène de l'Union européenne. Il s'agit du premier pays de l'UE à avoir publié sa stratégie nationale hydrogène, en avril 2020. De plus, les pouvoirs publics néerlandais soutiennent 10 projets dans le cadre des IPCEI, pour un montant total de plusieurs 1,6 Mrd EUR (Habibic, 2022).

Tout d'abord, le pays dispose de deux entreprises nationales parmi les 116 entreprises de notre analyse, soit un nombre peu élevé. Le constructeur automobile VDL développe des bus à l'hydrogène et compte utiliser l'hydrogène comme range extender pour ses poids lourds à batteries électriques, soit une option hybride batterie et hydrogène (VDL Groep, 2023). L'entreprise énergétique Shell compte remplacer l'hydrogène gris utilisé dans ses raffineries par de l'hydrogène bas carbone. Elle a par ailleurs validé la décision de construire un

électrolyseur de 200 MW à Rotterdam, avec un subside de 150 Mio EUR dans le cadre des IPCEI (Hydrogeninsight, 2023). Notons cependant que les CapEx pour la production de biocarburants et biogaz s'élèvent à 580 Mio EUR, ce qui est trois fois plus élevé que les 139 Mio EUR de CapEx pour la production d'hydrogène. L'entreprise a aussi commandé un tanker pour le transport d'hydrogène liquéfié (Shell, 2023). Les Pays-Bas sont le 3^e pays de l'UE avec la plus haute puissance d'électrolyseur en cours d'utilisation ou qui a fait l'objet d'une décision d'investissement finale (IEA, 2022).

Ce nombre peu élevé d'entreprises nationales est compensé par de nombreuses entreprises étrangères des secteurs à haut potentiel avec des activités aux Pays-Bas. Nous retrouvons six entreprises énergétiques avec des projets de production d'hydrogène bleu ou vert proches de zones industrielles. C'est par exemple le cas d'Engie, qui projette de construire un électrolyseur de 100 MW au nord du pays (Engie, 2023). Fortum via sa filiale Uniper, RWE et Vattenfall ont eux comme projet de produire de l'hydrogène vert en mer grâce à l'énergie éolienne (Uniper, 2023 ; RWE, 2023 ; Vattenfall, 2023). Enfin, l'entreprise sidérurgique indienne Tata Steel prévoit d'utiliser de l'hydrogène pour produire de l'acier sur son site de IJsmuiden. Elle a déjà investi 65 Mio EUR dans la transition hydrogène (Tata Steel, 2022). Ce site emploie actuellement 9 000 personnes (Tata Steel, s.d.). Le tableau 26 (p. 111) liste les entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel aux Pays-Bas ainsi que les projets ou activités clés de celles-ci en matière d'hydrogène sur le territoire hollandais.

Ensuite, les Pays-Bas sont actuellement le second consommateur d'hydrogène de l'UE, avec 1,3 tonne métrique consommée en 2020 (FuelCells and Hydrogen Observatory, 2022). Le secteur chimique représente 45 000 emplois en 2021 (VCI, 2022) et génère un chiffre d'affaires de 59 Mrd EUR en 2021 (Cefic, 2023). En outre, le pays dispose d'une capacité annuelle de regazéification de gaz naturel de 13,5 millions de tonnes (Gas Infrastructure Europe, 2022).

L'industrie automobile est également importante aux Pays-Bas. Il s'agit du troisième fabricant de poids lourds et bus de l'UE, avec 61 000 véhicules fabriqués en 2021 (ACEA, 2022). De plus, le pays connaît aussi beaucoup de transit routier de marchandises avec 58 milliards de tonne-kilomètre en 2021 (Eurostat, 2023). Par ailleurs, 15 stations à hydrogène sont déjà opérationnelles aux Pays-Bas (Clean Hydrogen Partnership, 2023).

Ensuite, les dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible s'élèvent à 129 Mio EUR de 2017 à 2021, dont 65 Mio EUR seulement en 2021. Les Pays-Bas sont également le 3^e pays de l'UE à avoir déposé le plus de brevets dans le domaine de l'hydrogène de 2012 à 2012. Ce nombre s'élève à 153, majoritairement dans la production d'hydrogène bas carbone.

Pour conclure, les pouvoirs publics des Pays-Bas sont très engagés dans la transition vers l'hydrogène bas carbone, car de nombreux emplois sont liés aux secteurs à haut potentiel sur son territoire, comme la chimie et le raffinage. De plus, 10 projets IPCEI sont l'objet de subsides. Par ailleurs, le gouvernement a annoncé en juin 2023 l'augmentation des subsides pour la production d'hydrogène vert de 1 Mrd EUR en 2024 et 3,9 Mrd EUR en 2025 (Reuters, 2023).

Belgique (2,60 % de la population de l'UE)

La Belgique n'a pas été dans les premiers États membres à s'engager concrètement dans l'hydrogène. Le pays n'a publié sa stratégie hydrogène qu'en octobre 2021. Cependant, elle est actuellement un des pays de l'UE les plus proactifs par rapport à l'hydrogène. Le pays soutient six projets IPCEI.

Ensuite, le pays possède 2 entreprises nationales de notre analyse actives dans les secteurs à haut potentiel. Ainsi, l'entreprise chimique Solvay prévoit d'utiliser de l'hydrogène vert pour sa production de peroxyde d'hydrogène (Solvay, 2023). De plus, Elia prévoit de produire le l'hydrogène bas carbone pour les applications industrielles (Elia, 2023).

Des entreprises étrangères avec des activités dans l'hydrogène en Belgique viennent s'ajouter à cette liste. Ainsi, l'entreprise japonaise Toyota possède un centre de R&D en hydrogène et de production de pile à combustible à Bruxelles (Toyota, s.d.). L'entreprise Burelle via sa filiale Plastic Omnium possède un centre de R&D et de fabrication de système de stockage hydrogène à Herentals (Burelle, 2023). Enfin, Électricité de France va installer un électrolyseur de 30 MW à côté de la raffinerie de Heide (Électricité de France, 2023), tandis qu'Engie a conclu un partenariat avec l'entreprise norvégienne Equinor pour la production d'hydrogène avec capture et stockage de carbone (Engie, 2023). Toutes ces entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Belgique sont détaillées dans le tableau 28 (p. 111).

La Belgique possède une industrie chimique importante. Elle représente 42 000 emplois (CVI, 2022) et a généré 41 Mrd EUR de chiffre d'affaires en 2021 (Cefic, 2023). La Belgique est d'ailleurs le septième consommateur d'hydrogène en UE, avec 430 000 tonnes consommées en 2020 (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, 2022).

La production d'acier en Belgique représente 11 000 emplois, pour 7 millions de production brute en 2021 (Eurofer, 2022). ArcelorMittal compte utiliser de l'hydrogène pour décarboner sa production d'acier à Gand. Ce projet fait d'ailleurs l'objet d'aides d'État à hauteur de 280 Mio EUR (Commission européenne, 2023).

Ensuite, la Belgique possède une capacité de regazéification important, soit 7,7 millions de tonnes annuelles, avec une capacité supplémentaire 3,8 millions de tonnes en construction. Le transporteur gazier Fluxys possède par ailleurs un réseau de plus de 7 600 kilomètres de gazoducs à travers l'UE (Eurostat, 2023). Le pays dispose d'un faible potentiel de production d'énergie renouvelable et par conséquent de production interne d'hydrogène vert (Wolf, 2023). Il mise donc sur les importations. Par ailleurs, la Belgique dispose actuellement du réseau de gazoducs à hydrogène le plus long de l'UE (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, s.d.).

De plus, la Belgique fabrique également des poids lourds, avec 31 000 véhicules en 2021 (ACEA, 2022). Le pays dispose de 3 stations de recharge (Clean Hydrogen Partnership, 2023).

Par ailleurs, la Belgique est le septième pays de l'UE en termes de brevets déposés dans le domaine de l'hydrogène de 2012 à 2021, avec 90 dépôts. De plus, le pays a fait l'objet de 201 Mio EUR d'investissement privé en capital à risque dans l'hydrogène de 2018 à 2022, soit la 3^e place de l'UE.

Enfin, plusieurs entreprises d'autres secteurs et également membres des groupements hydrogène ont des activités hydrogène. Elles contribuent à l'émergence de l'écosystème de l'hydrogène. C'est le cas des entreprises belges Agfa-Gevaert et Umicore et de l'entreprise américaine Cummins qui fabrique des composants pour la production de PAC (Agfa-Gevaert, 2023 ; Cummins, 2023 ; Umicore, 2023). Le tableau 29 (p. 112) liste les entreprises de notre analyse avec des activités en Belgique qui ne font pas partie des secteurs à haut potentiel.

Pour conclure, les pouvoirs publics belges sont engagés en faveur de l'hydrogène au travers de subsides dans le cadre des IPCEI, mais également des aides d'État supplémentaires comme dans le cas d'ArcelorMittal à Gand. Le pays se projette comme plaque tournante de l'hydrogène grâce à ses ports pour l'importation et le réseau de gazoducs. De plus, de nombreux emplois sont liés à des secteurs qui consomment beaucoup d'énergie que l'hydrogène pourrait décarboner.

5.2.2. Implication modérée à tendance croissante

Italie (13,32 % de la population de l'UE)

La position de l'Italie vis-à-vis de l'hydrogène nous a paru ambivalente. D'un côté, le pays n'a toujours pas publié de stratégie nationale hydrogène, de l'autre, les pouvoirs publics soutiennent 10 projets différents dans le cadre des IPCEI, un nombre parmi les plus élevés d'Europe. De plus, le pays a par exemple décidé d'allouer 2,6 Mrd EUR du plan de relance européen au développement de l'hydrogène (Corporate Europe Observatory, 2021).

Tout d'abord, 11 % des 116 entreprises reprises dans notre analyse sont de nationalité italienne, dont 7 actives dans les secteurs à haut potentiel (tableau 30, p. 112).

L'industrie de l'automobile est importante en Italie, elle emploie près de 250 000 personnes (Jaussaud, 2021). L'Association des constructeurs européens de l'automobile (2022) détaille que 38 000 poids lourds et bus ont été produits sur le territoire italien en 2021. L'Italie se positionne 6^e sur dans le classement européen pour ce segment. En matière de station de recharge hydrogène, le pays n'en dispose que d'une seule (Clean Hydrogen Partnership, 2023). Les constructeurs Stellantis et Iveco sont tous les 2 investis dans l'hydrogène. Toutefois, la production des véhicules utilitaires à l'hydrogène de Stellantis a lieu en France (Stellantis, 2023a). Il en va de même pour les poids lourds à l'hydrogène d'Iveco qui devraient être produits près du centre de R&D hydrogène à Ulm en Allemagne. Par contre, la production des véhicules utilitaires à l'hydrogène d'Iveco devrait prendre place à Suzzara en Italie. Notons également qu'Iveco a récemment totalement racheté son entreprise conjointe avec le fabricant de poids lourds américain Nikola active dans la mobilité à batterie électrique et à pile à combustible pour 44 Mio EUR (Iveco Group, 2023).

Ensuite, l'Italie est second plus grand consommateur de gaz naturel, derrière l'Allemagne, avec une consommation moyenne annuelle de 75M de mètres cubiques au cours des 5 dernières

années (Eurostat, 2023). Le pays possède aussi des infrastructures de regazéification de gaz naturel importante d'une capacité annuelle de 10,8 m de tonnes, qui devrait augmenter à 23 m de tonnes dans les prochaines années (Gas Infrastructure Europe, 2022). De plus, l'entreprise italienne de transport de gaz Snam possède le plus long réseau de gazoducs de gaz naturels de l'Union européenne d'une longueur de 50 000 kilomètres notamment en Italie, en France avec sa filiale Teréga (Eurostat, 2022). Par ailleurs, le réseau de Snam est déjà à 99 % prêt au transport d'hydrogène. L'émergence de l'hydrogène permettrait de continuer à utiliser ces infrastructures.

D'autres entreprises énergétiques italiennes de notre analyse ont également décidé de convertir leur réseau de gaz au transport de l'hydrogène. C'est le cas d'Eni, Hera et Enel. Elles ont d'ailleurs toutes pour ambition de produire de l'hydrogène. Notons que les investissements dans le biogaz des entreprises énergétiques italiennes restent plus importants que leurs investissements dans l'hydrogène. L'analyse des rapports annuels de ces entreprises révèle que ces entreprises voient le biogaz croître et prospérer dans un premier temps, avant d'être remplacé ou complété par l'hydrogène. Le plan d'investissement 2022-2026 de Snam illustre bien cette tendance : l'entreprise va investir 100 Mio EUR dans l'hydrogène et 550 Mio EUR dans le biogaz (Snam, 2023). De manière générale, le biogaz occupe une place plus importante dans les rapports annuels 2022 que l'hydrogène. Par ailleurs, le plan de relance italien alloue aussi 2 Mrd EUR d'aides d'État au secteur du biogaz.

Le secteur chimique italien représente 120 000 emplois pour un chiffre d'affaires de 59 Mrd EUR en 2021 (Cefic, 2023). La demande d'hydrogène actuelle de l'Italie n'est en revanche pas très élevée en comparaison à l'importance du pays dans l'UE. Elle n'était que de 7 % de la demande totale de l'UE en 2020 (Fuel Cells and Hydrogen Observatory, 2022). La dernière projection de puissance d'électrolyse de l'IEA (2022) atteint seulement une puissance de 1,2 GW en 2030, ce qui est très peu quand Wolf (2023) partage que le pays dispose d'un des potentiels d'énergie renouvelable les plus élevés de l'UE.

L'industrie de l'acier italienne est importante. Le pays est le second producteur de l'UE avec 24 millions de tonnes métriques produites en 2021, ce qui représente 16 % du total de l'Union européenne (Eurofer, 2022). De plus, Eurofer détaille que 6 projets de production d'acier avec de l'hydrogène sont prévus en Italie d'ici 2030.

En matière de dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible en montant absolu, l'Italie est le 5^e pays de l'UE sur la période de 2017 à 2019. En termes de pourcentage du PIB sur la même période, le pays se situe à la 11^e place, alors que le pays est pourtant la 3^e plus grande économie de l'UE. De plus, l'investissement privé capital à risque dans l'hydrogène sur la période 2018 – 2022 en Italie s'élève à 15 Mio EUR, soit le 11^e pays de l'UE en montant absolu. Ces deux indicateurs révèlent que peu d'investissements ont été faits dans le secteur italien de l'hydrogène au cours des 5 dernières années.

Les brevets déposés en Italie dans le domaine de l'hydrogène et de la PAC de 2012 à 2021 représentent 4,3 % du total de l'UE, ce qui classe le pays 5^e dans ce domaine.

En plus des entreprises des secteurs à haut potentiel, nous retrouvons aussi d'autres entreprises importantes dans l'émergence de l'écosystème de l'hydrogène en Italie. C'est par exemple le cas des firmes d'ingénierie industrielles Tenaris et Saipem qui vont produire des canalisations adaptées à l'hydrogène pour les gazoducs. En outre, l'entreprise américaine General Electric, en partenariat avec Aero Avia, développe des solutions à l'hydrogène pour l'aviation en Italie. Enfin, les banques Unicredit et Intesa Sanpaolo soutiennent financièrement les projets de développement d'hydrogène.

Pour conclure, notre analyse révèle que les pouvoirs publics italiens ont peu investi dans la R&D en hydrogène au cours des dernières années. Les investissements privés n'ont pas été très élevés non plus. Le pays ne possède toujours pas de stratégie nationale hydrogène et la projection de la puissance d'électrolyseur en 2030 est seulement de 1,2 GW (IEA, 2022). Cependant, les aides d'État dans le cadre du plan de relance et aux IPCEI nous amènent à penser que l'Italie est dans une période d'engagement envers l'hydrogène. Par ailleurs, l'Officiel de la Commission (interview personnelle, 27 juillet 2023) a révélé que les autorités italiennes avaient récemment sollicité de l'aide auprès de la Commission européenne pour élaborer leur stratégie nationale. De plus, six projets d'usines d'acier à l'aide d'hydrogène devraient voir le jour d'ici 2030. Étant donné que le pays est un gros consommateur de gaz naturel, les autorités italiennes, poussées par les entreprises et l'urgence de trouver une solution à court terme pour diminuer leurs consommations, tablent dans un premier temps sur le biogaz et le biométhane. M. Mallone (interview personnelle, 27 juillet 2023) a d'ailleurs

mentionné que les autorités italiennes militaient à l'échelle européenne pour l'autorisation de la vente de voitures neuves à moteur thermique fonctionnant au biométhane.

5.2.3. Implication modérée à tendance décroissante

Pologne (8,41 % de la population de l'UE)

La Pologne a publié sa stratégie nationale hydrogène en décembre 2021, soit dans les premiers pays de l'Europe de l'Est (cfr tableau 15, p. 107). Le pays est actuellement le troisième plus gros producteur européen d'hydrogène, avec environ 1,3 million de tonnes produites annuellement (Ministry of Climate and Environment, 2021). La stratégie hydrogène est relativement peu ambitieuse. Ainsi, elle a pour objectif l'installation d'une puissance d'électrolyseur de 2 GW d'ici 2030. Cette production bas carbone inclut l'hydrogène vert et une grande majorité d'hydrogène bleu. Le pays dispose pourtant d'un haut potentiel de production d'énergie renouvelable.

Avec PKN Orlen, le pays possède une entreprise nationale importante dans le secteur de l'énergie. Nous avons également identifié deux autres entreprises sur les 116 avec des projets d'activités hydrogène en Pologne : Alstom et Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF). Le premier va construire des trains à l'hydrogène tandis que le second fabrique des bus à l'hydrogène via sa filiale Solaris.

Ensuite, l'industrie chimique est très importante en Pologne avec 96 000 emplois en 2021, soit 8 % du total de l'UE (VCI, 2022). Cependant, cette activité est créatrice de peu de valeur ajoutée étant donné que le chiffre d'affaires de l'industrie chimique polonaise est de 13,5 Mrd EUR, soit 2 % du total de l'UE (Cefic, 2023).

L'industrie sidérurgique est également importante en termes d'emplois. Elle procure du travail à 24 000 personnes. La production était de 8,5 millions de tonnes métriques en 2021 (Eurofer, 2022). Eurofer recense aussi 2 projets de production d'acier vert en Pologne. Cependant, Biebuyck (interview personnelle) mentionne que sans subsides des pouvoirs publics, les chances qu'ils voient le jour sont très limitées.

De manière générale, le secteur de l'hydrogène polonais a bénéficié de très peu d'aides publiques. Ainsi, elle n'a bénéficié qu'à la hauteur de 0,3 % des 777 Mio EUR de subsides de la européens de l'association Clean Hydrogen Partnership de 2014 à 2022. Par ailleurs, les

dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible de la Pologne ne s'élèvent à 10 Mio EUR de 2017 à 2021. De même, le pays soutient uniquement 2 projets dans le cadre des IPCEI.

Notons que l'entreprise mexicaine Cemex a décidé de produire du ciment avec de l'hydrogène bas carbone sur son site polonais (Cemex, 2023).

5.2.4. Peu ou pas d'implication

Roumanie (4,25 % de la population de l'UE)

La Roumanie a proposé un projet de stratégie nationale en mai 2023 après plusieurs années d'immobilité en la matière. Le pays dispose d'un haut potentiel de production d'énergie renouvelable qui pourrait permettre de produire de l'hydrogène vert. Cependant, il n'y a que 2 projets d'installation d'électrolyseurs pour le moment pour une puissance totale potentielle de 50 MW.

La sidérurgie est une activité industrielle importante en Roumanie. Elle procure 22 000 emplois pour une production de 8,5 millions de tonnes métriques en 2021 (Eurofer, 2022). Le groupe Liberty Steel entend investir 1 Mrd EUR d'ici 2030 sur plus grand site de production d'acier du pays à Galati pour y produire de l'acier avec de l'hydrogène. Le projet est en attente de soutien des pouvoirs publics.

5.3. Société civile

5.3.1. Opinion publique

L'opinion publique influence les décisions des pouvoirs publics. De plus, l'adoption des nouvelles technologies liées à l'hydrogène par le public est très importante. Le changement climatique, la sécurité énergétique, la qualité de l'air et la concurrence sont les questions centrales liées à l'émergence de l'hydrogène. Les idéaux sociaux et environnementaux, la volonté politique, la technologie et, bien sûr, la concurrence sur les prix et les intérêts économiques sont des facteurs importants au support du public à l'hydrogène.

Un sondage d'opinion a été mené en Union européenne durant l'automne 2022 à l'initiative de l'association Clean Hydrogen Partnership. Il révèle que 82 % des Européens, tous sous-groupes sociodémographiques confondus, ont vu, lu ou entendu parler de l'énergie hydrogène.

Pour ce qui est de l'impact environnemental, 69 % des interrogés pensent que l'hydrogène est durable. L'hydrogène a une note environnementale de 3,9 sur 10. En comparaison, l'énergie fossile possède le pire impact environnemental, avec une moyenne de 7,7 sur 10. 70 % des Européens pensent également que l'hydrogène peut réduire la dépendance énergétique du vieux continent.

Pour 59 % des personnes interrogées dans l'UE, l'hydrogène est une technologie sûre. En revanche, 17 % d'entre elles ne sont pas d'accord avec cette affirmation, tandis que 24 % ne savent pas, ce qui indique un manque de connaissances sur le sujet.

L'hydrogène est le plus souvent utilisé comme carburant (76 %), suivi par son utilisation dans des industries qui veulent réduire leur impact sur l'environnement (56 %). 42 % connaissent le chauffage à l'hydrogène. 13 % ont utilisé l'hydrogène comme carburant automobile, dans l'industrie ou pour le chauffage domestique.

Sept personnes interrogées sur dix souhaitent obtenir davantage d'informations sur l'hydrogène comme source d'énergie.

Enfin, sept personnes sur dix sont en accord sur le fait que l'hydrogène ait un rôle à jouer dans la diminution de la dépendance énergétique de l'Union.

En termes de disparité, les Pays baltes, la Suède, la Finlande et le Danemark ont une image de l'hydrogène nettement moins positive de l'hydrogène. Les répondants du nord de l'Europe donnent moins de crédit à l'hydrogène pour augmenter l'indépendance énergétique, sont moins convaincus par sa durabilité et l'estiment moins sûr en comparaison aux autres carburants par rapport au reste de la population européenne. Notons aussi que les ressortissants des pays du nord de l'UE sont les moins intéressés par l'idée d'obtenir des informations supplémentaires au sujet de l'hydrogène. Toutefois, rares sont les pays dont moins de la moitié des répondants répondent par la positive aux critères cités ci-dessus. En comparaison, les réponses des pays du sud de l'Europe, soit le Portugal, l'Italie et l'Espagne, ainsi que de l'Allemagne et de l'Autriche témoignent d'une image positive de l'hydrogène parmi la population.

Toutefois, Amstrong (2022) fait part que lors d'une récente enquête, 64% des répondants n'ont pas pu démontrer une connaissance élémentaire de la technologie de l'hydrogène. De plus, il note que le surcôt lié au recours à l'hydrogène risque de miner l'acceptation du public.

La population de l'Union européenne est sensible à la question de l'hydrogène bleu. L'opinion publique est mitigée par rapport à cette question. Elle est plus favorable au recours à l'énergie solaire ou éolienne qu'au CCS (Broecks, Jack, Boomsma, & Shackley). À nouveau, la connaissance du public de la technologie de capture et stockage de carbone n'est pas très bonne.

De façon générale, la population de l'Union européenne a une image très favorable de l'hydrogène. Cependant, il apparaît que la connaissance de la population de l'UE vis-à-vis de l'hydrogène est basse.

5.3.2. Organisations non gouvernementales

Nous avons choisi de nous intéresser à des ONG importantes en UE car ce sont les plus susceptibles d'avoir un impact. L'importance de l'hydrogène a fort augmenté pour la section européenne de l'association environnementale Greenpeace les 2 dernières années. Le sujet est mentionné une fois dans un article en 2019 et 2020, alors qu'il ne l'était pas du tout auparavant. En revanche, il revient 5 fois sur le devant de la scène en 2021 et 7 fois en 2022. Greenpeace se montre favorable à l'hydrogène produit à partir d'énergies renouvelables, pourvu que de nouvelles capacités d'énergies renouvelables soient installées pour cette production. En revanche, l'association se dresse face à la décision des autorités européennes de confier le développement du réseau européen de gazoducs pour l'hydrogène aux entreprises gazières (Greenpeace European Unit, 2023). L'association est opposée aux mélanges de gaz et d'hydrogène. Elle estime que cet ajout retardera la sortie complète du gaz de l'UE. De plus, elle redoute que les capacités de production d'hydrogène par électrolyse avec de l'ER ne soient pas suffisantes et ouvre la voie à la production d'hydrogène à partir d'énergie fossile, éventuellement avec capture et stockage de carbone (Greenpeace European Unit, 2023).

L'association Transport et environnement soutient le développement de l'hydrogène à partir d'énergies renouvelables pour des applications de mobilité, y compris pour la fabrication de carburants synthétiques, mais uniquement pour l'aviation (Transport & Environment, 2023).

Elle publie régulièrement des articles concernant l'hydrogène sur son site web, ce qui témoigne du suivi du sujet.

L'ONG WWF est impliquée dans le sujet de l'hydrogène depuis 2020, ce qui peut être mis en parallèle avec le début des annonces politiques majeures concernant l'hydrogène comme le Pacte vert pour l'Europe et la publication de stratégies nationales hydrogène de plusieurs États européens comme l'Allemagne et la France. L'ONG WWF n'est pas très favorable à l'hydrogène. Elle craint que cette molécule constitue une porte ouverte pour l'industrie du pétrole et du gaz. De plus, elle redoute le fait que l'hydrogène ralentisse l'électrification (WWF, 2020).

De manière générale, les ONG sont peu consultées dans l'élaboration des politiques européennes de l'hydrogène. L'invitation par la Commission européenne de seulement deux associations environnementales, avec un préavis de 24 heures, pour le lancement de la European Clean Hydrogen Alliance est représentative (WWF, 2020). En outre, Corporate Europe Observatory (2023) dénonce le peu d'importance accordée par les pouvoirs publics aux ONG par rapport aux associations d'entreprises. C'est notamment le cas dans l'élaboration du programme de financement public de l'Allemagne H2Global par les pouvoirs publics d'un côté, et le lobby de l'hydrogène de l'autre. De plus, Corporate Europe Observatory (2021) dénonce l'accaparement des fonds disponibles pour le développement de l'hydrogène dans le cadre des plans de relance par les entreprises pétrolières et gazières.

En conclusion, les ONG ne sont pas opposées à l'hydrogène, pourvu qu'il ne soit pas produit à partir de combustible fossile. Ensuite, il apparaît que leur influence dans l'élaboration des politiques liées à l'hydrogène est limitée. Notons tout de même que la Commission européenne autorise pour le moment uniquement les aides d'État pour des projets d'hydrogène vert, soit la position soutenue par les ONG.

6. Conclusion et discussion

6.1. Résultats de l'analyse

Comme indiqué dans l'introduction, la présente analyse a pour objectif de cerner la position des parties prenantes vis-à-vis de l'émergence d'une économie de l'hydrogène en Union européenne. Les parties prenantes de cette transition sont, par ordre d'importance : les entreprises, les pouvoirs publics et la société civile. Nous avons analysé leur point de vue et leur niveau de proactivité par rapport à l'hydrogène au travers d'indicateurs économiques, du potentiel des applications de l'hydrogène et des annonces en la matière. Cette analyse est enrichie par des interviews qualitatives d'acteurs au cœur de la transition.

Tout d'abord, l'analyse révèle un accroissement de l'engouement pour l'hydrogène autour de l'année 2019. Le nombre de brevets déposés dans le domaine de l'hydrogène et de la pile à combustible (tableau 6, p. 36), les dépenses publiques en R&D (tableau 4, p. 33) ainsi que les investissements privés en capital à risque dans l'hydrogène (tableau 30, p. 30) augmentent de manière très significative. Par ailleurs, le Conseil européen et la Commission européenne ont commencé à définir des objectifs en la matière en 2020 (Conseil européen, 2020 ; Barnes, & Yafimava, 2020). En outre, cet intérêt accru pour l'hydrogène s'est affirmé avant la crise énergétique en Europe, liée à la guerre en Ukraine, qui est venue renforcer la position de l'hydrogène (IEA, 2022).

Ensuite, l'analyse révèle qu'aucune partie prenante n'est opposée à l'émergence de l'hydrogène. Cependant, leur position varie au niveau de leur proactivité vis-à-vis de l'hydrogène, ainsi qu'au niveau du type d'hydrogène produit et des applications.

Entreprises

Le secteur privé est favorable à l'émergence de l'hydrogène. Les entreprises énergétiques y voient une opportunité de croissance, avec, d'une part, la possibilité de continuer à exploiter leurs infrastructures gazières pour le transport et la regazéification de l'hydrogène importé, et, d'autre part, celle de continuer leurs activités d'exploration gazière dans le cas d'hydrogène produit avec capture et stockage de carbone. Par ailleurs, plusieurs entreprises énergétiques investissent des montants plus importants dans le biogaz que dans l'hydrogène. D'importants investissements ont aussi lieu dans de nouvelles infrastructures de gaz naturel, construites pour être compatibles avec l'hydrogène.

En matière de mobilité, l'industrie automobile est favorable à la mobilité à l'hydrogène pour les poids lourds et les bus. De fait, des bus à l'hydrogène roulent déjà dans de nombreux États membres de l'UE et plusieurs équipementiers automobiles ont annoncé avoir des carnets de commandes remplis pour la production d'équipements liés à la mobilité à l'hydrogène. Notons que le segment des véhicules utilitaires ne fait pas l'unanimité parmi les constructeurs. Cependant, ce sont actuellement les seuls véhicules à l'hydrogène produits à l'échelle industrielle. Par ailleurs, les trois constructeurs ferroviaires européens ont développé un modèle de train à l'hydrogène.

L'analyse du secteur chimique s'est avérée plus compliquée, car nous ne connaissons pas toutes les applications potentielles de l'hydrogène dans les procédés chimiques. Toutefois, les producteurs d'hydrogène et ses dérivés se montrent très favorables à l'émergence de l'hydrogène vert.

Le secteur sidérurgique de l'Union européenne, quant à lui, se révèle hautement en faveur de la production d'acier avec de l'hydrogène bas carbone. Des usines de production d'acier vert sont déjà en état de fonctionnement en Suède, par exemple. Plusieurs autres projets font l'objet d'aides d'État importantes, notamment en Espagne, aux Pays-Bas, en Allemagne et en France.

De manière générale, les investissements privés sont, pour le moment, conditionnés au soutien financier des pouvoirs publics.

Pouvoirs publics

La Commission européenne s'affiche clairement en faveur de l'hydrogène. Depuis 2020, avec la publication de la stratégie de l'hydrogène pour une Europe climatiquement neutre, elle n'a fait que rehausser ses objectifs. La première version du plan Fit for 55 prévoyait une puissance d'électrolyseur de 40 GW en 2030 (Hydrogen Europe, 2021), tandis que la dernière version du plan REPowerEU fixe l'objectif à 120 GW, afin de produire 10 millions de tonnes d'hydrogène vert en UE, en plus des 10 millions de tonnes d'importations d'ici 2030 (Ansari, Grinschgl, & Pepe, 2022). La proposition de la création d'une banque hydrogène confirme l'engagement de la Commission en faveur de l'hydrogène (Oxford Institute for Energy Studies, 2023).

Les pouvoirs publics des États membres ont des niveaux d'engagement variés vis-à-vis de l'hydrogène. Nous distinguons quatre groupes, selon leur niveau d'implication : très engagés, modérément engagés à tendance croissante, modérément engagés à tendance décroissante et peu ou pas engagés.

Nous relevons huit pays très engagés dans l'hydrogène, représentant 56,54 % de la population de l'UE, huit pays modérément engagés à tendance positive, représentant 21,67 % de la population, quatre pays modérément engagés à tendance négative, représentant 14,15 % de la population et sept pays peu ou pas engagés, représentant 7,83 % de la population.

Tableau 14 - Engagement des États membres vis-à-vis de l'hydrogène

Très engagé		Modérément engagé				Peu ou pas engagé	
% population UE		Tendance +	% population UE	Tendance -	% population UE	% population UE	
Allemagne	18,59%	Italie	13,32%	Pologne	8,41%	Roumanie	4,25%
France	15,16%	Grèce	2,37%	Rép. tchèque	2,36%	Bulgarie	1,53%
Espagne	10,60%	Portugal	2,31%	Hongrie	2,17%	Lituanie	0,63%
Pays-Bas	3,96%	Irlande	1,13%	Slovaquie	1,21%	Lettonie	0,63%
Belgique	2,60%	Finlande	1,24%			Slovénie	0,47%
Suède	2,33%	Croatie	0,86%			Chypre	0,20%
Autriche	2,00%	Estonie	0,30%			Malte	0,12%
Danemark	1,30%	Luxembourg	0,14%				
Total	56,54%		21,67%		14,15%		7,83%

Société civile

La population de l'Union européenne a une image positive de l'hydrogène. La population des pays baltes, de la Finlande, de la Suède et du Danemark sont moins convaincus par rapport à l'hydrogène. Toutefois, celle-ci dépasse toujours par la majorité de la population, à l'exception de la Suède.

Les organisations non gouvernementales sont, dans l'ensemble, favorables à l'hydrogène. Cependant, elles s'opposent à l'accaparement des subsides par les entreprises énergétiques du secteur du pétrole et du gaz et sont également opposées à l'hydrogène bleu. Notons que les ONG ne disposent que d'une influence limitée sur les prises de décision.

6.2. Discussion des résultats et défis à venir

Notre analyse montre que les huit pays très engagés représentent 56,54 % de la population et, par conséquent, n'atteignent pas de majorité qualifiée au Conseil de l'UE. Ainsi, ils devront s'allier avec d'autres pays pour atteindre une majorité qualifiée. Les pays à implication

modérée avec une tendance croissante permettraient d'atteindre cette majorité. Ensuite, des changements dans la politique de l'UE pourraient faire varier la position de certains États membres vis-à-vis de l'hydrogène. En effet, actuellement, les règles européennes prévoient l'octroi de subsides uniquement pour la production d'hydrogène vert. À court terme, étendre ces subsides à la production d'hydrogène bas carbone permettrait, par exemple, d'augmenter l'engagement des pays de l'Est de l'UE vis-à-vis à l'hydrogène, notamment en préservant l'activité d'extraction de charbon et les emplois qui en découlent.

La population n'est, pour le moment, pas très éduquée au sujet de l'hydrogène, ce qui va impacter l'évolution de l'opinion publique et de l'acceptation de l'hydrogène, fort liée à cette éducation.

Par ailleurs, actuellement, les aides d'État sont essentielles pour amener les entreprises à effectivement investir. L'économie de l'hydrogène n'en est qu'à ses balbutiements et demeure un marché risqué pour les entreprises. Cette économie ne s'enracinera que si de nombreux acteurs s'y impliquent. Les nombreux partenariats et investissements conjoints (tableau 7, p. 40) témoignent d'un écosystème qui a déjà tissé de nombreux liens.

En outre, plusieurs États membres ont alloué des budgets significatifs pour soutenir l'hydrogène vert. Toutefois, ces fonds, même s'ils pourraient encore augmenter à l'avenir, ne sont pas illimités. Ainsi, les subsides espagnols de 150 Mio EUR octroyés à Iberdrola (Iberdrola, 2023) pour la construction d'un électrolyseur de 20 MW ou l'allocation de 246 Mio EUR par les Pays-Bas pour construire un électrolyseur d'une puissance de 60 MW (Habibic, 2023) nous paraissent très élevés, voire trop généreux, étant donné l'objectif de l'UE d'atteindre une puissance d'électrolyseur de 120 GW en UE d'ici 2030. Cet objectif nous paraît trop ambitieux. Nous pressentons que l'UE comptera sur les importations d'hydrogène pour pallier le manque de production intra-UE. Dans ce contexte, le rôle des infrastructures de transport de l'hydrogène revêt une dimension encore plus cruciale.

De plus, bien que la création d'une banque européenne de l'hydrogène nous paraisse prometteuse, le budget de 3 Mrd EUR qui lui est alloué nous semble très peu élevé au regard des investissements massifs nécessaires pour faire émerger une économie de l'hydrogène. La Commission européenne devrait augmenter les moyens à la hauteur des enjeux. Cette tâche

sera probablement laissée à la prochaine Commission européenne, étant donné les élections européennes de 2024.

Enfin, les subsides européens du Clean Hydrogen Partnership (FCH JU) de 2014 à 2022 ont été alloués à plus de 98 % à des pays de l'Europe de l'Ouest (figure 15, p. 106), qui sont, pour beaucoup, également dans la catégorie « très engagés » de notre analyse. Nous craignons qu'à nouveau, les budgets européens de la banque européenne de l'hydrogène finissent entre les mains des mêmes pays. Créer des enveloppes de fonds à répartir par zone géographique de l'UE permettrait à toutes les régions de l'UE de bénéficier de ces subsides et de transformer l'émergence de l'hydrogène au sein de l'UE en une opportunité pour tous.

6.3. Voies à explorer

Ce mémoire participe à mieux discerner quelles sont les parties prenantes de la transition énergétique vers l'hydrogène et leurs niveaux d'implications dans ce changement.

L'analyse pourrait toutefois être enrichie de plusieurs manières. Tout d'abord, étendre l'étude aux autres secteurs difficiles à décarboner, comme l'industrie du ciment, du verre, de l'aviation et du transport maritime, permettrait d'obtenir une perspective encore plus complète du positionnement du secteur privé européen.

De plus, ce rapport fait face au manque de données concrètes concernant les investissements des entreprises dans l'hydrogène. L'analyse de données plus précises publiées dans les années à venir permettrait d'affiner l'engagement des entreprises dans la transition vers l'hydrogène.

L'étude approfondie des « position papers » publiés par les États membres de l'UE, quant à elle, permettrait de définir encore plus clairement leur position vis-à-vis de ce vecteur énergétique. Les soutiens des États membres à certaines conclusions et résolutions concernant l'hydrogène au Conseil de l'Union européenne permettraient également d'affiner l'étude du point de vue des pouvoirs publics.

Au cours des cinq dernières années, l'hydrogène a connu un engouement croissant. A l'heure de l'urgence climatique, son développement constitue un élément essentiel pour décarboner nos sociétés.

7. Bibliographie

A2A. (2023). *Integrated report 2022*.

ABB. (2023). *Integrated report 2022*.

Acciona. (2022). *2021 integrated report*.

ACEA. (2022). *Automobile industry pocket guide 2022-2023*. En ligne [Automobile Industry Pocket Guide 2022-2023 - ACEA - European Automobile Manufacturers' Association](#), consulté le 28/06/2023

Acer. (s.d.). *Gas factsheet*. En ligne <https://www.acer.europa.eu/gas-factsheet>, consulté le 20/07/2023

Acerinox. (2023). *Consolidated annual account at December 31, 2022. Consolidated management report*.

Agfa-Gevaert. (2023). *Annual Report 2022*.

Air Liquide. (2023). *Document d'Enregistrement Universel 2022*.

Air Product. (2023). *2022 Annual Report*.

Airbus. (2021). *Airbus increases its innovation footprint in Spain to develop new hydrogen technologies*. En ligne [Airbus increases its innovation footprint in Spain to develop new hydrogen technologies | Airbus](#), consulté le 15/06/2023

Airbus. (2023). *Airbus Annual Report 2022*.

Ali Nabavi, S., Balta-Ozkan, N., Gordon, J. (2023). Gauging public perceptions of blue and green hydrogen futures: Is the twin-track approach compatible with hydrogen acceptance?, *International journal of hydrogen energy*. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.06.297>

Aliaxis. (2023). *Aliaxis annual report 2022*.

Alstom. (2022). *From 2025, Nestlé Waters France will use the first hydrogen-powered freight train through an innovative solution developed by Alstom and Engie*. En ligne [From 2025, Nestlé Waters France will use the first hydrogen-powered freight train through an innovative solution developed by Alstom and ENGIE | Alstom](#)

Alstom. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022/23*.

Alsulaiman, A. (2023). *Renewable Hydrogen Import Routes into the EU*. Oxford Institute for Energy Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep49819>

Amsili, S. (2023). *En Bulgarie, un accord pour tourner la page de deux années d'instabilité politique*. Les Echos. En ligne [En Bulgarie, un accord pour tourner la page de deux années d'instabilité politique | Les Echos](#), consulté le 01/08/2023

Amstrong, J. (2022). *L'opinion publique sur l'hydrogène est-elle importante ? Politique et réglementation*. En ligne [L'opinion publique sur l'hydrogène est-elle importante ? \(ee-ip.org\)](#), consulté le 19/06/2023

Andritz. (2023). *Annual report 2022*.

- Ansari, D., Grinscgl, J., & Pepe, J. M. (2022). *Electrolysers for the hydrogen revolution : Challenges, dependencies, and solutions*. SWP Comment 2022/C. Doi : 10.18449/2022C57
- ArcelorMittal. (2023). *Annual report 2022*.
- Argus Media. (2023). *German LNG import capacity to hit 70,7mn t/yr by 2030*. En ligne [German LNG import capacity to hit 70.7mn t/yr by 2030 | Argus Media](#), consulté le 14/07/2023
- Arkema. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- Aspen Institute. (2021). Hydrogen Renaissance? *In Clean Energy Innovation Roundtable Series* (pp. 23–27). Aspen Institute. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep42677.7>
- Atlas Copco. (2023). *Annual report 2022*.
- Aurubis. (2022). *Annual report 2021/22*.
- Avio Aero. (s.d.). *Where we are*. En ligne [Our Company - Where we are | Avio Aero](#), consulté le 14/06/2023
- Bache, I., Bulmer, S., & Parker, O. (2020). *Politics in the European Union* (5è éd.). Oxford : Oxford university press.
- Bal, J. & Philibert, C. (2013). Les caractéristiques des énergies intermittentes électriques sont-elles problématiques ? Les particularités techniques du solaire et de l'éolien. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 69, 8-15. En ligne <https://doi.org/10.3917/re.069.0008>
- Barnes, A. (2023). *The EU Hydrogen and Gas Decarbonisation Package: help or hindrance for the development of a European hydrogen market?* Oxford Institute for Energy Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep48456>
- Barnes, A., & Yafimava, K. (2020). *EU Hydrogen Vision: regulatory opportunities and challenges*. Oxford Institute for Energy Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep33927>
- BASF. (2023). *BASF Report 2022. Integrated corporate report on economic, environmental and social performance*.
- BayWa. (2023). *Consolidated financial statements 2022 of BayWa AG*.
- Bianco, C. (2023). *Renewable relations : a strategic approach to European energy cooperation with the Gulf States*. European Council on Foreign Relations. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep51449>
- Birat, J-P. (2022). La décarbonation de la filière sidérurgique : les enjeux du défi de l'« acier vert ». *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2022, 77-80. <https://doi.org/10.3917/rindu1.224.0077>
- BMW Group. (2023). *BMW Group report 2022*.
- Bosch. (2023). *Annual report 2022*.
- Boucly, P. (2023). L'hydrogène, un atout majeur pour décarboner la mobilité lourde ou intensive. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2023, 62-71. <https://doi.org/10.3917/rindu1.232.0062>
- Bouygues. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.

BP. (2023). *BP annual report and Form 20-F 2022*.

Broecks, K., Jack, C., Boomsma, C., & Shackley, S. (2021). How do people perceive carbon capture and storage for industrial processes?: Examining factors underlying public opinion in the Netherlands and the United Kingdom. *Energy Research & Social Science*, 81. Doi : 10.1016/j.erss.2021.102236

Broniecki, P. (2018). *Informal bargaining in bicameral systems: Explaining delegation by the Council of the European Union and the European Parliament*. University College London, London. En ligne [dissertation.pdf \(philippbroniecki.com\)](https://philippbroniecki.com/dissertation.pdf), consulté le 20/07/2023

Burelle. (2023). *Rapport annuel 2022*.

CAF. (2023). *Annual report 2022*.

Candelaresi, D., Dufour, J., Iribarren, D., Spazzafumo, G., & Valente, A. (2021). Comparative life cycle assessment of hydrogen-fuelled passenger cars. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(72), 35961-35973. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.01.034>.

Capurso, T., Stefanizzi, M., Torresi, M., & Camporeale, S. M. (2022). Perspective of the role of hydrogen in the 21st century energy transition. *Energy Conversion and Management*, 251, 114898. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114898>.

Cefic. (2023). *2023 Facts and figures of the European chemical industry*. En ligne [2023 Facts and Figures of the European Chemical Industry - cefic.org](https://www.cefic.org/2023-facts-and-figures-of-the-european-chemical-industry), consulté le 03/07/2023

Cemex. (2023). *2022 integrated report*.

Charlot, M., Decourt, B., Ramard, D., & Thébaud, C. (2016). Gaz et énergies renouvelables, la bonne combinaison pour un monde décarboné ?. *Le journal de l'école de Paris du management*, 120, 37-44. <https://doi.org/10.3917/jepam.120.0037>

Chevet, P., Kalaydjian, F. & Maisonnier, G. (2022). L'état de l'art du CCS et du CCUS : description, coût et contraintes. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 105, 15-20. <https://doi.org/10.3917/re1.105.0015>

CIR. (2023). *Consolidated financial statements, separate financial statements, report on operation. 2022*.

Clean Hydrogen Partnership. (2023). *Hydrogen refuelling stations*. En ligne <https://h2-stations.eu/>, consulté le 13/07/2023

Clean Hydrogen Partnership. (s.d.a). *Organisation*. En ligne [Organisation \(europa.eu\)](https://europea.eu/organisation), consulté le 15/07/2023

Clean Hydrogen Partnership. (s.d.b). *Projects repository*. En ligne [Projects repository \(europa.eu\)](https://europea.eu/projects-repository), consulté le 20/07/2023

Clean Hydrogen Partnership. (s.d.c). *Who we are*. En ligne [Who we are \(europa.eu\)](https://europea.eu/who-we-are), consulté le 19/07/2023

Colruyt Group. (2022). *Annual report with sustainability reporting . 2021/22*.

- Commission européenne. (2020). *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe*. En ligne [Communication COM/2020/301: A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe | Knowledge for policy \(europa.eu\)](#), consulté le 10/07/2023
- Commission européenne. (2022a). *Aides d'État : la Commission autorise une mesure allemande d'un milliard d'euros en faveur de Salzgitter pour aider l'entreprise à décarboner sa production d'acier en utilisant de l'hydrogène*. En ligne [Aides d'État: la Commission autorise une mesure allemande d'un milliard d'euros en faveur de Salzgitter \(europa.eu\)](#), consulté le 25/07/2023
- Commission européenne. (2022b). *REPowerEU : Un plan visant à réduire rapidement la dépendance à l'égard des combustibles fossiles russes et à accélérer la transition écologique*. En ligne [REPowerEU \(europa.eu\)](#), consulté le 01/07/2023
- Commission européenne. (2022c). *The 2022 EU Industrial R&D Investment Scoreboard*. En ligne [The 2022 EU Industrial R&D Investment Scoreboard | IRI \(europa.eu\)](#)
- Commission européenne. (2023b). *Aides d'État : la Commission autorise une mesure belge d'un montant de 280 millions d'euros visant à aider ArcelorMittal à décarboner sa production d'acier*. En ligne [Aides d'État: la Commission autorise une mesure belge d'un montant de 280 millions d'euros \(europa.eu\)](#), consulté le 10/07/2023
- Commission européenne. (2023c). *Aides d'État : la Commission autorise une mesure espagnole d'un montant de 460 millions d'euros visant à aider ArcelorMittal à décarboner sa production d'acier*. En ligne [Aides d'État: la Commission autorise une mesure espagnole d'un montant de 460 millions d'euros \(europa.eu\)](#), consulté le 10/07/2023
- Commission européenne. (2023d). *Aides d'État : la Commission autorise une mesure française d'un montant de 850 millions d'euros visant à aider ArcelorMittal à décarboner sa production d'acier*. En ligne [Aides d'État: la Commission autorise une mesure française d'un montant de 850 millions d'euros \(europa.eu\)](#), consulté le 25/07/2023
- Commission européenne. (2023a). *Aides d'État : la Commission autorise la subvention directe de 550 millions d'euros et le mécanisme de paiement conditionnel d'un montant maximal de 1,45 milliard d'euros accordés par L'Allemagne pour aider ThyssenKrupp Steel Europe à décarboner sa production d'acier et à accélérer l'utilisation d'hydrogène renouvelable*. En ligne [Aides d'État \(europa.eu\)](#), consulté le 25/07/2023
- Commission européenne. (s.d.). *Hydrogen valleys*. En ligne [Hydrogen valleys - Smart Specialisation Platform \(europa.eu\)](#), consulté le 13/07/2023
- Commission européenne. (s.d.). *IPCEIs on hydrogen*. En ligne [IPCEIs on hydrogen \(europa.eu\)](#), consulté le 24/06/2023
- Coninx, M.-A., & van Loon, K. (2022). *Europe's energy and resource challenge. The Arctic is part of the solution*. Egmont Institute. <http://www.jstor.org/stable/resrep43130>
- Conseil de l'Union européenne. (2023). *Infrastructure pour carburants alternatifs: le Conseil adopte une nouvelle loi pour accroître le nombre de stations de recharge et de ravitaillement en Europe*. En ligne [Infrastructure pour carburants alternatifs: le Conseil adopte une nouvelle loi pour accroître le nombre de stations de recharge et de ravitaillement en Europe - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 28/07/2023

- Conseil de l'Union européenne. (2023). *Le Conseil et le Parlement parviennent à un accord provisoire sur la directive relative aux énergies renouvelables*. En ligne [Le Conseil et le Parlement parviennent à un accord provisoire sur la directive relative aux énergies renouvelables - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 15/06/2023
- Conseil de l'Union européenne. (2023). *Train de mesures sur le gaz : les États membres arrêtent leur position sur le futur marché du gaz et de l'hydrogène*. En ligne [Train de mesures sur le gaz: les États membres arrêtent leur position sur le futur marché du gaz et de l'hydrogène - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 28/07/2023
- Conseil de l'Union européenne. (s.d.a). *Calculateur de votes*. En ligne [Calculateur de votes - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 25/07/2023
- Conseil de l'Union européenne. (s.d.b). *Majorité qualifiée*. En ligne [Majorité qualifiée - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 10/07/2023
- Conseil européen. (2019). *Conseil européen, 20-21 juin 2019*. En ligne [Conseil européen, 20-21/06/2019 - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 07/06/2021
- Conseil européen. (2020). *Vers un marché de l'hydrogène pour l'Europe : le Conseil adopte des conclusions*. En ligne [Vers un marché de l'hydrogène pour l'Europe: le Conseil adopte des conclusions - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 10/07/2023
- Conseil européen. (2022). *Fixer le programme politique de l'UE*. En ligne [Fixer le programme politique de l'UE - Consilium \(europa.eu\)](#), consulté le 16/07/2023
- Cornot-Gandolphe, S. (2022). CCUS et charbon – Existe-t-il encore des opportunités de développement pour les centrales au charbon ? *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 105, 31-42. Doi : <https://doi.org/10.3917/re1.105.0031>
- Corporate Europe Observatory. (2021). *Jijacking the recovery through hydrogen*. En ligne [Report Layout Eng.pdf \(corporateeurope.org\)](#), consulté le 30/04/2023
- Corporate Europe Observatory. (2023). *German hydrogen hype – pushing EU's billions in investments*. En ligne [German hydrogen hype – pushing EU's billions in investments | Corporate Europe Observatory](#), consulté le 05/05/2023
- Creel, J., Leron, N., Ragot, X, & Saraceno, F. (2021). *Embedding the Recovery and Resilience Facility into the European Semester*. Etui. En ligne [Embedding the Recovery and Resilience Facility into the European Semester | etuihttps://www.bing.com/search?pglt=169&q=from+https://www.etui.org/publications/embedding-recovery-and-resilience-facility-european-semester&cvid=1fdb59ebee54279a465c2c4de0f6482&aqs=edge..69i57.389j0j1&FORM=ANAB01&PC=ACTS](#), consulté le 17/06/2023
- Cummins Inc. (2023). *Form 10-K. Annual report pursuant to section 13 or 15(d) of the securities exchange act of 1934 for the fiscal year ended December 31, 2022*.
- Danfoss. (2023). *Annual report 2022*.
- Deville, E., & Prinzhofner, A. (2015). *Hydrogène nature. La prochaine révolution énergétique ?* Paris : Belin.

- Dhawale, D. S., Giddey, S., Haque, N., Kaur, G., Risbud, M., Zhu, H. (2023). Electrolyzer technologies for hydrogen economy. In A. Manzardo, J. Ren & A. Scipioni (Eds.), *Hydrogen economy* (pp. 459-485). Cambridge, Massachusetts : Academix Press. Doi : <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99514-6.00003-0>
- Divekar, P., Han, X., Zhang, X., Zheng, M., & Tjong, J. (2023). Energy efficiency improvements and CO2 emission reduction by CNG use in medium- and heavy-duty spark-ignition engines. *Energy*, 263, Part B, 125769. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125769>
- Dokso, A. (2022). *Repsol, Enagas and Engie plan new hydrogen plant in Region of Murcia*. Energy News. En ligne [Repsol, Enagás and Engie plan new hydrogen plant in Region of Murcia - Green Hydrogen News \(energynews.biz\)](https://www.energynews.biz), consulté le 20/07/2023
- Dufour, L., & Kaba, S. (2022). Le train à hydrogène. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2022, 101-107. Doi : <https://doi.org/10.3917/rindu1.224.0101>
- Dutton, J., Lehne, J., & Littlecott, C. (2020). *European CCS : learning from failure or failing to learn ?* E3G. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep24948>, consulté le 17/07/2023
- Dyèvre, A., Goetz, P., Gotcheva, N., Toivonen, S., & Ylikauppila, M. (2016). *Human factor in border control. Deliverable D7.1 Stakeholders map & advisory board*. En ligne [BOrdDErGuArd - Proactive Enhancement of Human Performance in Border Control | BODEGA | Project | Fact sheet | H2020 | CORDIS | European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/border-intelligence-and-cooperation/bodega-project/fact-sheet-h2020-cordis-european-commission)
- E.ON. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- EDF. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- EDP. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- Elia. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- ElringKlinger. (2023). *Annual report 2022*.
- Enapter AG. (2023). *Annual report 2022*.
- EnBW. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- Enel. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- Engie. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- Eni. (2023). *Annual report 2022*.
- Equinor. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- Equinor. (s.d.). *Hydrogen*. En ligne [Hydrogen - Equinor](https://www.equinor.com/hydrogen), consulté le 27/07/2023
- EUR-Lex. (s.d.). *Commission européenne*. En ligne [EUR-Lex - european commission - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu), consulté le 25/07/2023
- Eurofer. (2022). *European steel in figures. 2022*. En ligne [European-Steel-in-Figures-2022-v2.pdf \(eurofer.eu\)](https://eurofer.eu)
- Eurofer. (s.d.). *Low-CO2 emissions projects in the EU steel industry*. En ligne [Map of key low-CO2 emissions projects in the EU steel industry \(eurofer.eu\)](https://eurofer.eu), consulté le 16/07/2023

- European Environment Agency. (2022). *EEA greenhouse gases*. En ligne [EEA greenhouse gases — data viewer — European Environment Agency \(europa.eu\)](#), consulté le 25/06/2023
- European Environment Agency. (2022). *Greenhouse gas emissions from transport in Europe*. En ligne [Greenhouse gas emissions from transport in Europe — European Environment Agency \(europa.eu\)](#), consulté le 25/06/2023
- European Network of Transmission System Operators for Gas, Gas Infrastructure Europe, & Hydrogen Europe. (2021). *How to transport and store hydrogen – facts and figures*. En ligne [entsog gie he QandA hydrogen transport and storage 210521.pdf](#), consulté le 14/07/2023
- Eurostat. (2022). *Produit intérieur brut aux prix du marché*. En ligne [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#)
- Eurostat. (2023a). *Approvisionnement, transformation et consommation de gaz*. En ligne [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#), consulté le 18/07/2023
- Eurostat. (2023b). *Dépenses intérieures brutes de recherche et de développement expérimental (DIRD) au niveau national et régional*. En ligne [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#)
- Eurostat. (2023c). *Longueur totale des voies ferroviaires*. En ligne [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#), consulté le 07/07/2023
- Eurostat. (2023d). *Population au 1^{er} janvier*. En ligne [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#), consulté le 01/07/2023
- Eurostat. (2023e). *Transport ferroviaire – longueur des lignes électrifiées par type de courant*. En ligne [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#), consulté le 07/07/2023
- Eurostat. (2023f). *Transport routier de marchandises territorialisé, par couverture de transport – données annuelles*. En ligne [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#)
- Evonik. (s.d.). *Sustainable gas economy. The green hydrogen revolution starts now*. En ligne [The green hydrogen revolution starts now - Evonik Industries](#), consulté le 07/07/2023
- Farmer, J. D., Ives, M. C., Mealy, P., & Way, R. (2022). Empirically grounded technology forecasts and the energy transition. *Joule*, 6(9), 2057–2082. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.08.009>
- Faucheux, I. (2022). Hydrogène, le point de vue d'un régulateur. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2022, 31-36. <https://doi.org/10.3917/rindu1.224.0031>
- Fernsby, C. (2021). *Airbus establishes zero-emission development centres in Germany and France*. Post Online Media. En ligne [Airbus establishes Zero-Emission Development Centres in Germany and France | Companies | POST Online Media \(poandpo.com\)](#), consulté le 14/06/2023
- Fincantieri. (2023). *Annual report 2022*.
- Fischer, L., & Phillips, J. (2021). A hydrogen strategy for an inclusive and resilient economic recovery. In *Between hope and hype: a hydrogen vision for the UK* (pp. 12-19). E3G. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep30254.6>
- FleishmanHillard. (2022). *National hydrogen strategies in the EU member states*. En ligne [FH-National-Hydrogen-Strategies-Report-2022.pdf \(fleishmanhillard.eu\)](#), consulté le 03/07/2023

- Fortum. (2023). *Financials 2022*.
- Forvia. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- Freudenberg Group. (2023). *Annual report 2022*.
- Freudenberg. (2022). *Hydrogen instead of diesel*. En ligne [Freudenberg Group: Hydrogen Instead of Diesel](#), consulté le 15/06/2023
- Fuel Cells and Hydrogen Observatory. (2022). *Hydrogen demand*. En ligne [Hydrogen Demand | FCHObservatory](#), consulté le 11/07/2023
- Fuel Cells and Hydrogen Observatory. (s.d.). *Hydrogen pipelines*. En ligne [Hydrogen pipelines | FCHObservatory](#), consulté le 01/08/2023
- FuelCellsWorks. (2022). *War in Ukraine drives \$73bn spend on green hydrogen as soaring gas price risks stranding of 'dirty' hydrogen*. En ligne [War In Ukraine Drives \\$73bn Spend On Green Hydrogen As Soaring Gas Price Risks Stranding Of 'dirty' Hydrogen \(fuelcellsworks.com\)](#), consulté le 02/07/2023
- Fulcheri, L. (2020). Production d'hydrogène décarboné : la troisième voie. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 99, 93-100. <https://doi.org/10.3917/re1.099.0093>
- Fulwood, M., Honoré, A., Sharples, J., & Hall, M. (2022). *The EU plans to reduce Russian gas imports by two-thirds by the end of 2022: Practical realities and implications*. Oxford Institute for Energy Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep40674>, consulté le 8/07/2023
- Galp. (2023). *Annual integrated report 2022*.
- Gas Infrastructure Europe. (2022). *GIE LNG Database*. En ligne [LNG Database - Gas Infrastructure EuropeGas Infrastructure Europe \(gie.eu\)](#), consulté le 24/07/2023
- Gaventa, J., Fischer, L., Dutton, J., Giannelli, E., & Bergamaschi, L. (2019). *Pro-consumer, pro-climate : a new EU agenda for natural gas*. E3G. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep21757>, consulté le 04/06/2023
- General Electric. (2023). *Annual report 2022*.
- George, J. F., Müller, V. P., Ragwitz, M., & Winkler, J. (2022). Is blue hydrogen a bridging technology? - The limits of a CO2 price and the role of state-induced price components for green hydrogen production in Germany. *Energy Policy*, 167, 113072. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113072>.
- Gilpin, R. (2001). *Global Political Economy: Understanding the International Economic Order*. Princeton : Princeton University Press. Doi : <https://doi.org/10.2307/j.ctvcm4j53>
- Gouvernement français. (2022). *Faire de la France le « leader » de l'hydrogène décarboné avec France 2030*. En ligne [Faire de la France le « leader » de l'hydrogène décarboné avec France 2030 | Gouvernement.fr](#), consulté le 21/06/2023
- Greenpeace European Unit. (2023). *No phase-out date for fossil gas in revised EU rules*. En ligne [No phase-out date for fossil gas in revised EU rules - Greenpeace European Unit](#), consulté le 10/07/2023
- Groupe SNCF. (2023). *Rapport financier annuel*.

Gruppo Hera. (2023). *2022 consolidated financial statements*.

GTT. (2023). *Universal registration document 2022*.

Habibic, A. (2022). *Nearly €800 million subsidy goes to seven large hydrogen projects in the Netherlands*. Offshore Energy. En ligne [Nearly €800 million subsidy goes to seven large hydrogen projects in Netherlands - Offshore Energy \(offshore-energy.biz\)](https://offshore-energy.biz/nearly-800-million-subsidy-goes-to-seven-large-hydrogen-projects-in-netherlands/), consulté le 02/07/2023

Habibic, A. (2023). *EC approves €246 million Dutch renewable hydrogen scheme*. Offshore Energy. En ligne [EC approves €246 million Dutch renewable hydrogen scheme - Offshore Energy \(offshore-energy.biz\)](https://offshore-energy.biz/ec-approves-246-million-dutch-renewable-hydrogen-scheme/), consulté le 03/08/2023

Häge, F. M. (2011). Politicising Council Decision-making: The Effect of European Parliament Empowerment. *West European Politics*, 34(1), 18-47. Doi: 10.1080/01402382.2011.523542

Hampton, S., De La Cruz, J., & Huenteler, H. (2017). *Political consensus and the energy transition*. Atlantic Council. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep17112>

Handwerker, M., Wellnitz, J., & Marzbani, H. (2021). Comparison of hydrogen powertrains with the battery powered electric vehicle and investigation of small-scale local hydrogen production using renewable energy. In *Hydrogen*, 2(1), 76-100. Doi : <https://doi.org/10.3390/hydrogen2010005>

Hanwha. (s.d.). *Hanwha solutions*. En ligne [Hanwha Solutions](https://www.hanwha.com/en/solutions), consulté le 29/06/2023

Hauet, J-P., & Lacire, S. (2022). Hydrogène et transport de marchandises par camions. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 2022, 94-100. Doi : <https://doi.org/10.3917/rindu1.224.0094>

Hayes-Renshaw, F. (2017). The Council of Ministers : Conflict consensus, and continuity. In D. Hodson & J. Peterson (Eds.). *Institutions of the European Union* (pp. 80-107). Oxford : Oxford University Press.

Heid, B., Sator, A., Waardenburg, M., & Wilthaner, M. (2022). *Five charts on hydrogen's rôle in a net-zero future*. McKinsey. En ligne [Five charts on clean hydrogen and net zero | McKinsey](https://www.mckinsey.com/industries/energy/our-insights/five-charts-on-clean-hydrogen-and-net-zero)

Hellenic Energy. (2023). *2022 annual report*.

Heraeus. (2022). *Sibanye-Stillwater and Heraeus enter into a partnership to develop and commercialise novel electrolyser catalysts for the production of green hydrogen*. En ligne [Sibanye-Stillwater & Heraeus develop a Green Hydrogen Catalyst](https://www.heraeus.com/en/press-releases/sibanye-stillwater-and-heraeus-develop-green-hydrogen-catalyst), consulté le 18/06/2023

Heraeus. (2023). *Financial report 2022*.

Hexagon. (2023). *Annual report 2022*.

HHLA. (2023). *Annual report 2022*.

Hiscox, M. J. (2017). The domestic sources of foreign economic policies. In J. Ravenhill (Eds.) *Global political economy* (pp. 76-108). Oxford : Oxford University press.

Hissel, D., Jemei, S., Lambert, H., Pahon, E., Roche, R., & Yue, M. (2021). Hydrogen energy systems: A critical review of technologies, applications, trends and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111180. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111180>.

- Hodson, D., & Peterson, J. (2017). Theorizing EU institutions : Why they matter for politics and international relations. In D. Hodson & J. Peterson (Eds). *Institutions of the European Union* (pp. 1-29). Oxford : Oxford University Press.
- Hoerbiger. (2022). *Yearbook 2021/22*.
- Hofhuis, P. (2020). *The European Commission on the brink of a green recovery: Will it be able to deliver?* Clingendael Institute. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep25681>, consulté le 17/07/2023
- Horiba. (2018). *Horiba successfully completes the acquisition of FuelCon AG*. En ligne [HORIBA successfully completes the acquisition of FuelCon AG - HORIBA](#), consulté le 16/06/2023
- Horiba. (2022). *Report 2021-2022*.
- Hydrogen Central. (2022). *Schneider Electric unveils growing portfolio for grid and energy industry stakeholders striving for clean and secure energy, hydrogen included*. En ligne [Schneider Electric Unveils Growing Portfolio for Grid and Energy Industry Stakeholders Striving for Clean and Secure Energy, Hydrogen Included - Hydrogen Central \(hydrogen-central.com\)](#), consulté le 17/06/2023
- Hydrogen Central. (2023). *UK – Hydrogen to be added to Britain's gas supply by 2025*. En ligne [UK - Hydrogen to be Added to Britain's Gas Supply by 2025 - Hydrogen Central \(hydrogen-central.com\)](#), consulté le 02/08/2023
- Hydrogen Council & McKinsey. (2022). *Hydrogen insight 2022. An updated perspective on hydrogen market development and actions required to unlock hydrogen at scale*. En ligne [Hydrogen-Insights-2022-2.pdf \(hydrogencouncil.com\)](#), consulté le 10/03/2023
- Hydrogen Europe. (2021). *Clean hydrogen. Monitor 2020*. En ligne [Clean-Hydrogen-Monitor-2020.pdf \(hydrogeneurope.eu\)](#), consulté le 07/06/2023
- Hydrogen Europe. (2022). *Clean hydrogen monitor 2022*. En ligne [Hydrogen Europe](#), consulté le 15/05/2023
- Hydrogen Europe. (2023). *Solvay to produce green H2 for operations in Italy*. En ligne [Hydrogen Europe](#), consulté le 17/06/2023
- Hydrogeninsight. (2023). *Shell received €150m of subsidies for green hydrogen project that was ineligible for support*. En ligne [Shell 'received €150m of subsidies for green hydrogen project that was ineligible for support': report | Hydrogen news and intelligence \(hydrogeninsight.com\)](#), consulté le 01/07/2023
- Iberdrola. (2023). *Integrated report*.
- Ibrahim, Y., & Al-Mohannadi, D. M. (2023). Optimization of low-carbon hydrogen supply chain networks in industrial clusters. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(36), 13325-13342. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.12.090>
- IEA. (2019). *The future of hydrogen*. En ligne [The Future of Hydrogen – Analysis - IEA](#)
- IEA. (2022a). *Global hydrogen reviews 2022*. En ligne [Global Hydrogen Review 2022 \(windows.net\)](#)

- IEA. (2022b). *Hydrogen projects database*. En ligne [Hydrogen Projects Database - Data product - IEA](#), consulté le 05/07/2023
- IEA. (2022c). *Is the European Union on track to meet its REPowerEU goals ?* En ligne [Is the European Union on track to meet its REPowerEU goals? – Analysis - IEA](#)
- IEA. (2023a). *CO2 capture and utilisation*. En ligne [CO2 Capture and Utilisation - Energy System - IEA](#), consulté le 10/07/2023
- IEA. (2023b). *Energy technology rd&d budgets*. En ligne [Energy Technology RD&D Budgets - Data product - IEA](#), consulté le 07/07/2023
- IHI. (s.d.). *The fuel cell as an economically attractive power source*. En ligne [pressrelease_kickoff_researchproject_aircompressor_withpicture.pdf \(ihi-csi.de\)](#), consulté le 15/07/2023
- Ingaldi, M., & Klimecka-Tatar, D. (2020). People's Attitude to Energy from Hydrogen—From the Point of View of Modern Energy Technologies and Social Responsibility. *Energies*, 13(24), 6495. MDPI AG. Doi : <http://dx.doi.org/10.3390/en13246495>
- Intesa SanPaolo. (2021). *Intesa SanPaolo for clean hydrogen : first italian bank admitted to the european clean hydrogen alliance of the European Commission*. En ligne [INTESA SANPAOLO FOR CLEAN HYDROGEN: FIRST ITALIAN BANK ADMITTED TO THE EUROPEAN CLEAN HYDROGEN ALLIANCE OF THE EUROPEAN COMMISSION](#), consulté le 16/06/2023
- Iveco Group. (2023). *Annual report at 31 December 2022*.
- Iversen, L. (2022). *Innovating Out of The Climate Crisis: Hydrogen*. American Security Project. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep46871>
- Jain, I. P. (2009). Hydrogen the fuel for 21st century. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(17), 7368–7378. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.05.093>
- Jaussaud, C. (2021). *La production automobile italienne recule en août 2021*. Journal de l'Automobile. En ligne [La production automobile italienne recule en août 2021 \(journalauto.com\)](#), consulté le 10/07/2023
- Jolly, W. L. (2023). Hydrogen. Encyclopedia Britannica. En ligne <https://www.britannica.com/science/hydrogen>, consulté le 25/7/2023
- Jones, F. (2023). *Europe's first commercial green steel plant to open in Sweden*. Mining Technology. En ligne [Europe's first commercial green steel plant - Mining Technology \(mining-technology.com\)](#), consulté le 17/07/2023
- Kaeckenhoff, T., Steitz, C., & Taylor, E. (2020). *Germany earmarks \$10 billion for hydrogen expansion*. Reuters. En ligne [Germany earmarks \\$10 billion for hydrogen expansion | Reuters](#), consulté le 17/07/2023
- Kakoulaki, G., Kougias, I., Taylor, N., Dolci, F., Moya, J., & Jäger-Waldau, A. (2021). Green hydrogen in Europe – A regional assessment: Substituting existing production with electrolysis powered by renewables, *Energy Conversion and Management*, 228, 113649. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113649>

- Kapetaki, Z. (2021). *Recent trends in EU coal, peat and oil shale regions*. Commission européenne. En ligne [JRC Publications Repository - Recent trends in EU coal, peat and oil shale regions \(europa.eu\)](#), consulté le 29/02/2023
- KSB Group. (2023). *Annual report 2022*.
- Kucharski, J. (2023). European energy policy responses. In *European energy security: An uncertain road ahead amid a triple crisis* (pp. 28–31). Macdonald-Laurier Institute. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep51210.8>
- La Tribune. (2023). *H2Med : le pipeline d'hydrogène entre Barcelone et Marseille sera étendu à l'Allemagne*. En ligne [H2Med: le pipeline d'hydrogène entre Barcelone et Marseille sera étendu à l'Allemagne \(latribune.fr\)](#), consulté le 06/06/2023
- Laamanen, T., Simula, T., & Torstila, S. (2012). Cross-border relocations of headquarters in Europe. *Journal of International Business Studies*, 43(2), 187–210. En ligne <http://www.jstor.org/stable/41408898>
- Lafargue, J., & Moser, G. (2020). *Hydrogen energy : the fuel of the future ?* Barclays. En ligne [Hydrogen energy: the fuel of the future | Barclays Private Bank](#), consulté le 27/07/2023
- Lambert, M. (2020). *Hydrogen and decarbonisation of gas: false dawn or silver bullet?* Oxford Institute for Energy Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep33923>, consulté le 18/07/2023
- Langhelle, O., & Meadowcroft, J. (Eds.). (2009). *Caching the carbon: The politics and policy of carbon capture and storage*. Edward Elgar.
- Lebrouhi, B. E., Djoupo, J. J., Lamrani, B., Benabdelaziz, K., & Kousksou, T. (2022). Global hydrogen development-A technological and geopolitical overview. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(11), 7016-7048. En ligne [Global hydrogen development - A technological and geopolitical overview \(sciencedirectassets.com\)](#), consulté le 28/07/2023
- Leonard, M., Pisani-Ferry, J., Shapiro, J., Tagliapietra, S., & Wolff, G. (2021). *The geopolitics of the European green deal*. European Council on Foreign Relations. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep29130>
- Linde. (2023). *Annual report 2022*.
- LKAB. (2023). *Year-end report 2022-Q4*.
- Mahle. (2023a). *Annual report 2022*.
- Mahle. (2023b). *Mahle is ready for the hydrogen engine*. En ligne [MAHLE is ready for the hydrogen engine - MAHLE Group](#), consulté le 04/07/2023
- Markard, J., & Rosenbloom, D. (2022). Phases of the net-zero energy transition and strategies to achieve it. In *Routledge Handbook of Energy Transitions* (pp. 102-123). London: Routledge. En ligne [Phases Markard Rosenbloom 2023 \(researchgate.net\)](#), consulté le 27/07/2023
- Martin, P. (2023a). *Shell received €150m of subsidies for green hydrogen project that was ineligible for support : report*. En ligne [Shell 'received €150m of subsidies for green hydrogen project that was ineligible for support': report | Hydrogen news and intelligence \(hydrogeninsight.com\)](#), consulté le 02/08/2023

- Martin, P. (2023b). *Spain doubles cash on offer to its green hydrogen industry with another €1.6B of support*. Hydrogen Insight. En ligne [Spain doubles cash on offer to its green hydrogen industry with another €1.6bn of support | Hydrogen news and intelligence \(hydrogeninsight.com\)](https://hydrogeninsight.com/spain-doubles-cash-on-offer-to-its-green-hydrogen-industry-with-another-1.6bn-of-support/) , consulté le 25/07/2023
- McCann, D. (2010). *The political economy of the European Union*. Cambridge : Polity press.
- McPhy. (2015). *Hydrogen génération : McPhy Energy and ThyssenKrupp Uhde Chlorine Engineers seal a strategic commercial alliance*. En ligne [A strategic commercial alliance with ThyssenKrupp Uhde Chlorine Engineers | McPhy](https://www.mcphy.com/en/press-releases/a-strategic-commercial-alliance-with-thyssenkrupp-uhde-chlorine-engineers/), consulté le 15/06/2023
- McWilliams, B., & Zachmann, G. (2021). *Navigating through hydrogen*. Bruegel. En ligne [http://www.jstor.org/stable/resrep32394](https://www.jstor.org/stable/resrep32394), consulté le 15/07/2023
- Meijer, B. (2023). *Netherlands increases subsidies for green hydrogen production*. Reuters. En ligne [Netherlands increases subsidies for green hydrogen production | Reuters](https://www.reuters.com/business/energy/netherlands-increases-subsidies-green-hydrogen-production-2023-08-27/), consulté le 27/08/2023
- Mercedes-Benz Group. (2023). *Annual report 2022*.
- Michelin. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- MOL Group. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- Moro, E., & Heilmann, F. (2021). *E3G Hydrogen factsheet : supply*. E3G. En ligne [http://www.jstor.org/stable/resrep30274](https://www.jstor.org/stable/resrep30274)
- Motor Oil. (2023). *Annual financial report*.
- MTU Aero Engines. (2023). *Annual report. Fiscal year 2022*.
- Nationalgrid. (2023). *The hydrogen colour spectrum*. En ligne [The hydrogen colour spectrum | National Grid Group](https://www.nationalgrid.com/uk/energy/hydrogen/the-hydrogen-colour-spectrum), consulté le 04/05/2023
- Navigant. (2019). *Gas for climate. The optimal role for gas in a net zero emissions energy system*. En ligne [Gas for Climate. The optimal role for gas in a net zero emissions energy system \(gasforclimate2050.eu\)](https://www.gasforclimate2050.eu/), consulté le 14/07/2023
- Neste. (2023). *Annual report 2022*.
- Notteboom, T., & Haralambides, H. (2023). *Seaports as green hydrogen hubs: advances, opportunities and challenges in Europe*. *Marit Econ Logist* 25, 1–27. Doi : <https://doi.org/10.1057/s41278-023-00253-1>
- Noussan, M., Raimondi, P. P., & Scita, R. (2020). *Geopolitical implications of the future hydrogen economy*. In M. Hafner (Ed.), *Green Hydrogen: the Holy Grail of Decarbonisation? An Analysis of the Technical and Geopolitical Implications of the Future Hydrogen Economy* (pp. 16–28). Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM). En ligne [http://www.jstor.org/stable/resrep26335.6](https://www.jstor.org/stable/resrep26335.6)
- OECD. (2022). *Greenhouse gas emissions*. En ligne [Greenhouse gas emissions \(oecd.org\)](https://data.oecd.org/greenhouse-gas-emissions/), consulté le 05/07/2023
- OMV. (2023). *Annual report 2022*.

- Organisation des Nations Unies (s.d.). *Energy transition*. En ligne [Energy Transition | United Nations Development Programme \(undp.org\)](#), consulté le 27/07/2023
- Orlen. (2023). *Non-financial statement of the Orlen Group and PKN Orlen S.A. for 2022*.
- Orsted. (2023). *Annual report 2022*.
- Orygeen. (s.d.). *Hydrogène vert : un marché naissant en plein essor*. En ligne [Hydrogène Vert - Opportunité dans la Transition Énergétique \(orygeen.eu\)](#), consulté le 25/07/2023
- Outokumpu. (2023). *Annual report 2022*.
- Panasonic Group. (2023). *Annual report 2022*.
- Parlement européen. (2021). *Stratégies de l'Union européenne sur l'hydrogène et l'intégration du système énergétique*. En ligne [Stratégies de l'Union européenne sur l'hydrogène et l'intégration du système énergétique \(europa.eu\)](#), consulté le 24/07/2023
- Parlement européen. (2023). *Hydrogène renouvelable : quels sont les avantages pour l'UE ?* En ligne [Hydrogène renouvelable : quels sont les avantages pour l'UE ? | Actualité | Parlement européen \(europa.eu\)](#), consulté le 17/06/2023
- Parlement européen. (s.d.). *Procédure législative ordinaire*. En ligne [Vue d'ensemble | Procédure législative ordinaire | Procédure Législative Ordinaire | Parlement européen \(europa.eu\)](#), consulté le 07/07/2023
- Patbase. (2023a). Y02E60/32. En ligne [PatBase - CPC report](#), consulté le 18/07/2023
- Patbase. (2023b). Y02E60/34. En ligne [PatBase - CPC report](#), consulté le 18/07/2023
- Patbase. (2023c). Y02E60/36. En ligne [PatBase - CPC report](#), consulté le 18/07/2023
- Patbase. (2023d). Y02E60/50. En ligne [PatBase - CPC report](#), consulté le 18/07/2023
- Patrahau, I., Rademaker, M., van Geuns, L., Ojukwu, S., & Geurts, P. (2022). Implications of the Russian invasion of Ukraine for Europe's energy policy. In *European tank storage in global value chains: Outlook to 2030* (p. VI–XI). Hague Centre for Strategic Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep40319.5>
- Patrahau, I., van Geuns, L., & Rademaker, M. (2023). Decarbonization and new markets (10-20 years). In *European tank storage and changing geopolitical landscapes* (pp. 13–15). Hague Centre for Strategic Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep51663.7>
- Pigeon, J. (2022). L'acceptabilité sociale des technologies de captage, de transport, d'utilisation et de stockage du CO₂ : un travail d'ajustement réciproque du projet technique et de ses parties prenantes. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 105, 67-71. <https://doi.org/10.3917/re1.105.0067>
- Plug Power. (2023). *Form 10-K. Annual report pursuant to section 13 or 15(d) of the securities exchange act of 1934. For fiscal year ended December 31, 2021*.
- Poudineh, R. (2022). Summary and conclusions. In *Energy Networks in the Energy Transition Era* (pp. 19–21). Oxford Institute for Energy Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep40668.9>

- Powercell. (2023). *Annual and sustainability report 2022*.
- Preuss, S., & Königsgruber, R. (2021). How do corporate political connections influence financial reporting? A synthesis of the literature. *Journal of Accounting and Public Policy*, 40(1), 106802. En ligne [How do corporate political connections influence financial reporting? A synthesis of the literature \(sciencedirectassets.com\)](#), consulté le 30/07/2023
- Public Power. (2023). *Annual report 2022*.
- PWC. (s.d.). *The green hydrogen economy. Predicting the decarbonisation agenda of tomorrow*. En ligne [Green hydrogen economy - predicted development of tomorrow: PwC](#), consulté le 20/07/2023
- Renault Group. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- Repsol Group. (2023). *Integrated management report 2022*.
- Rolls-Royce. (2023). *Annual report and audited financial statements for year ended 31 December 2022*.
- RWE. (2023). *Annual report 2022*.
- Sadik-Zada, E. R. (2021). Political Economy of Green Hydrogen Rollout: A Global Perspective. *Sustainability*, 13(23), 13464. MDPI AG. Doi : <http://dx.doi.org/10.3390/su132313464>
- Safran. (2023a). *Safran leader du programme de démonstration Open Fan OFELIA avec des partenaires européens dans le cadre de Clean Aviation*. En ligne [Safran leader du programme de démonstration Open Fan OFELIA avec des partenaires européens dans le cadre de Clean Aviation | Safran \(safran-group.com\)](#), consulté le 10/06/2023
- Safran. (2023b). *Universal registration document*.
- Saint-Gobain. (2023). *Universal registration document 2022*.
- Saipem. (2023). *Full year 2022 results and strategy update*.
- Salzgitter. (2023). *Annual report 2022*.
- Sandvik. (2019). *Will hydrogen fuel cells power the future ?* En ligne [Will hydrogen fuel cells power the future? — Sandvik Group \(home.sandvik\)](#), consulté le 17/06/2023
- Sandvik. (2023). *Annual report 2022*.
- SAP. (2023). *SAP Integrated report 2022*.
- Satyapal, S. (2017). *Hydrogen : a clean, flexible energy carrier*. En ligne [Hydrogen: A Clean, Flexible Energy Carrier | Department of Energy](#), consulté le 16/07/2023
- Schaeffler. (2023). *Annual report 2022*.
- Schneider Electric. (2023). *Universal registration document 2022*.
- Scovell, M. D. (2022). Explaining hydrogen energy technology acceptance: A critical review. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(19), 10441-10459. Doi : <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.01.099>.

- SFC Energy. (s.d.). *Hydrogen fuel cell : the fuel cell of the future*. En ligne [Hydrogen Fuel Cell | Advantages, Applications & More \(sfc.com\)](https://www.sfc.com/hydrogen-fuel-cell-advantages-applications-more), consulté le 05/08/2023
- Shackleton, M. (2017). The European Parliament : The power of democratic ideas. In D. Hodson & J. Peterson (Eds). *Institutions of the European Union* (pp. 138-162). Oxford : Oxford University Press.
- Shell. (2023). *Annual report and accounts for the year ended December 31, 2022*.
- Siemens. (2023). *Annual report 2022*.
- Siemens. (s.d.). *Hydrogen meets process know-how and performance*. En ligne [Hydrogen - Applications - Siemens global website](https://www.siemens.com/global/en/products/energy/hydrogen-applications), consulté le 15/06/2023
- Siemens Energy. (2023). *Annual report 2022*.
- SLB. (2022). *2022 annual report*.
- SMA. (s.d.). *Approvisionnement énergétique pour la production d'hydrogène*. En ligne Snam. (2023). *2022 annual report*. En ligne [Approvisionnement énergétique pour la production d'hydrogène | SMA Solar](https://www.snam.it/it/energia/produzione/energia-riproduzione/energia-riproduzione-sma-solar), consulté le 04/08/2023
- Solvay. (2023). *Annual integrated report 2022*.
- SSAB. (2023). *Annual report 2022*.
- Statista. (2023a). *Consumption of natural gas in the European Union from January 2021 to March 2023*. En ligne [EU: monthly natural gas consumption 2021-2023 | Statista](https://www.statista.com/statistics/1111111/consumption-of-natural-gas-in-the-eu/), consulté le 17/07/2023
- Statista. (2023b). *Length of pipelines owned by leading natural gas transporting companies in the European Union (EU) as of 2019*. En ligne [EU gas pipeline company ownership by length 2019 | Statista](https://www.statista.com/statistics/1111111/length-of-pipelines-owned-by-leading-natural-gas-transporting-companies-in-the-eu/), consulté le 25/07/2023
- Stellantis. (2023a). *Annual report and form 20-F for the year ended December 31, 2022*.
- Stellantis. (2023b). *Stellantis to acquire equal stake with Faurecia and Michelin in Symbio, a leader in zero-emission hydrogen mobility*. En ligne [Stellantis to Acquire Equal Stake with Faurecia and Michelin in Symbio, a Leader in Zero-emission Hydrogen Mobility | Stellantis](https://www.stellantis.com/en/press-releases/2023/07/stellantis-to-acquire-equal-stake-with-faurecia-and-michelin-in-symbio-a-leader-in-zero-emission-hydrogen-mobility), consulté le 25/07/2023
- Szabo, J. (2023). *Hungary's hydrogen strategy. Ambition for innovation within political confines*. Research Institute for Sustainability Potsdam. En ligne [Hungary's Hydrogen Strategy: Ambition for Innovation within Political Confines \(rifs-potsdam.de\)](https://www.rifs-potsdam.de/en/hungarys-hydrogen-strategy-ambition-for-innovation-within-political-confines), consulté le 28/07/2023
- Tata Steel. (2022). *Tata Steel invests 65 million euro in next phase hydrogen route*. En ligne [Tata Steel invests 65 million euro in next phase hydrogen route | Tata Steel in Europe \(tatasteeleurope.com\)](https://www.tatasteel.com/en/press-releases/2022/06/tata-steel-invests-65-million-euro-in-next-phase-hydrogen-route), consulté le 16/06/2023
- Tata Steel. (s.d.). *Ijsmuiden*. En ligne [Ijsmuiden \(tatasteeljobs.nl\)](https://www.tatasteeljobs.nl/), consulté le 16/06/2023
- Tecnicas Reunidas. (2023). *Consolidated annual accounts*.
- Teijin. (s.d.). *Global network*. En ligne [Global Network: Teijin Carbon](https://www.teijin.com/en/global-network), consulté le 01/07/2023
- Tenaris. (2023). *Annual report 2022*.

- The Chemours Company. (2023). *2022 annual report*.
- The World Bank Group. (2016). *Public-private dialogue (PPD) stakeholder mapping toolkit. A practical guide for stakeholder analysis in PPD using the Net-Map method*. En ligne [World Bank Document](#)
- Thun, E. (2017). The globalization of production. In J. Ravenhill (Eds.), *Global political economy* (pp. 174-198). Oxford : Oxford University press.
- ThyssenKrupp. (2022). *Annual report 2021-2022*.
- TotalEnergies. (2023). *Universal registration document 2022*.
- Toyota. (s.d.). *Toyota fuel cell business*. En ligne [Toyota Fuel Cell Business | Toyota Europe \(toyota-europe.com\)](#), consulté le 18/06/2023
- Transport et Environnement. (2023). *The big e-fuel lie*. En ligne [Le grand mensonge de l'e-carburant - Transport & Environnement \(transportenvironnement.org\)](#)
- Trelleborg. (s.d.). *H2Pro hydrogen sealing materials*. En ligne [High-performance Hydrogen Sealing Materials | Trelleborg H2Pro](#), consulté le 16/06/2023
- Tu, K., Deutsch, M., & Flis, G. (2021). *Industrial clusters using green hydrogen can drive clean energy transition in Europe and China*. World Economic Forum. En ligne [Green hydrogen can aid energy transition in Europe and China | World Economic Forum \(weforum.org\)](#), consulté le 16/06/2023
- Umicore. (2022). *Umicore to build large-scale fuel cell catalyst plant in China to cater for accelerated hydrogen clean mobility*. En ligne [Umicore to build large-scale fuel cell catalyst plant in China to cater for accelerated hydrogen clean mobility growth | Umicore](#), consulté le 17/06/2023
- Umicore. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- Unicredit. (2021). *The working group, established by the European Commission, supports clean hydrogen technologies to drive the energy transition. Thanks to this alliance UniCredit can successfully contribute to the deployment of low carbon hydrogen across Europe through close cooperation with industry players and regulators*. En ligne [UniCredit joins European Clean Hydrogen Alliance \(unicreditgroup.eu\)](#), consulté le 17/06/2023
- UNIFE. (2023). *UNIFE and CER welcome the conclusion of the negotiations on the Alternative Fuels Infrastructure Regulation*. En ligne [PRESS RELEASE: UNIFE and CER welcome the conclusion of the negotiations on the Alternative Fuels Infrastructure Regulation - UNIFE](#)
- Uniper. (2023). *Annual report 2022. Financial results*.
- UPM. (2023). *Annual report 2022*.
- Vaillant Group. (s.d.). *Heating with hydrogen*. En ligne [Heating with hydrogen \(vaillant-group.com\)](#), consulté le 01/07/2023
- Vallourec. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- Vattenfall. (2023). *Annual and sustainability report 2022*.

- VCI. (2022). *Chemiewirtschaft in Zahlen*. 2022. En ligne [chemiewirtschaft-in-zahlen-2022.pdf \(vci.de\)](https://www.vci.de/chemiewirtschaft-in-zahlen-2022.pdf)
- Veolia. (2023). *Document d'enregistrement universel 2022*.
- Verbund. (2023). *Integrated annual report 2022*.
- Vestas. (2023). *Annual report 2022*.
- Vicat. (2023). *Document d'enregistrement universel*.
- Vivanco-Martín, B., & Iranzo, A. (2023). Analysis of the European Strategy for Hydrogen: A Comprehensive Review. *Energies*, 16(9), 3866. MDPI AG. Doi : <http://dx.doi.org/10.3390/en16093866>
- VoestAlpine. (2022). *Annual report 2021/22*.
- Voith. (2023). *2022 annual report*.
- Volkswagen Group. (2023). *Annual report 2022*.
- Volvo Group. (2022). *Annual Report 2022*. En ligne [Annual Report 2022 | Volvo Group](#), consulté le 05/04/2023
- Wacker. (2023). *Annual report 2022*.
- Wolf, A. (2023). The Spatial Evolution of a European Hydrogen Economy. *Intereconomics*, 58(2), 111-118. <https://doi.org/10.2478/ie-2023-0022>
- Wolters, F. J. A. de K. (2022). *The heralds of hydrogen. The economic sectors driving the hydrogen economy in Europe*. Genève : Graduate Institute Publications. Doi : 10.4000/books.iheid.8612
- World Economic Forum. (2023). *Finland is on track to meet some of the world's most ambitious carbon neutrality targets. This is how it has done it*. En ligne [Finland is on track to be carbon neutral by 2035. Here's how | World Economic Forum \(weforum.org\)](#), consulté le 03/08/2023
- WWF. (2020). *Hydrogen strategy opens arms to fossil fuel*. En ligne [Hydrogen strategy opens arms to fossil fuels | WWF](#), consulté le 17/06/2023
- Yafimava, K. (2022). Industry's role in shaping the Final Regulation. In *The TEN-E Regulation: allowing a role for decarbonised gas* (pp. 18–31). Oxford Institute for Energy Studies. En ligne <http://www.jstor.org/stable/resrep42671.8>, consulté le 20/07/2023

8. Annexes

8.1. Engagement des pouvoirs publics des pays < 2,5 % de la population de l'UE

8.1.1. Forte implication

Suède (2,33 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics suédois soutiennent très fort le développement de l'hydrogène pour des applications industrielles. La Suède possède d'ailleurs déjà des usines qui fabriquent de l'acier avec de l'hydrogène (Jones, 2023). Le pays est pionnier dans le domaine. La Suède possède la puissance d'électrolyseur en utilisation, en construction ou ayant fait l'objet d'une décision finale d'investissement la plus élevée de l'UE. Elle atteignait fin 2022 1,3 GW (IEA, 2022). De plus, de nombreuses entreprises importantes ont des activités en Suède. C'est le cas de Volvo qui prévoit de produire des poids lourds à pile à combustible (Volvo Group, 2023). Ensuite, Sandvik propose des composants pour les stacks des piles à combustible (Sandvik, 2019), Powercell fabrique de PAC (Powercell, 2023) et Trelleborg propose des matériaux pour PAC et électrolyseurs (Trelleborg, s.d.). De plus, les entreprises énergétiques Hitachi, Fortum via sa filiale Uniper et Vattenfall prévoient de produire et stocker de l'hydrogène vert (Hitachi, 2023 ; Uniper, 2023 ; Vattenfall, 2023). Enfin, Siemens Energy développe des turbines à hydrogène en Suède (Siemens Energy, s.d.) tandis que l'entreprise sidérurgique SSAB projette de produire de l'acier vert (SSAB, 2023).

Autriche (2 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics autrichiens sont engagés envers l'hydrogène. Ils soutiennent cinq projets dans le cadre des IPCEI pour un montant total de 125 Mio EUR. C'est notamment le cas de l'entreprise énergétique Verbund notamment l'entreprise énergétique Verbund qui va produire de l'hydrogène vert au moyen d'un électrolyseur de 60 MW pour l'entreprise chimique Borealis (Verbund, 2023). Le secteur chimique génère un chiffre d'affaires de 18 Mrd EUR (Cefic, 2023). Notons également que l'équipementier automobile Borealis, via sa filiale Plastic Omnium, bénéficie aussi de ces aides d'État (Borealis, 2023). De plus, les dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la PAC s'élèvent à 77 Mio EUR de 2017 à 2021, soit le second montant le plus élevé de l'UE en proportion du PIB (tableau 4, p. 34). Le pays a également déposé 97 brevets dans le domaine de l'hydrogène et de la PAC de 2012 à 2021

(tableau 6, p. 36). Enfin, le pays possède également une industrie sidérurgique qui représente 15 000 emplois, pour une production de 8 millions de tonnes brutes.

Danemark (1,3 % de la population de l'UE)

L'hydrogène dispose d'un large soutien des pouvoirs publics danois. Le pays se projette comme producteur d'hydrogène vert grâce à l'énergie éolienne. La projection de puissance d'électrolyseur d'ici 2030 s'élève d'ailleurs à 11,7 GW, tandis que la capacité en puissance, en construction ou ayant fait l'objet d'une décision finale d'investissement est de 110 MW, ce qui une des puissances les plus élevées de l'UE (IEA, 2022). Le pays fait également l'objet d'investissements privés en capital à risque dans l'hydrogène élevé en proportion à son PIB comparé aux autres États membres.

8.1.2. Implication modérée à tendance croissante

Grèce (2,37 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics grecs se sont récemment engagés dans la transition hydrogène en publiant leur stratégie nationale et soutenant trois projets IPCEI. Par ailleurs, l'entreprise énergétique Motor Oil a dépensé 80 Mio EUR en 2022 dans la production d'hydrogène (Motor Oil, 2023). De plus, l'entreprise Hellenic Petroleum prévoit de produire de l'hydrogène bas carbone pour décarboner sa raffinerie à Elefsina (Hellenic Petroleum, 2023).

Portugal (2,1 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics portugais sont engagés dans l'hydrogène. Ils ont publiés la stratégie nationale en juillet 2020, soit dans les premiers en UE. Le pays dispose d'un haut potentiel de production d'énergie renouvelable qui lui permettrait d'exporter de l'hydrogène vert (Wolf, 2023). Toutefois, l'allocation dans des projets concrets des budgets débloqués pour soutenir l'hydrogène se fait attendre. Sa récente adhésion au projet H2Med souligne un intérêt des pouvoirs publics pour l'hydrogène. Les entreprises portugaises énergétiques EDP et Galp Energia sont investies dans cette transition. Cependant, le pays dispose de peu d'industries chimiques et sidérurgiques.

Finlande (1,24 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics finlandais n'ont pas encore publié de stratégie nationale. De plus, les dépenses publiques en R&D dans l'hydrogène et la pile à combustible étaient nulles de 2017

à 2020, avant d'augmenter à 2 Mio EUR en 2021 (IEA, 2023). Toutefois, le pays ambitionne d'être neutre en carbone d'ici 2035 et est sur la bonne voie pour atteindre cet objectif (World Economic Forum, 2023). Les pouvoirs publics comptent utiliser l'hydrogène pour décarboner le transport lourd. Ils soutiennent d'ailleurs 3 projets dans le cadre des IPCEI. En outre, le secteur privé est très dynamique concernant l'hydrogène. Ainsi, l'investissement privé capital à risque dans l'hydrogène de 2018 à 2022 s'élève à 105 Mio EUR, ce qui est élevé en proportion du PIB par rapport aux autres pays de l'UE. De plus, le pays dispose également d'entreprises nationales actives dans l'hydrogène. Neste s'est vu attribuer 27 Mio EUR de subsides pour produire de l'hydrogène vert et décarboner ses activités de raffinage à Porvoo (Neste ; 2023). Fortum, UPM-Kymmene et Outokumpu ont également des projets d'investissements dans l'hydrogène (Fortum, 2023 ; UPM-Kymmene, 2023 ; Outokumpu, 2023).

Irlande (1,13 % de la population de l'UE)

L'Irlande a publié sa stratégie hydrogène en juillet 2023. Après un temps d'attente, le pays se projette maintenant comme exportateur d'hydrogène vert produit à partir d'énergie éolienne vers l'UE en passant par l'Écosse. Cette ambition est corroborée par Wolf (2023). De plus, le pays partage ses gazoducs avec le Royaume-Uni, qui a décidé de faire d'ajouter 2 à 5 % d'hydrogène au gaz naturel dans ses gazoducs (Hydrogen Central, 2023). Cependant, les pouvoirs publics doivent encore concrétiser ses ambitions. Aucun projet irlandais ne bénéficie d'aides d'État dans le cadre des IPCEI. Par ailleurs, le pays ne produit pas d'acier (Eurofer, 2022), mais possède un peu d'industrie chimique représentant 8 000 emplois (VCI, 2022) et un chiffre d'affaires de 9 Mrd EUR en 2021 (Cefic, 2023).

Croatie (0,86 % de la population de l'UE)

La Croatie a publié sa stratégie nationale hydrogène en mars 2022. Elle se positionne comme plaque tournante d'import d'hydrogène. Les industries chimique et sidérurgique croates sont presque inexistantes. De plus, les pouvoirs publics n'ont pas fait de dépenses dans l'hydrogène et il n'y a pas eu d'investissement privé capital à risque au cours des dernières années. Cependant, la Croatie, avec la Slovénie et la région de Venise, a reçu un subside européen de 25 Mio EUR pour le développement d'une vallée de l'hydrogène (Clean Hydrogen Partnership, 2023).

Estonie (0,3 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics estoniens n'ont pas encore publié leur stratégie nationale hydrogène. Cependant, ils se démarquent en supportant des projets au travers d'aides d'État IPCEI. De plus, l'Estonie est l'État membre avec le plus haut niveau d'investissement privé capital à risque par rapport à son PIB. De plus, de 2014 à 2022, les projets estoniens dans l'hydrogène ont reçu 6 Mio EUR de subsides de la part du Clean Hydrogen Partnership (Clean hydrogen Partnership, s.d.). Ainsi, le soutien public à l'hydrogène n'en est qu'à ses balbutiements, mais en pleine croissance.

Luxembourg (0,14 % de la population de l'UE)

Le Luxembourg reconnaît l'utilité de l'hydrogène pour décarboner son industrie sidérurgique. Le pays s'est vu accorder une aide publique européenne de 8 Mio EUR par le Clean Hydrogen Partnership (Clean Hydrogen Partnership, 2023). Par ailleurs, le Luxembourg ne supporte aucun projet dans le cadre des IPCEI. Ainsi, les pouvoirs publics n'ont accordé aucune aide pour des projets à l'hydrogène.

8.1.3. Implication modérée à tendance décroissante

République tchèque (2,36 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics tchèques ont les dépenses en R&D dans l'hydrogène et la PAC parmi les plus élevées de l'UE proportionnellement au PIB du pays. Le pays dispose d'industries sidérurgiques et chimiques significatives. De plus, la plateforme tchèque d'hydrogène, créée en 2007, est une des plus anciennes de l'UE. Cependant, le pays repose encore beaucoup sur le charbon pour produire son énergie (47 % en 2018). L'extraction de charbon et les usines à charbon généraient 18 000 emplois en 2018 (Kapetaki, 2021). De plus, les fonds publics pour la transition hydrogène se fait attendre.

Hongrie (2,17 % de la population de l'UE)

La Hongrie a publié sa stratégie nationale hydrogène en mai 2021. Depuis, les pouvoirs publics n'ont pas soutenu concrètement de projets dans l'hydrogène à l'exception d'un électrolyseur d'une capacité de 2,5 MW (IEA, 2022). De plus, Szabo (2023) détaille que les pouvoirs publics hongrois comptent encore fort sur les énergies fossiles venues de Russie.

Slovaquie (1,21 % de la population de l'UE)

Bien que le pays ait publié sa stratégie nationale hydrogène en 2021, aucun support public significatif n'a suivi.

8.1.4. Peu ou pas d'implication

Bulgarie (1,53 % de la population de l'UE)

Le pays souffre d'instabilité politique depuis quelques années. Par conséquent, les pouvoirs publics n'ont pas pu agir (Amsili, 2023).

Lituanie (0,63 % de la population de l'UE)

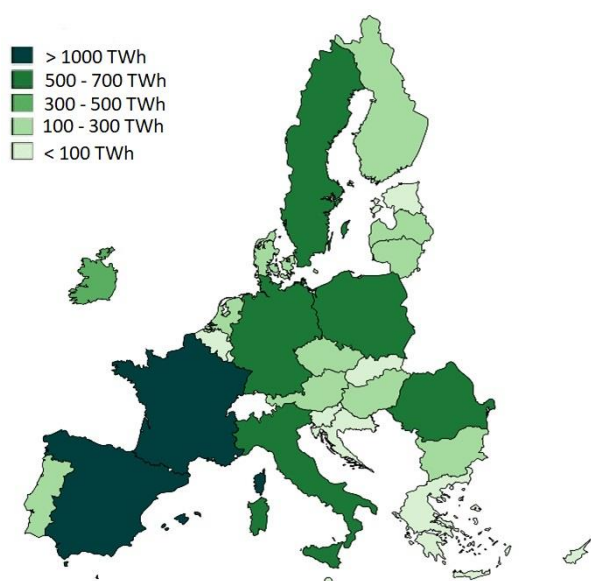
Les pouvoirs publics lituaniens ont publié une feuille de route concernant l'hydrogène en juin 2022. Cependant, la situation n'a pas évolué depuis.

Slovénie, Lettonie, Chypre & Malte (0,47 %, 0,63 %, 0,2 % & 0,12 % de la population de l'UE)

Les pouvoirs publics de ces pays n'ont pas montré d'engagement en faveur de l'hydrogène et ne soutiennent aucun projet. Ils ne disposent d'aucune stratégie nationale hydrogène.

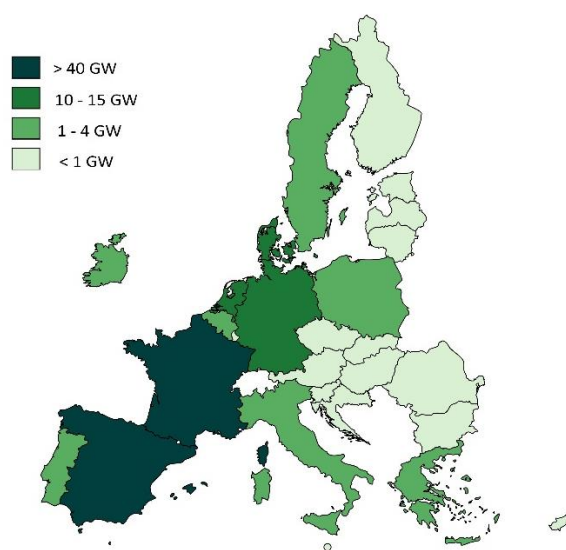
8.2. Figures & tableaux

Figure 8 - Potentiel de production d'énergie renouvelables (TWh)



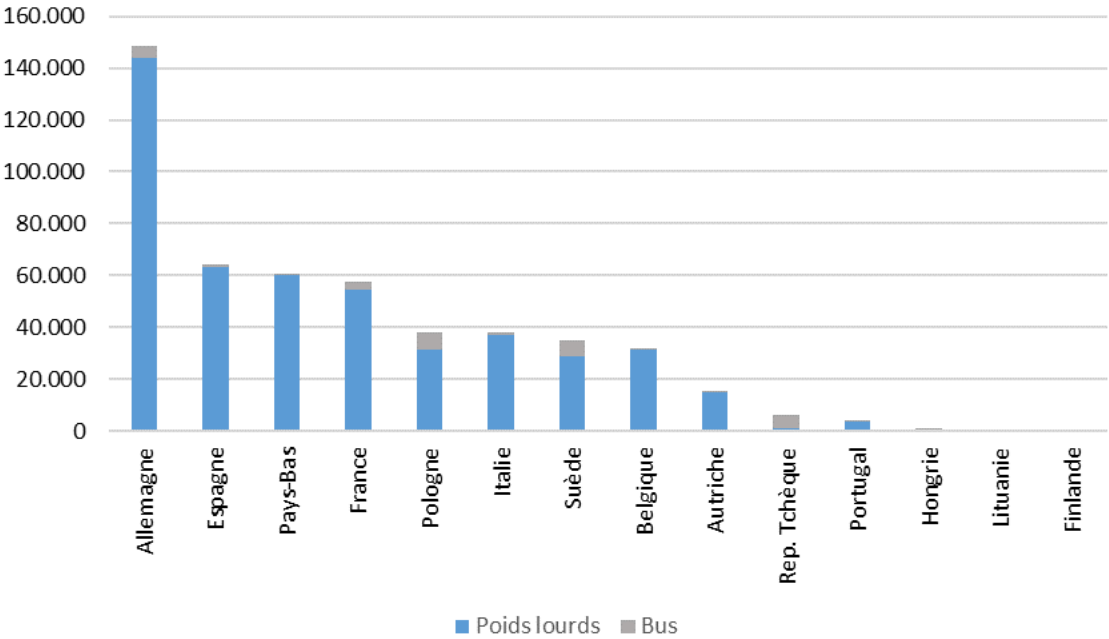
Source : auteur sur base des données de Wolf (2023).

Figure 9 - Puissance planifiée d'électrolyse en 2030 (GW)



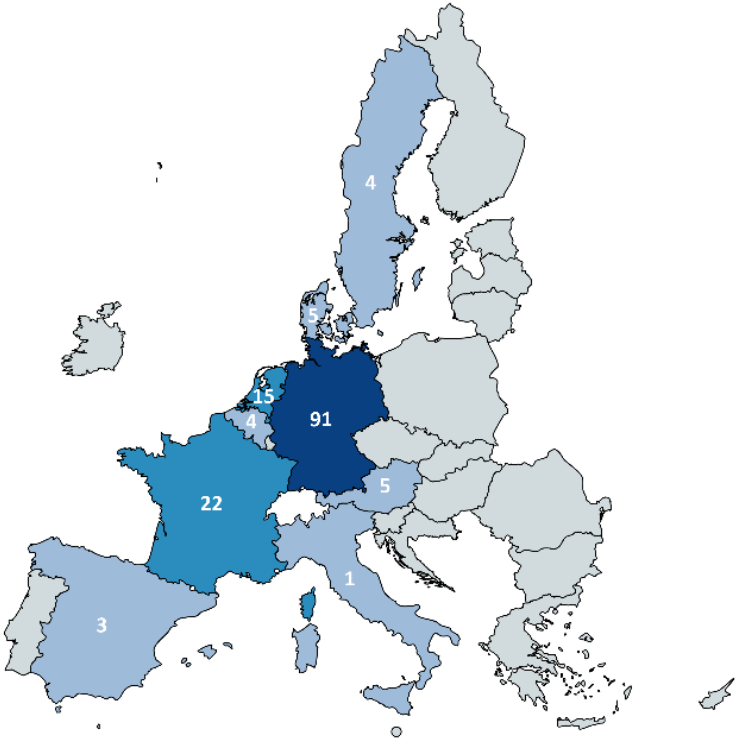
Source : auteur sur base des données de IEA (2022b).

Figure 10 - Production de poids lourds et bus (2021)



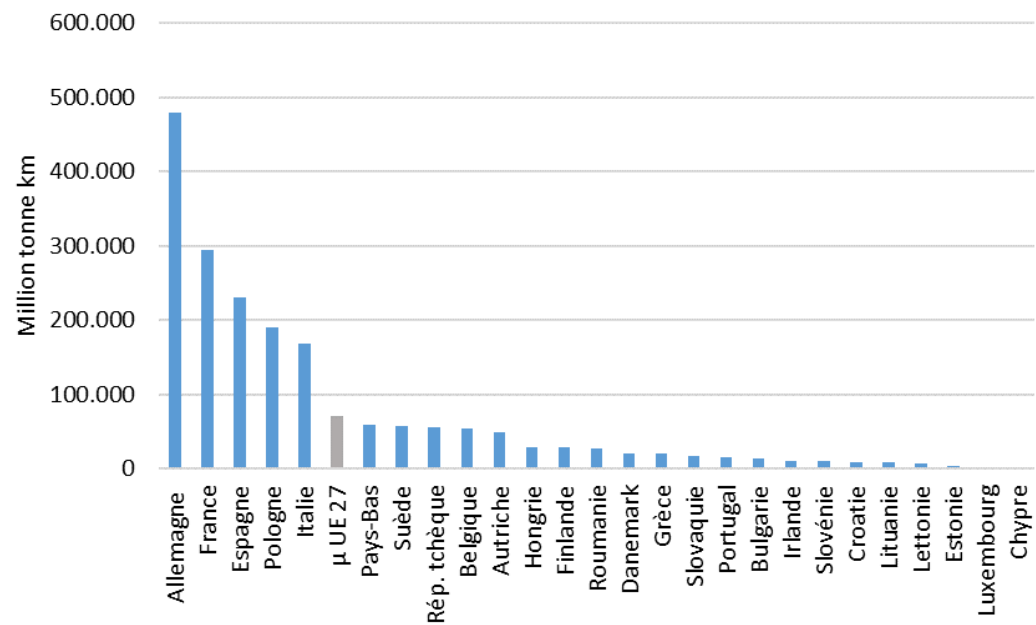
Source : auteur sur base des données de ACEA (2022).

Figure 11 - Nombre de stations de ravitaillement d'hydrogène par pays (2022)



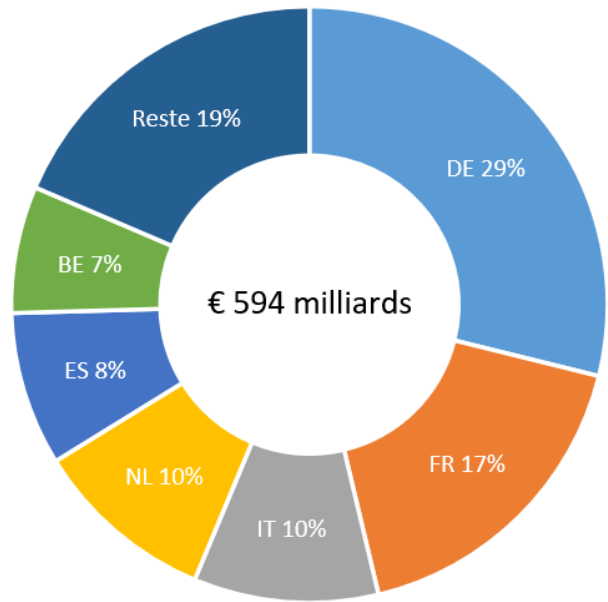
Source : auteur, sur base des données de Clean Hydrogen Partnership (2023).

Figure 12 - Transport routier de marchandises (2021)



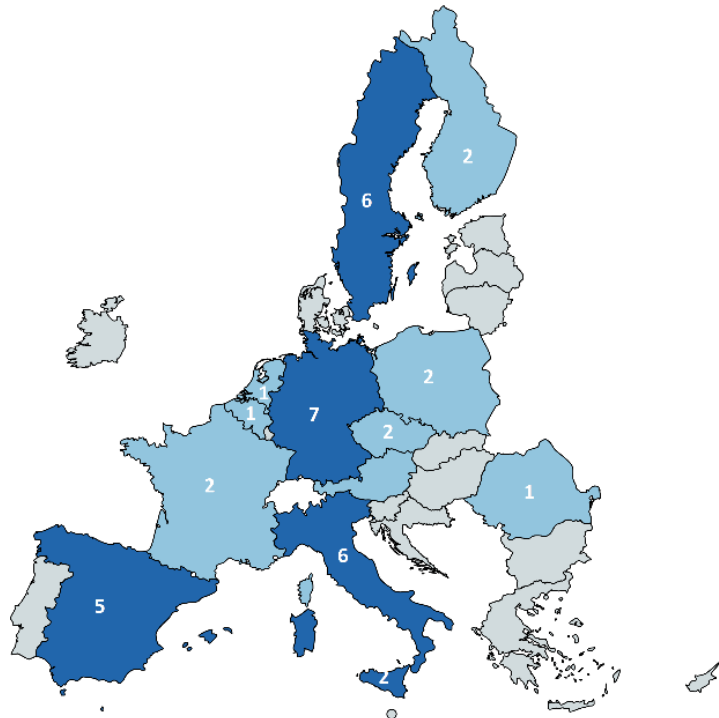
Source : auteur sur base des données d'Eurostat (2023f).

Figure 13 - Chiffre d'affaires de l'industrie chimique UE (2021)



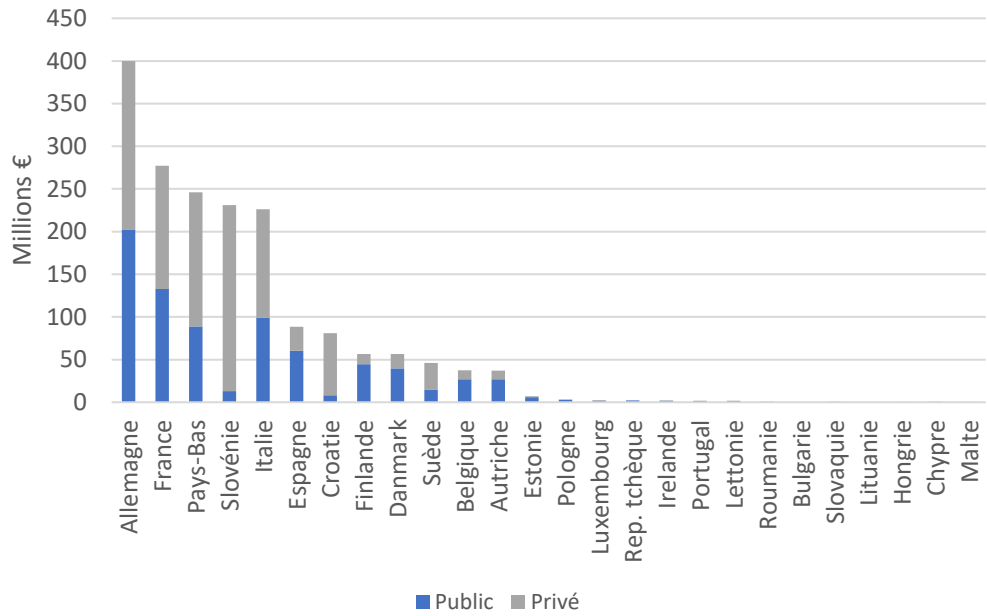
Source : Cefic (2023).

Figure 14 - Projets de production d'acier avec de l'hydrogène bas carbone d'ici 2030



Source : auteur sur base des données d'Eurofer (s.d.).

Figure 15 - Investissement dans le cadre de projets du Clean Hydrogen Partnership



Source : auteur sur base des données de Clean Hydrogen Partnership (s.d.b).

Tableau 15 - Annonces nationales sur l'hydrogène

Pays	Type	Date de publication
Allemagne	Stratégie nationale	juin 2020
Autriche	Stratégie nationale	juin 2022
Belgique	Stratégie nationale	octobre 2021
Bulgarie	Feuille de route	avril 2023
Chypre	n/a	
Croatie	Stratégie nationale	mars 2022
Danemark	Stratégie nationale	décembre 2021
Espagne	Projet de stratégie nationale	juin 2023
Estonie	Lignes directives préliminaires	octobre 2020
Finlande	Projet de stratégie nationale	juin 2023
France	Stratégie nationale	septembre 2020
Grèce	Stratégie nationale	novembre 2022
Hongrie	Stratégie nationale	mai 2021
Irlande	Stratégie nationale	juillet 2023
Italie	Lignes directives préliminaires	novembre 2020
Lettonie	n/a	
Lituanie	Feuille de route	juin 2022
Luxembourg	Stratégie nationale	septembre 2021
Malte	n/a	
Pays-Bas	Stratégie nationale	avril 2020
Pologne	Stratégie nationale	décembre 2021
Portugal	Stratégie nationale	juillet 2020
Rep. tchèque	Stratégie nationale	juillet 2021
Roumanie	Projet de stratégie nationale	mai 2023
Slovaquie	Stratégie nationale	juin 2021
Slovénie	n/a	
Suède	Stratégie nationale	novembre 2021

Source : auteur.

Tableau 16 - Entreprises allemandes actives dans les secteurs à haut potentiel

Entreprise	Activité	Données financières liées à l'hydrogène (2022)	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène
VOLKSWAGEN	Constructeur auto.	18Mio EUR CA, 27Mio EUR CapEx fabrication d'équipement H2.[a]	Usage H2 pour les poids lourds (HDT) & bus.[a]
MERCEDES-BENZ	Constructeur auto.		Cellcentric comme JV avec Volvo (SE) pour les poids lourds & bus.[b]
BMW	Constructeur auto.		Centre R&D à Munich. Voiture comme application.[c]
ROBERT BOSCH	Équipementier auto.	500Mio EUR en R&D sur les stacks d'ici 2030.[d]	PAC pour HDT dispo. ICE à l'H2 en dvp. Chaudières compatibles aux mélanges H2.[d]
SCHAEFFLER	Équipementier auto.		Centre R&D à Herzogenaurach. Production de plaques bipolaire pour PAC.[e]
MAHLE	Équipementier auto.	300Mio EUR pour investir dans les activités vertes dont PAC.[f]	Centre R&D à Stuttgart. Usage H2 pour HDT & bus. Nouveau ICE déjà prêt pour le retrofit H2.[f]
ELRINGKLINGER	Équipementier auto.	11Mio EUR CA, 20Mio EUR CapEx fabrication d'équipements H2.[g]	Centre R&D à Dettingen. EKPO comme JV avec Burelle (FR) pour PAC (déjà en production). Dvp PAC aviation avec Airbus.[g]
SIEMENS	Constructeur ferroviaire		R&D & fabrication de train à Krefeld. Propose aussi des composants (valves, sonde,...).[h]
BASF	Chimie	25Mio EUR CA, 30Mio EUR CapEx production H2.[i]	Production H2 vert et bleu.[i]
EVONIK INDUSTRIES	Chimie		Propose des composants.[j]
WACKER CHEMIE	Chimie		Produit silicone pour PAC. Veut décarbonner sa production de matériaux avec H2.[k]
LINDE	Chimie		Production H2 vert et bleu.[l]
E.ON	Energie	310Mio EUR investis dans le réseau de gaz.[m]	Rendre réseau gaz compatible à H2. Utilisation d'électrolyseurs réversible (Power -> H2 -> Power).[m]
ENBW ENERGIE BADEN	Energie	3,5Mio EUR R&D H2.[n]	Dvp gazoducs pour H2. Nouvelles centrales à gaz prêtes à l'utilisation H2. Stockage H2 dans cavernes.[n]
RWE	Energie	68Mio EUR CapEx production H2.[o]	Nouvelles centrale à gaz prête pour H2. Production et stockage H2 vert et bleu, proche des utilisateurs. Terminal LNG.[o]
THYSSENKRUPP	Sidérurgie		Filiale Thyssenkrupp nucera (fabrication d'électrolyseurs) a plein de commande. Veulent fabriquer acier vert avec H2.[p]
SALZGITTER	Sidérurgie		Centre R&D H2SteelLab à Duisburg. H2 pour produire acier vert. Diversification dans la production et le stockage H2.[q]

Source : [a]Volkswagen Group (2023), [b]Mercedes-Benz Group (2023), [c]BMW Group (2023), [d]Bosch (2023), [e]Schaeffler (2023), [f]Mahle (2023a ; 2023b), [g]ElringKlinger (2023), [h]Siemens (2023 ; s.d.), [i]BASF (2023), [j]Evonik (s.d.), [k]Wacker (2023), [l]Linde (2023), [m]E.ON (2023), [n]EnBW (2023), [o]RWE (2023), [p]ThyssenKrupp (2022), & [q]Salzgitter (2023).

Tableau 17 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Allemagne

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Allemagne
Air Liquide	France	Chimie	Production H2.[a]
Teijin	Japon	Chimie	Centre R&D et usine en DE.[b]
Stellantis	France - Italie	Constructeur auto.	Centre R&D en DE.[c]
Iveco	Italie	Constructeur auto.	Prod LCV & HDT. Rachat JV avec Nikola (US) en 2023 pour 44Mio EUR, centre R&D à Ulm (DE).[d]
Alstom	France	Constructeur ferroviaire	Centre R&D train H2 en DE.[e]
TotalEnergies	France	Energie	Raffinerie de Leuna va utiliser H2 bas carbone (CSC). Hy24 va ouvrir 200 stations H2.[f]
EDF	France	Energie	Framatome (filiale) active dans le stockage H2. Centre R&D en Allemagne (Institut Eifer).[g]
Vattenfall	Suède	Energie	Centre R&D H2SteelLab.[h]
Fortum	Finlande	Energie	Production H2 vert via sa filiale Uniper.[i]
Shell	Pays-Bas	Energie	Production H2 vert en DE.[j]
Equinor	Norvège	Energie	Pipeline entre NO et DE.[k]
Faurecia	France	Équipementier auto.	Centre R&D à Augsburg.[l]
ArcelorMittal	Espagne, France, Lux.	Sidérurgie	Fabrication acier vert. RWE comme fournisseur H2. Investissement 55Mio USD.[m]

Source : [a]Air Liquide (2023), [b]Teijin (s.d.), [c]Stellantis (2023a), [d]Iveco Group (2023), [e]Alstom (2023), [f]TotalEnergies (2023), [g]EDF (2023), [h]Vattenfall (2023), [i]Fortum (2023), [j]Shell (2023), [k]Equinor (2023), [l]Forvia (2023), & [m]ArcelorMittal (2023).

Tableau 18 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en Allemagne (autres secteurs)

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Allemagne
Enapter	Allemagne	Energie alternative	Produisent des électrolyseurs (AEM).[a]
Airbus	Allemagne - France	Aviation	Centre R&D à Bremen.[b]
MTU Aero Engine	Allemagne	Aviation	Dvp PAC pour aviation en partenariat avec DLR.[c]
Rolls Royce	Royaume-Uni	Aviation	Investissement 28Mio EUR dans Hoeller Electrolyser. Dvp turbogénérateur compatible H2 en DE.[d]
Siemens Energy	Allemagne	Energie alternative	Va fabriquer des turbine H2 compatibles et des électrolyseurs et PAC.[e]
SMA Solar	Allemagne	Energie alternative	Producteur d'énergie verte. Dvp production H2.[f]
SFC Energy	Allemagne	Equipement électronique	Production de PAC et de générateurs électrique à H2.[g]
Horiba	Japon	Equipement électronique	Filiale Horiba FuelCon à Barleben qui fournit entreprises de PAC et électrolyseurs.[h]
Deutsche Bank	Allemagne	Finance	
Hoerbiger	Suisse	Immobilier	Fabrication de composants pour PAC et systèmes H2.[i]
Freudenberg	Allemagne	Industrie générale	Centre R&D à Munich. Fabriquent des composants pour PAC et systèmes H2.[j]
Voith	Allemagne	Industrie générale	R&D dans le stockage.[k]
BayWa	Allemagne	Industrie générale	Fabriquent stations de recharge.[l]
Vaillant	Allemagne	Industrie générale	Va préparer ses chaudières aux mélanges de gaz et uniquement à H2.[m]
Hanwha	Corée du Sud	Industrie générale	Centre R&D Qcells (filiale) en DE.[n]
KSB	Allemagne	Ingénierie industrielle	Fabrication de composants pour PAC et systèmes H2.[o]
Cummins	Etats-Unis	Ingénierie industrielle	Va fabriquer des électrolyseurs. Hydrogenics (filiale) fabrique des membranes PEM & AEM en DE.[p]
IHI	Japon	Ingénierie industrielle	Centre R&D à Ichtershausen. Propose composants PAC et Systèmes H2.[q]
SAP	Allemagne	IT	Propose des solutions de suivi et de support H2.[r]
Umicore	Belgique	Matériaux	Centre R&D et usine de production sur les catalyseurs pour PEM en DE.[s]
Heraeus	Allemagne	Matériaux	Va produire des catalyseur pour PEM.[t]
Cemex	Mexique	Matériaux	Fours DE vont fonctionner uniquement à H2. Va produire son H2 et SAF avec son CO2.[u]
Aurubis	Allemagne	Métallurgie	Va produire du cuivre avec H2. Test à Hambourg.[v]
Deutsche Post	Allemagne	Service	
HHL	Allemagne	Transport industriel	1Mio EUR R&D en H2. Veulent produire, transporter et utiliser H2.[w]
GTT	France	Industrie générale	Filiale Elogen avec centre R&D à Cologne.[x]

Source : [a]Enapter AG (2023), [b]Fernsby (2021), [c]MTU Aero Engines (2023), [d]Rolls-Royce (2023), [e]Siemens Energy (2023), [f]SMA solar (2023), [g]SFC Energy (2023), [h]Horiba (2018), [i]Hoerbiger (2022), [j]Freudenberg (2022), [k]Voith (2023), [l]BayWa (2023), [m]Vaillant Group (s.d.), [n]Hanwha (s.d.), [o]KSB (2023), [p]Cummins Inc (2023), [q]IHI (s.d.), [r]SAP (2023), [s]Umicore (2022), [t]Heraeus (2022), [u]Cemex (2023), [v]Aurubis (2022), [w]HHLA (2023), & [x]GTT (2023).

Tableau 19 - Entreprises françaises actives dans les secteurs à haut potentiel

Entreprise	Activité	Données financières liés à l'hydrogène	Projets clés en matière d'hydrogène
Renault	Constructeur auto.		Hyvia (JV avec Plug power). Prod utilitaire H2 à Batilly (FR). Centre R&D en Ile de France. Usine de prod PAC à Flin (FR).[a]
Stellantis	Constructeur auto.	Investissement 300Mio EUR dans Symbio (fabricant PAC).[b]	Petit utilitaire H2 déjà en prod. Grand utilitaire h2 en 2024 et poids lourds en 2025. Symbio (JV).[b]
Faurecia	Equipementier auto.	400Mio EUR investis en R&D et Symbio. Prêt BEI 315Mio EUR.[c]	Centre R&D à Bavans (FR), 200+ emplois. Déjà usine prod réservoirs H2 (capa 100k/an). JV Symbio (PAC).[c]
Michelin	Equipementier auto.		Innoplate (JV Schaeffler), avec usine de prod plaques bipolaires (PAC) en Alsace. Symbio (JV) gigafactory à Saint-Fons (FR).[d]
Burelle	Equipementier auto.	376Mio EUR investis depuis 2015.[e]	Va prod des réservoirs H2 en 2025 à Compiègne (FR) (capa de 80k/an) . Ont déjà 1Mrd EUR de commande d'ici 2030.[e]
Alstom	Constructeur ferroviaire	6Mio EUR investis en 2021 avec rachat Helion Hydrogen.[f]	Nombreux investissements dans les trains H2.[f]
Arkema	Chimie		Production de matériaux pour les réservoirs H2.[g]
Air Liquide	Chimie	130Mio EUR investis à Grandpuits. 2022: CapEx prod H2 292Mio €.[h]	Va investir min 8Mrd EUR dans H2 vert d'ici 2035. JV Siemens Energy pour prod électrolyseurs. Prod H2 = 11% CA 2022.[h]
TotalEnergies	Energie		Va prod H2 vert et bleu pour ses raffineries et faire du SAF. Hy24 (filiale) va dvp réseau stations H2, en + des 90 déjà actives.[i]
EDF	Energie		Va prod H2 vert. Plusieurs filiales en H2: Hynamics, Framatome, Hypion, Mcphy. Centre R&D électrolyseur à Ecuelles (FR).[j]
Engie	Energie		Convertir réseau gaz à l'H2. H2Med, transport de gaz puis H2 du PT à DE. Bcp de projets H2. 4Mrd EUR d'investissements d'ici 2030.[k]
Veolia	Energie		Veut convertir son réseau de gaz à H2. Va produire H2 avec biogaz.[l]
ArcelorMittal	Sidérurgie	1,7Mrd EUR d' investissement four électrique et H2.[m]	Veut produire de l'acier vert. Support gouv FR de 850Mio EUR des 1,7Mrd EUR.[n]

Source : [a]Renault Group (2023), [b]Stellantis (2023a ; 2023b), [c]Forvia (2023), [d]Michelin (2023), [e]Borealis (2023), [f]Alstom (2023), [g]Arkema (2023), [h]Air Liquide (2023), [i]TotalEnergies (2023), [j]EDF (2023), [k]Engie (2023), [l]Veolia (2023), [m]ArcelorMittal (2023), & [n]Commission européenne (2023d).

Tableau 20 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en France

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Allemagne
Chemours	Etats-Unis	Chimie	Production de membranes PAC et électrolyseurs dans l'Oise (FR).[a]
Schlumberger	Etats-Unis	Energie	Genvia (JV avec CEA, ...) prod électrolyseur, avec 2 centres R&D en FR et prod à Beziers (FR).[b]

Source : [a]The Chemours Company (2023) & [b]SLB (2022).

Tableau 21 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en France (autres secteurs)

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en France
Airbus	Allemagne-France	Aéronautique	Centre R&D à Nantes. Recherches en pour avions à PAC ou combustion H2.[a]
ArianeGroup	France	Aéronautique	Dvp réacteur H2 & SAF. Centre R&D avec Cranfield Aerospace pour PAC avion à Créteil (FR).[b]
Schneider	France	Équipement électronique	Software de support à la transition énergétique H2.[c]
General Electric	Etats-Unis	Industrie générale	JV avec Safran & CFM int. Centre R&D à Villaroche (FR).[d]
GTT	France	Industrie générale	Filiale Elogen qui prod électrolyseur, Usine & centre R&D à Les Ulis (FR)- 2022: Capa 160MW/an.[e]
Bouygues	France	Industrie générale	Veut dvp stations de recharge et prod H2 vert.[f]
Vallourec	France	Ingénierie industrielle	Centre R&D à Aulnoye. Veut dvp réservoirs H2. Proposé déjà des conduites de transport H2.[g]
Cemex	Mexique	Matériaux	Fours FR vont fonctionner uniquement à H2. Va produire son H2 et SAF avec son CO2.[h]
Vicat	France	Matériaux	Genvia (JV). Veut décarboner la prod de ciment avec H2 et valoriser CO2 avec prod méthanol.[i]
Saint-Gobain	France	Matériaux	Vont produire des matériaux pour l'économie de l'hydrogène (ex: poudres de zircone).[j]
SNCF	France	Transport	Vont utiliser des trains H2 pour décarboner le transport sur les lignes nos électrifiées.[k]

Source : [a]Fernsby (2021), [b]Safran (2023b), [c]Hydrogen Central (2022), [d]Safran (2023a), [e]GTT (2023), [f]Bouygues (2023), [g]Vallourec (2023), [h]Cemex (2023), [i]Vicat (2023), [j]Saint-Gobain (2023), & [k]Groupe SNCF (2023).

Tableau 22 - Entreprises espagnoles actives dans les secteurs à haut potentiel

Entreprise	Activité	Données financières liées à l'hydrogène	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène
CAF	Constructeur ferroviaire		Dvp train H2 à Zaragoza. Aussi, prod de bus H2 (Solaris), déjà livrés en PL, IT, DE, SE et livraison en ES, FR, SK à venir.[a]
Iberdrola	Energie	150Mio EUR investis pour prod H2 vert à Puertollano (ES).[b]	2 centres R&D H2 en ES. Va produire bcp H2 vert. Va aussi investir dans stations de recharge.[b]
Repsol	Energie	2022 : 5Mio EUR CapEx pour fabrication H2.[c]	Va produire H2 vert et bleu. Membre de bcp de projets H2. Recherche en photoélectrocatalyse.[c]
ArcelorMittal	Sidérurgie	1Mrd EUR investissement pour prod acier vert à Gijón.[d]	Va produire H2 vert en partenariat avec Enagas et autres pour subvenir aux besoins H2 des zones industrielles.[d]
Acerinox	Sidérurgie		Va prod acier avec H2.[e]

Source : [a]CAF (2023), [b]Iberdrola (2023), [c]Repsol Group (2023), [d]ArcelorMittal (2023), & [e]Acerinox (2023).

Tableau 23 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Espagne

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Espagne
Engie	France	Energie	Production H2 en ES en partenariat avec Repsol et Enagas.

Source : Engie (2023).

Tableau 24 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en Espagne (autres secteurs)

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Espagne.
Airbus	Allemagne - France	Aviation	Centre R&D H2 en ES. Recherches en pour avions à PAC ou combustion H2.[a]
Acciona	Espagne	Construction/ énergie	Important dans le secteur de l'énergie. Va produire H2 vert.[b]
Plug Power	Etats-Unis	Équipement électronique	Prod PAC. AccionaPlug (JV avec Acciona) prod H2 vert en ES. Investissement 87Mio EUR.[c]
Tecnicas Reunidas	Espagne	Ingénierie industrielle	Partenaire pour l'architecture de site de prod H2. R&d électrolyseurs et H2 bleu (CSC).[d]
Cemex	Mexique	Matériaux	Fours ES vont fonctionner uniquement à H2. Va produire son H2 et SAF avec son CO2.[e]

Source : [a]Airbus (2021), [b]Acciona (2022), [c]Plug Power (2023), [d]Tecnicas Reunidas (2023), & [e]Cemex (2023).

Tableau 25 - Entreprises hollandaises actives dans les secteurs à haut potentiel

Entreprise	Activité	Données financières liées à l'hydrogène	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène
VDL Groep	Constructeur auto.		Prod bus & véhicules spéciaux à H2. Va dvp PAC et électrolyseur.[a]
Shell	Energie	2022: 346Mio USD Capex pour H2 & mobilité électrique.[b]	Va prod H2 vert et bleu pour ses raffineries. Aussi, stations de recharge H2. Investit dans tanker pour transport H2 liquéfié.[b]

Source : [a]VDL Groep (2023) & [b]Shell (2023).

Tableau 26 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel aux Pays-Bas

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène au Pays-Bas
Air Liquide	France	Chimie	Prod H2 vert: installtion électrolyseurs 2x200MW (projets ELYgator & Curthyl).[a]
Engie	France	Energie	Prod H2 vert. Ex: projet HyNetherlands, électrolyseur de 100MW.[b]
Vattenfall	Suède	Energie	Va installer éoliennes offshore pour prod H2 en mer.[c]
RWE	Allemagne	Energie	Va prod H2 en mer avec éolienne. Subside 108Mio EUR prod H2 avec déchets.[d]
Fortum	Finlande	Energie	Filiale Uniper qui va installer des éoliennes pour prod H2 vert.[e]
Equinor	Norvège	Energie	Prod H2 bleu à Eemshaven pour industries.[f]
BP British Petroleum	Royaume-Uni	Energie	Va produire H2 vert pour sa raffinerie à Rotterdam (NL).[g]
Tata Steel	Inde	Sidérurgie	Va prod acier vert. Déjà 65Mio EUR investis.[h]

Source : [a]Air Liquide (2023), [b]Engie (2023), [c]Vattenfall (2023), [d]RWE (2023), [e]Uniper (2023), [f]Equinor (s.d.), [g]BP (2023), & [h]Tata Steel (2022).

Tableau 27 - Entreprises belges actives dans les secteurs à haut potentiel

Entreprise	Activité	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène
Solvay	Chimie	Utilisation H2 vert pour la prod de peroxyde d'hydrogène. Veut s'investir dans prod, infrastructure, application H2.[a]
Elia	Energie	Va prod H2 pour fournir les industries.[b]

Source : [a]Solvay (2023) & [b]Elia (2023).

Tableau 28 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Belgique

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Belgique
Toyota	Japon	Constructeur auto.	Centre R&D et usine de prod PAC à Bruxelles (BE). Très engagés dans mobilité H2.[a]
Equinor	Norvège	Energie	Prod H2 bleu avec Engie, avec stockage CO2 en Norvège.[b]
EDF	France	Energie	Va prod H2 vert à Heide (BE) de capa 30MW.[c]
Engie	France	Energie	Prod H2 bleu en partenariat avec Equinor.[d]
Burelle	France	Équipementier auto.	Centre R&D et usine de prod à Herentals (BE).[e]
ArcelorMittal	Fance, Espagne, Lux.	Sidérurgie	Prod acier avec H2 vert. Subside de 280Mio EUR.[f]

Source : [a]Toyota (s.d.), [b]Equinor (2023), [c]EDF (2023), [d]Engie (2023), [e]Burelle (2023), & [f]Commission européenne (2023b).

Tableau 29 - Entreprises avec des activités hydrogène en Belgique (autres secteurs)

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Belgique
Agfa-Gevaert	Belgique	Équipement électronique	Production membrane électrolyseur à Mortsel (BE).[a]
Colruyt	Belgique	Grande distribution	Filiale Virya Energy active dans la prod et distribution H2.[b]
Cummins	Etats-Unis	Ingénierie industrielle	Filiale Hydrogenics en BE qui prod membrane électrolyseur PEM & alkaline.[c]
Aliaxis	Belgique	Matériaux	Va investir dans la prod, stockage et transport H2.[d]
Umicore	Belgique	Matériaux	Prod membrane PAC et catalyste pour électrolyseur. 2022: 4Mio EUR CapEx équipement H2.[e]
Aurubis	Allemagne	Métallurgie	Va utiliser H2 vert pour sa prod.[f]

Source : [a]Agfa-Gevaert (2023), [b]Colruyt Group (2022), [c]Cummins Inc (2023), [d]Aliaxis (2023), [e]Umicore (2023), & [f]Aurubis (2022).

Tableau 30 - Entreprises italiennes actives dans les secteurs à haut potentiel

Entreprise	Activité	Données financières liées à l'hydrogène	Projets clés en matière d'hydrogène
Iveco	Constructeur auto.	44Mio EUR pour acquisition totale JV avec Nikola (HDT) en 2023.[a]	Prod poids lourds et bus à combustion H2 et à PAC. Prod utilitaires H2.[a]
Stellantis	Constructeur auto.		Petit utilitaire H2 déjà en prod. Grand utilitaire h2 en 2024 et poids lourds en 2025. Symbio (JV). Pas de prod/R&D H2 en Italie.[b]
Eni	Energie		Veut dvp réseau transport H2. Va prod H2 vert et bleu en IT et à l'étranger comme Algérie & EAU.[c]
Snam	Energie		Réseau gaz déjà prêt à 99% au transport H2. Promeut technologie hybrides biogaz & H2. Investit dans start-up H2.[d]
Hera	Energie		Va produire H2 vert proches des utilisateurs finaux et convertir ses infrastructures à H2.[e]
Enel	Energie		Va produire H2 vert. Veut concertir réseau de gaz à H2.[f]
A2A	Energie		Va produire H2 vert. Prod H2 à partir de biomasse.[g]

Source : [a]Iveco Group (2023), [b]Stellantis (2023a), [c]Eni (2023), [d]Snam (2023), [e]Gruppo Hera (2023), [f]Enel (2023), & [g]A2A (2023).

Tableau 31 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Italie

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Italie
Solvay	Belgique	Chimie	Utilisation H2 vert pour prod peroxyde d'oxygène.[a]
EDF	France	Energie	Filiale Edison a produire H2 vert en partenariat avec Snam dans les Pouilles.[b]
Thyssenkrupp	Allemagne	Sidérurgie	Filiale (avec McPhy) va prod des électrolyseurs en partenariat avec De Nora.[c]

Source : [a]Hydrogen Europe (2023), [b]EDF (2023), & [c]McPhy (2015).

Tableau 32 - Entreprises avec des activités hydrogène en Italie (autres secteurs)

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Italie
Intesa Sanpaolo	Italie	Banque	Favorise l'accès aux financements pour les projets H2, surtout transport par gazoducs.[a]
Unicredit	Italie	Banque	Support financiers aux projets H2.[b]
General electric	Etats-Unis	Industrie générale	Dvp moteur électrique avec PAC pour aviation.[c]
Fincantieri	Italie	Ingénierie industrielle	Va produire des bateaux avec PAC. Centre R&D à Trieste (IT).[d]
Tenaris	Italie	Ingénierie industrielle	Prod de tuyaux pour transport H2. Vont dvp des cuves de stockage pour les stations H2.[e]
Saipem	Italie	Ingénierie industrielle	Va convertir son réseau gazier pour transporter H2. Va prod H2 bleu (court terme) et vert.[f]

Source : [a]Intesa SanPaolo (2021), [b]Unicredit (2021), [c]Avio Aero (s.d.), [d]Fincantieri (2023), [e]Tenaris (2023), & [f]Saipem (2023).

Tableau 33 - Entreprises polonaises actives dans les secteurs à haut potentiel

Entreprise	Activité	Données financières liées à l'hydrogène	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène
PKN Orlen	Energie	2022: CapEx 7Mio EUR (30m pIn) dans la prod H2.	Va installer stations de recharge. Va surtout prod H2 bleu et un peu de vert. Va utiliser H2 bleu pour décarbonner ses raffineries.

Source : Orlen (2023).

Tableau 34 - Entreprises étrangères actives dans les secteurs à haut potentiel en Pologne

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités clés en matière d'hydrogène en Pologne
Alstom	France	Constructeur ferroviaire	Usine de prod train H2 en PL.[a]
CAF	Espagnol	Constructeur ferroviaire	Prod des bus H2 (PAC) Solaris en PL.[b]

Source : [a]Alstom (2023) & [b]CAF (2023).

Tableau 35 - Entreprises avec des activités liées à l'hydrogène en Pologne (autres secteurs)

Entreprise	Nationalité	Secteur	Activités/ projets clés en matière d'hydrogène en Pologne
Cemex	Mexique	Matériaux	Fours PL vont fonctionner uniquement à H2. Va produire son H2 et SAF avec son CO2.

Source : Cemex (2023).

Tableau 36 - Démographie des Etats membres

#	% Population
Allemagne	18,59%
France	15,16%
Italie	13,32%
Espagne	10,60%
Pologne	8,41%
Roumanie	4,25%
Pays-Bas	3,96%
Belgique	2,60%
Rép. tchèque	2,36%
Grèce	2,37%
Suède	2,33%
Portugal	2,31%
Hongrie	2,17%
Autriche	2,00%
Bulgarie	1,53%
Danemark	1,31%
Finlande	1,24%
Slovaquie	1,21%
Irlande	1,13%
Croatie	0,86%
Lituanie	0,63%
Slovénie	0,47%
Lettonie	0,63%
Estonie	0,30%
Chypre	0,20%
Luxembourg	0,14%
Malte	0,12%

Source : Conseil de l'Union européenne (s.d.a).

8.3. Retranscription des interviews

8.3.1. Officiel Commission européenne – Commissariat à l'énergie

Interview effectuée par Ms Teams le 27 juillet 2023 à 12h00.

[Introduction]

Alexis Michielsens

To jump directly in the topic, how does the Commission make sure that its proposition regarding hydrogen will be validated by the Council of Ministers?

Officiel de la Commission européenne

The way the process works is that, in 2020, the European Commission wrote what is called a communication that was called the European Hydrogen Strategy. This communication was already based on a public consultation that we did on hydrogen. So, we asked the public, what is the input and then you write the strategy. This strategy doesn't include any kind of legal proposals yet, but then the Council, so the Council of Ministers, presented their opinion about the strategy. So, that was at end of the year, the Council said ok, this is what we like and this is what we not like out of the European Hydrogen strategy. We might want to put some more emphasis on international cooperation. When we got that feedback, then we start to work on the proposal and the proposal was part of what it's called the Fit for 55 package. So, in July 2021, we presented the proposal, which is actually the regulation, and that had a lot of elements of hydrogen in it and those were taken from the strategy as well as the feedback that we received from the Council. And then, of course, the next step is to negotiate those proposals with the Member States and the Member States themselves can make changes in the proposals. They have to negotiate this with the European Parliament, so we then help both the Council of Ministers as well as the European Parliament to come to an agreement. I think 80% of all the proposals has already been completed.

Alexis Michielsens

OK. And so about the communication, you just said that you were asking the public, who's that public?

Officiel de la Commission européenne

So, before you write such a communication, the European Commission presents essentially a public consultation. So, we open it up. Those are questions about what would you like to see in a hydrogen strategy, there are some very specific questions. There's a survey attached to it as well, and of course we try to do this as wide as possible. And such a public consultation is open to anyone, so it can be company, it can be a citizen, it can be countries from overseas, for example. Everyone of course needs to indicate where they're from, but anyone can contribute.

Alexis Michielsens

OK. Thank you very much. And so you said that there is that proposal and then Member States have to accept it. What are the different level of engagement regarding hydrogen between the different Member States?

Officiel de la Commission européenne

So what has happened is that a lot of these hydrogen discussions take place at the energy working party. So, the energy working party, every country has what they call an energy attaché, and that person sits in the energy working party and that is where a lot of the discussions are taking place. So each Member State and its energy working party can ask questions, for example, and then we have to come and answer those questions. It can already start putting proposals in place saying, OK, we do not like this particular article, we would like to see something else. And so that takes place in the energy working party. At the beginning, this is relatively every Member State kind of tries to add some contributions. But of course, over time, as you got to come to a more concrete proposal, Member States also start to team up. So, what you see often is that they, for example, write joint non papers position papers or joint letters where they say OK we the 8 Member States of these countries, we would like to see a certain change.

Alexis Michielsens

And do you have access to those subgroups of countries that are jointly writing position papers?

Officiel de la Commission européenne

Yes. This is then distributed to everyone and it's also just often sent formally to the European Commission as well. So they send the letter to the European Commission saying we, the seven Member States, would like to see, for example, more renewable hydrogen or more low carbon hydrogen in the proposals.

Alexis Michielsens

I see. And so could you tell me a bit more about those subgroups? And also what are the reasons why those Member States get done well? Cultural reasons, economical reasons ?

Officiel de la Commission européenne

I would say it's less cultural or economic reasons, but it is really about specific points that they want to see. So it's also not the case that it's always the same groups. You might have a topic where France and Germany work together and another topic where France and Poland work together. In terms of hydrogen, one of the critical points in the discussions has been the extent to which in proposals there should be a target for what is called low carbon hydrogen. Some Member States have nuclear power and they want to use the nuclear power to produce hydrogen and they want to see a target for that as well in the Renewable Energy Directive. Other countries have already hydrogen produced from natural gas and want to do carbon capture and storage. So these countries might not necessarily have the same view, but they both wanted to have other forms of hydrogen than renewable hydrogen. That's where they came together.

Alexis Michielsens

So for example, in this case, we could see France and Poland working together, the first one for nuclear and the second one for blue hydrogen with carbon capture.

Officiel de la Commission européenne

Exactly, yes.

Alexis Michielsens

OK, interesting. And then I have a specific question about Italy. What's the position of Italy regarding hydrogen? Because I've looked at different economic indicators and I'm not sure whether the country is fully engaged towards hydrogen.

Officiel de la Commission européenne

The Italian Government prepared a draft strategy. Already, as early as 2020, but of course they had governmental changes, so that draft strategy was never translated into a full strategy. And even today, the Italian Government does not have a full strategy yet. Actually, we, as a European Commission will ask to join a workshop in Italy on hydrogen, because the industry is really asking still to finalise the hydrogen strategy. Having said that, there are still a lot of developments going on still also in Italy, even though they have no national hydrogen strategy. For example, after COVID, every country received financing from the European Union to help with the recovery, and so Italy, for example, has a number of programs that they are supporting on hydrogen with these recovery funds. They are also engaged in what's called the process, which is called IECEI, those important projects of common European interest, where they put forward the hydrogen projects that are relevant for Italy but also have advantages for other EU Member States. And then, of course, you have also very important Italian private sector players, which play an important role in hydrogen not only in Italy, but also a role within Europe, including for example, which is the big gas transmission system operator.

Alexis Michielsens

You just mentioned the IPCEI. What about the countries that, I think there are two about hydrogen, if I'm not mistaken, what about the countries that are not benefiting from any of those projects?

Officiel de la Commission européenne

So the IPCEI is a bottom up process. It means that countries that want to develop hydrogen, because they think that those projects are of benefit for their own country, but also other EU Member States, they can put projects forward. And the European Commission is not involved in that. It really is if the Member States wants to do that, they can do that and the process has been also coordinated by Member States. In this particular case, it was Germany who put their hand up and say we will do the work to bring all of those projects together. That does mean that there might be IPCEI where some Member States don't have a project, but that's simply because they did not want to put a project in that process because, ultimately, these projects do not get European financing. It will be financing from a Member State. Only if a Member States wants to finance such a project, they will put it forward. If they do not want to finance such a project, they will not engage in the IPCEI.

Alexis Michielsens

OK. But why would a state put it in the IPCEI about hydrogen and why would another Member State not put it but still finance a hydrogen project ?

Officiel de la Commission européenne

There is one reason why you would put it in the IPCEI. Every time you as a country, as a Member State you give money to a project, you need to have what is called state aid clearance. So the European Commission has to check whether it's doesn't disturb EU competition in the internal market. If you do an individual project, you can hand that individual project over to the European Commission and then the check it, but if you do it as part of an IPCEI, it gets priority. So that's why you would put it as part of an IPCEI because it gets priority. But, it also comes with strings attached, so you can only put such a project in place if it has a benefit for another country and it needs to have an innovative element to

it. If you have a project that might not have a benefit for another country, and a project that might not have an innovative element to it in that particular case, you might go directly to State with your project instead of going through the IPCEI.

Alexis Michielsens

OK, I see. To come back to another topic, within different Member States position, are there some countries that are not willing to go for hydrogen yet?

Officiel de la Commission européenne

There are countries. Well, first of all, the consumption of hydrogen in the EU is very mixed per Member State. So I think that even up to 8 or 9 Member States which don't consume hydrogen today. There's definitely a difference between those countries which are consuming already a lot of hydrogen, which is based on natural gas. So you have to avoid the natural gas and those countries which hardly consume hydrogen because for those, it doesn't really make sense to start producing hydrogen. And the legislative framework therefore, there are rules that are essentially relative rules. So what does that mean? For example, EU legislation says that you have to have a certain percentage of the hydrogen that you consume in industry. It has to be from renewable sources.

Alexis Michielsens

OK. But that's a target.

Officiel de la Commission européenne

That's a target indeed. But if you don't consume hydrogen industry, you also don't have a target. That's why I'm saying it's a relative target. It really depends on whether you're consuming or not. So even a Member State that doesn't consume hydrogen and therefore it's not interested in deploying renewable hydrogen industry could still support such a EU wide target because it doesn't have any impact on them.

Alexis Michielsens

To jump on to another topic, for example, we'll see hydrogen being used in steel manufacturing and so we could have a Member State that's now manufacturing steel without hydrogen. But in the future because carbon emission will be more and more expensive, they will go for hydrogen with steel and, therefore, this Member State will still need hydrogen in the future.

Officiel de la Commission européenne

Yes, exactly. And that's also why a lot of the targets for hydrogen are in 2030. So that means that a Member State doesn't need to do anything until the year 2030. You can already start planning ahead today. I might have a steel, I don't consume hydrogen today ; I might have a steel plant in my country that I want to transition towards a green steel plant. That means that if I do anything before 2030, I already have to start planning now, that I have the hydrogen available to make that happen.

Alexis Michielsens

OK, it has to be done by 2030 or it's starting from 2030?

Officiel de la Commission européenne

Yes, it's in the year 2030. So, the target applies in 2029. The target doesn't apply yet and in 2030, the target applies. That means that every year, Member States need to give us the statistics, so that is how much energy they consume in each amount of the sectors. Then we get the statistics, we got a year afterwards the statistics and then we can check actually whether the country has met that target or has not met that target, based on statistics of the year 2020, 2030.

Alexis Michielsens

OK. What do you mean by target prediction of green or low carbon hydrogen?

Officiel de la Commission européenne

Renewable hydrogen.

Alexis Michielsens

Renewable what do you include within that?

Officiel de la Commission européenne

Renewables and the target as they've been provisionally agreed now is hydrogen, which is produced from renewable electricity.

Alexis Michielsens

And only renewable electricity.

Officiel de la Commission européenne

Yes. And there's a rule which has been adopted. It's called a hydrogen Delegated Act. It's about a six page document and that exactly describes what qualifies as renewable hydrogen. For example, it says that you need to build an electrolyzer, you need to have a power purchase agreement or a renewable power producer, or you need to directly get connected to a renewable power plant. And if you do those criteria, then you can qualify as renewable hydrogen and then you get a certificate and that's the other way how we can check it. So all of the renewable hydrogen gets certified. And then we have a database which we call the Union database and every time that you produce or trade or consume hydrogen, those certificates, they are being traced in the database.

Alexis Michielsens

I'm coming back on something you just said. So 2030, is it like each Member State has to produce green hydrogen ? I didn't get the shift in 2030.

Officiel de la Commission européenne

Let's take a country like Germany. Let's assume that Germany, in 2030, consumes 1,000,000 tons of hydrogen in industry. What Germany needs to do is to make sure that of the 1,000,000 tons of hydrogen that they consume in 2030, that's 42% of that hydrogen is from renewable sources. That means that in 2030, 0.42 million tons of hydrogen needs to be consumed. That's important. So how can Germany show that then ? For every ton of hydrogen that they consume, the industry gets a certificate. So that means that, in 2030, we have to do 2 things. We have to check how much of the certificates they have. So if they have 0.42 million tons of certificates and of course we need to check how much hydrogen in total they've consumed in 2030. So we look at the statistics and we say, OK,

how much hydrogen has been consumed in 2030 and then on the basis of those pieces of information, we check whether Germany has met that target.

The hydrogen can be produced in Germany, the renewable hydrogen, but they can also import it. So even if you produce it in Morocco, the US or Australia, there you can also create this certificate and then the certificate travels through that hydrogen to Germany and then they kind of can issue that hydrogen to to make sure that they meet the target.

Alexis Michielsens

It makes sense. But the Commission, for the moment, is only having it about green hydrogen. We also discussed that some Member States want to go for yellow hydrogen nuclear or blue hydrogen and how is that included or Member States are trying to make this rule being changed?

Officiel de la Commission européenne

This is still negotiations which are ongoing. Low carbon hydrogen is part of another package which is called the hydrogen and decarbonization package. And there are already rules and I think that's almost everyone agrees upon that, that the certification that you have for renewable hydrogen will also be introduced for low carbon hydrogen. So whether it's from nuclear, from gas, electricity, from gas, the CCS doesn't matter. They all get a certificate.

But what you don't have, is a target, so you don't have a target. Member States do not have to meet at a certain percentage of low carbon hydrogen. But of course, if you're consuming low carbon hydrogen, that means that you have less CO₂ emissions and, therefore, those plants that are producing less CO₂ have a benefit in terms of, for example, the emissions trading scheme where they also need to meet greenhouse gas emission reduction targets.

Alexis Michielsens

OK. Yes, I see. So there will be only target for green hydrogen but each country that's consuming hydrogen in the EU will have to meet a target for green hydrogen. So I've just had it about steel, but do you see other sectors with high potential for hydrogen? In short, I won't say short term, but the first sector where there will be potential.

Officiel de la Commission européenne

In industry, this will be most likely in also ammonia production. Which is the other major producer in the chemical sector where they're using hydrogen as well as part of refineries. So they are using hydrogen as well. Now refineries are a particular case because refineries produce often transport fuels. So your diesel or gasoline for your car. If the hydrogen is used in refineries and it's used to produce those transport fuels, then it contributes to a target which is set for the transport sector, not for the industry target.

Alexis Michielsens

And that's only specific for refineries?

Officiel de la Commission européenne

There's only specific for refineries because refineries produce transport fuels, and so every Member State also has to make sure that 1% of the fuel supply to the transport sector, so whether it's maritime or the road transport or aviation, is produced from renewable hydrogen. Every Member

State needs to make sure that 1% of fuels given to the transport sector in their country are based on renewable hydrogen.

Alexis Michielsens

And that's for 2030 again.

Officiel de la Commission européenne

Yes. So this could be hydrogen that goes into the fuel cell of a truck, for example, but it could also be a hydrogen that is transformed into an e-fuel that is used for an aviation sector. It could also be hydrogen that is turned into ammonia and then put into a ship to fuel that ship.

Alexis Michielsens

I see. Talking about those different kinds of mobilities, what sub mobility do you see, what kind of mobility do you see with the highest potential?

Officiel de la Commission européenne

There's two other pieces of legislation that have been almost approved, but they are kind of provisionally agreed and that is the aviation sector and the maritime sector that means ships and airplanes. They have also targets for the consumption. A percentage of their consumption needs to be renewable. So that pushes these demand centers mostly. And then secondly, you also see projects where they're using hydrogen for very heavy duty trucks.

Alexis Michielsens

So if you can correct me, aviation and maritime would more be e-fuels and then HDT heavy mobility would be more than fuel cell system ?

Officiel de la Commission européenne

Yes, but also in the maritime for example, there are different options. So you could also use a fuel cell in the maritime sector. But, especially for inland shipping, you could also use ammonia or methanol. You could classify them as e-fuels, but in principle these are derivatives made from real hydrogen.

Alexis Michielsens

And aviation would more be synthetic e-fuels?

Officiel de la Commission européenne

Most likely yes.

Alexis Michielsens

What about alternatives to hydrogen such as bio gas?

Officiel de la Commission européenne

There is, for example, in the transport sector, an overall target that's 5.5% of the fuels need to be advanced fuels. So this could be advanced biofuels. So then you take, say, cellulosic material, you convert that into biofuel. It could be bio gas like you said, biomethane. Or it could be renewable hydrogen. So there's an overall target of 5.5%.

Alexis Michielsens

For 2030 again.

Officiel de la Commission européenne

For 2030 of advanced fuels and of the 5.5%, at least 1% needs to be renewable fuels. So that means that you could do 1% renewable hydrogen fuels and then 4,5% of other fuels, which could be bio gas or advanced fuels.

Alexis Michielsens

So, this 1% is only about hydrogen or derivative of hydrogen.

Officiel de la Commission européenne

Yes. And then 5.5% is also for the others.

Alexis Michielsens

But could be also more hydrogen just theirs?

Officiel de la Commission européenne

They could also. So the 1% is a minimum of the 5.5%.

Alexis Michielsens

OK, thank you. And so how do you see the hydrogen economy evolving in the EU?

Officiel de la Commission européenne

So because of these targets, the EU is the first one where producers know that there will be demands. Because all of that hydrogen is more expensive than still today than gas or oil, there needs to be an incentive for people to stop consuming it because it's more expensive. So since we have these demand targets, that also means that producers but also infrastructure developers now have a visibility of what is going to happen in the market. And that's very important because hydrogen is very new. We've been using it in an industry for a very long time. But these are only very specific industries that have been working with it. So creating this complete new value chain is very important. So there's no point in producing hydrogen if you can't put in a pipeline, get it to a hydrogen refueling station and fuel your car with it. So that's what will be happening, I think in the next period up to 2030, that that value chain will be developing within the EU. And the European Commission is, of course, also helping with that, by for example, prioritizing some of these hydrogen infrastructure projects.

Alexis Michielsens

I see. Thank you very much. It was super interesting. It's going to help me a lot. I just had one more question. How can I quote you in my thesis?

Officiel de la Commission européenne

I don't know. Have you spoken to other people in the European Commission?

Alexis Michielsens

No, you're the first one.

Officiel de la Commission européenne

OK. Then I think you could say Member policy office at the European Commission.

Alexis Michiels

Member policy of the European Commission or just European Commission could also be.

Alexis Michiels

European Commission. OK, perfect. Thank you very much.

Officiel de la Commission européenne

OK, good luck.

Alexis Michiels

Have a good day. Thank you.

Officiel de la Commission européenne

Bye bye.

8.3.2. Officiel du Conseil européen

Interview effectuée par Cisco Webex le 12 juillet 2023 à 15h00.

[Introduction]

Officiel Conseil européen

On hydro, we have the principle of technology neutrality and the energy mix is a national competence of Member States. I mean what we decide in Europe and energy has to always be like take into account those two principles. And on hydrogen, it is, of course, one of the technologies of the future. Even though right now it's still in development and we don't know exactly how it will turn out and so on. It was identified at the European Council level already as one of the avenues that we want to pursue. Notably, because we had the energy crisis last year and we were scrambling like crazy to look at substitutes and hydrogen is one solution to complement the renewable energy so that it is stable and we have storage capacity basically. So, in that context, the European Council has already given guidance that we should develop hydrogen.

It was not always, I think, in the European Council conclusions, especially in the beginning of the last year, where we looked at more solutions to wider problems than just the prices. I mean, in the end of the year, we did deal more with the energy crisis per se, but hydrogen as a technology has got to the backing of the leaders. We already see some results because, for example, the infrastructure upgrades that are now going to be done for gas pipelines, they need to be hydrogen compatible. So, in the end, you could imagine that we are pumping hydrogen through Europe, whether this is how it will realize or not, I don't know, because some experts still question whether this is the right solution.

Alexis Michielsen

Of course. So, you just mentioned substitutes hydrogen as a substitute. Do you have a look at other possible substitutes such for example bio gas?

Officiel Conseil européen

Yes, I mean this came on the European Council table last year, mainly in the context of this repower EU plan, because Europe was forced to look at ways how to get rid of Russian gas.

And for example, biomethane was also one of ... The Commission was in charge of doing technical preparation and give numbers of what could be substituted by how much in a realistic time frame also. Hydrogen has very ambitious targets in this report, and biomethane has actually, well, less ambitious targets than hydrogen.

Alexis Michielsen

Yes, for sure.

Officiel Conseil européen

I am not an expert in all sorts of gases and their industrial use but I have heard questions whether biomethane is actually whether it is reachable this target. You know when you are in a crisis, then you scramble for solutions and you take whatever you can.

Alexis Michielsen

Of course, let's say that's more short-term view. So, hydrogen and biomethane, but maybe more on medium term or long-term view, are there some other alternatives that are in the scope?

Officiel Conseil européen

Well, the ultimate goal anyway is to basically be mostly reliant on renewable energy and hydrogen could be used, for example by industry more as a storage or like, let's say, an energy carrier. Then as a fuel directly, but at the same time, if we produce green hydrogen and it's compatible with the current infrastructure, then of course it's cheaper to use it. I don't know if you have also interviewed people in the Commission, they may have a different perspective, but I think that nobody for the moment knows what will end up being used exactly.

Alexis Michielsens

I got it.

Officiel Conseil européen

Because for the European Council, for the leaders of the Member States, it is just important to give the message that there are alternatives and we are encouraging the development of these alternatives. But the investment decisions ... Of course, we can encourage with public money, innovation etcetera, but ultimately, at least, I trust industry to figure out the cost-effective way of doing things. So, I mean if industry says we need hydrogen in these quantities as a fuel, then you know, they will make it happen. And if they say look, I think all energy is moving actually towards more localized production and consumption sort of schemes that you have a plant, you have a windmill and you have an electrolyzer then go ahead and do that. I mean we tend to prescribe to anyone how to manage the energy transition.

Alexis Michielsens

And regarding this aspect, what are the different positions of the Member States?

Officiel Conseil européen

There are Member States who I think it primarily comes down to what is the size and nature of their economy and their industry. It's not a surprise that Germany is the most interested in hydrogen for the moment. And their industry has the capacity to already look at solutions and they are really kind of moving ahead and trying to replace gas but in a most similar way to the way they are used to running, which makes sense given how big Germany is. Smaller countries, who have smaller industries, are more open to explore other options. Then, in the Nordics, you have already basically steel plants that run on renewable energy. So, they say they don't necessarily need all that hydrogen for my industry because I have other options. And then there was an interesting development also in the autumn last year with the unblocking of this decade old gas pipeline issue between the Iberian Peninsula and France. So now there is this ... which they completely revamped. The idea they dropped the mountains and they are doing it in the sea and it will be basically like a hydrogen compatible pipeline and ...

Alexis Michielsens

From Portugal to Germany, if I'm not mistaken.

Officiel Conseil européen

Portuguese have been calculating how big it should be. And clearly, they're not going to build the pipeline for transporting nothing or something that is too expensive.

Alexis Michielsens

OK. And are there some countries that are not really willing to go for hydrogen?

Officiel Conseil européen

I think nobody is stopping anyone from going for any ...

Alexis Michielsens

I mean not stopping, but maybe less favorable compared to Germany for example.

Officiel Conseil européen

Well, there are countries who just need it much less. So, I would say they are absent from the discussion, because we're trying to create the market for hydrogen in the EU. So, if you don't see yourself as an interested party, ... I don't know exactly who would not be interested in it, because I think that for those who want to continue use some sort of gas sales fuel, it is the most realistic choice and the biomethane of course. But the question is if they will have the capacity to produce it. So, nobody is really against hydrogen, there are enthusiasts and neutrals.

Alexis Michielsens

And concerning those neutrals, to you, the main reasons therefore is the fact that they don't have the possibility to produce themselves hydrogen or is there another reason?

Officiel Conseil européen

No, I think in the way their economy is set up, there is just so small use for this hydrogen that they really don't need to invest in hydrogen infrastructure. They can afford to wait until the technology is more mature and see what the opportunities are and, in the meanwhile, they are actually trying electrification or other means of producing energy for their activities.

Alexis Michielsens

OK. You mentioned industry and economy. So, what's often mentioned as primary sectors for hydrogen is steel chemistry and also heavy-duty transport. Do you see another sector? As primary sector for hydrogen application?

Officiel Conseil européen

No, I think (this is my opinion, nobody knows the truth right now in the EU) energy intensive industry, so, chemicals, steel, etcetera and heavy-duty vehicles. I think so too, because then we can basically develop those massive trucks etcetera. I don't see it happening in small vehicle sector. There are people who disagree with me, but I think that if we have gone into electric vehicles basically.

Alexis Michielsens

OK, so basically those are the three main primary sectors for hydrogen application. I've had a look at steel manufacturing facilities across Europe and there are still steel production in Poland or in Romania, but those countries, they don't seem to be that favorable to hydrogen. How do you explain that?

Officiel Conseil européen

I think they don't have the means right now to participate in the development either because they don't have money for research or there is no interest in researching this. I think they're just, unfortunately, taking the bystander position. Because Poland is banking right now on normal gas. So, the natural gas would be ... you could basically make hydrogen from it. So, it would be blue hydrogen and not green hydrogen.

And Romania, to be honest, I just think that they are not there yet. It's not that they have something against. But there are many people with whom I speak, who say "oh hydrogen", but there is nothing happening yet and it's like a myth. And there is still a lot of confusion: people are waiting a little bit before they make their bets. So, what will be the cheaper option and what will be the scale up option? Because also hydrogen, right now, the quantities, there was the news a couple of months ago, the first quantities of green hydrogen have been produced, but you know this is like ...

Alexis Michielsens

It's super low. It's nothing, that's true.

Officiel Conseil européen

Right. Since for those countries, price matters, they are waiting, which, in the other hand, you could argue that it's their loss, that they are not in the vanguard. But I think they are saying our industry is fine with gaps right now and we'll substitute. Once hydrogen is ...

Alexis Michielsens

... mature, with the right technology. OK, I see, thank you. But so, the European Council is giving some guidelines to European commission and so European commission will make some proposals that will go to the Council of the European Union for Energy, for example, that will have to accept it at qualified majority, is that right for energy?

Officiel Conseil européen

Yes

Alexis Michielsens

So, it would be a guideline about the hydrogen. But if there is a majority, all the Member States will be involved.

Officiel Conseil européen

Yes, but that is how we work in the EU. We vote against but you still do it.

Alexis Michielsens

Ok, I see. And concerning hydrogen, most of the time it's easy to find a qualified majority?

Officiel Conseil européen

Yes, absolutely. But also, now, the first major proposal on hydrogen is still in the Council and in the Parliament who are working on their negotiating position. So, this is really only the beginning and the Commission is working on other things. They were trying to incentivize the scale up of hydrogen by setting up something that is called the hydrogen bank.

Alexis Michielsens

Yes, I've read about it.

Officiel Conseil européen

It is like a financing mechanism by the Commission, so there is more sort of coming but the guidance from the European Council level has been so far very general. Like develop hydrogen, to make it scale up and so that our industry could retain competitiveness. It's really nothing more technical than that.

Alexis Michielsens

So, it's more at the Commission level they discussed with the different Member States to be sure to make a position that will be accepted during the Council of the European Union by the Council of European Union?

Officiel Conseil européen

Well, they sometimes still propose what they think is right, and then the Member States will argue and the Presidency will be there to facilitate finding a compromise, and then they will have to also find the compromise with the European Parliament. But the Commission, in this first proposal, they were not like, crazy ambitious. It was a lot of monitoring, etcetera. Because if you are setting up like a market system for hydrogen, then you have to also be able to adapt it. So, as you go along because you don't know how it will develop.

Alexis Michielsens

So, we just had about qualifying majority, but for example, in the past, about the electricity market, there has been some exceptions and I think it was the argument of national security that was used by some states to have some exceptions about this regulation. Do you think this could happen again with hydrogen?

Officiel Conseil européen

I don't think so, because I don't think that it is so contested at the moment. It's one of the technologies that we are developing at the same time. We have also on the table this Net-Zero Industry Act which is also developing some clean technologies. So, I think that everyone agrees that we need a way out of our dependency on fossil fuels and it's an accepted way to go. The rest is like details, but I don't think that we will, right now in the foreseeable future, in the next couple of years at least, I can't see that we end up with regulation that is so contested that it cannot get.

Alexis Michielsens

So, if I get it right, the option is to come with an agreement that's just leaving a lot of freedom to Member States that don't want to go for hydrogen now.

Officiel Conseil européen

Yes, and I think it is only fair because it is Member State competence to say what my energy mix consists of. So, if I don't want hydrogen in my energy mix for any reason then I cannot be obliged.

Alexis Michielsens

True. But hydrogen would be more efficient in Europe if integrated in the whole Union.

Officiel Conseil européen

Yes, but it is, in a way, like in the big infrastructure. It is because if you look at the gas infrastructure map of Europe, then there is a plan that the main pipelines would be also hydrogen compatible. That's in the rich power and that would be what they call the hydrogen backbone of Europe. So, at least, you will have access if you want, but in the end of the day, you look at some small countries who don't use gas for heating, who don't have much industry. Then, what is their interest in hydrogen; it is actually very small.

Alexis Michielsens

Yes, but they will stay neutral towards hydrogen or there will be a bit blocked?

Officiel Conseil européen

No, they just don't want it.

Alexis Michielsens

I mean those examples or those investments, they will not benefit from it, they will not benefit from this hydrogen policy on the national level.

Officiel Conseil européen

We have a lot of projects that are done with common European money that don't benefit someone at the other corner of Europe. But we still do it because for the single market and for connectivity etcetera, it's good. So, I really don't think that any block then.

Alexis Michielsens

Ok. Thank you very much. Just looking to my question list. To come back on that topic, because that's really what I'm interested in. The reasons why countries would be neutral toward hydrogen would be that they have lack of money for investing or for research and development in it or just that they have better alternative at the moment?

Officiel Conseil européen

Yes, that fits their economic structure. Because already now, you look at how different Member States are in what they use for energy. France for example, has been very reliant on nuclear. They are interested in hydrogen because it's good for their industry and they have also energy intensive factories etc. which need it. But in Belgium, where there is a lot of gas heating for houses then you need to substitute this gas for different reasons. And I don't think we will start heating with hydrogen. It's just not efficient but then, you will need to make investments to make sure that people still get housing or heated houses. You will need hydrogen for your industry, which there is quite a lot. At the same time, in Estonia where I am from, most houses are heated with either electricity, heat pumps or wood. So, like gas is not really a factor in heating and our industry is very small, can mostly be converted to renewables. They're not those very heavy intensive factories that would definitely need gas. So, like for Estonia, I think we will be interested probably in hydrogen as a storage in terms of electrolyzers to stabilize renewable supply. Like the most important source of fuel, it's more of an energy storage solution than something else.

Alexis Michielsens

OK, I see. Thank you. I have a last question. Could you enlighten me on Italy's standpoint towards hydrogen because it's a big economy, a lot of people in European Union, but from my analysis, their standpoint about hydrogen has not been clear.

Officiel Conseil européen

I think that Italy is also a little bit waiting because they know they have a lot of renewable capacity for many things, but their industry has also been very sort of like gas heavy and, in general, they have been a big consumer of gas. And I think that they are positive but they don't have money right now anyway for investment. So, they are also waiting for it a little bit to be developed further and to see where it goes so that you make the right bet kind of.

Alexis Michielsens

OK, good. Thank you very much. Thank you for taking the time to answer my questions. It will help me a lot.

Officiel Conseil européen

Very good. For Attribution, Council official.

Alexis Michielsens

Yes. Thank you very much. Have a good day.

8.3.3. Collaborateur de Tinne Van der Straeten, ministre fédérale belge de l'énergie

Interview effectuée par Ms Teams le 17 juillet 2023 à 11h.

Alexis Michiels

Bonjour, Je suis étudiant en dernière année à la LSM. Je fais mon mémoire sur la position des États membres de l'Union européenne vis-à-vis de l'hydrogène, et ce en vue d'imaginer ce que pourrait être l'évolution de la position générale de l'Union européenne sur le sujet.

Je fais principalement une analyse économique pour voir ce qui a déjà été fait et quels sont les projets économiques.

Tout d'abord, j'aimerais savoir quelle est la vision idéale de la Belgique pour l'hydrogène dans l'Union européenne ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Quelles initiatives européennes prends-tu en compte : la stratégie hydrogène européenne ? les stratégies des États membres ? des initiatives législatives comme dans le cadre du Pack Gaz ? Quel scope exactement ?

Alexis Michiels

Donc non, celui-là je ne l'ai pas pris en compte pour l'instant du moins.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

La Belgique a commencé un petit peu plus tard que d'autres États membres à se pencher sur la question de l'hydrogène et à établir véritablement une vision, une stratégie. On a donc publié une stratégie de régime fédéral en 2021.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Dans cette stratégie d'origine fédérale, on a essayé de mettre en évidence le rôle qu'on va jouer pour l'hydrogène dans la transition énergétique et ensuite, plus particulièrement, la manière dont on voudrait décliner ce rôle en Belgique : dans quelle mesure la Belgique veut-elle jouer un rôle pour l'approvisionnement en hydrogène de l'Europe ? Et ça, ça s'est traduit donc dans un 2e volet du même document, pour élaborer une stratégie fédérale et une série d'initiatives et d'actions qu'on a annoncées pour justement matérialiser ou faire se produire les différentes ambitions qu'on avait identifiées.

Alors dans la stratégie d'origine fédérale, c'est relativement bien développé je pense. On voit clairement un rôle à jouer pour innover dans la transition énergétique, mais uniquement, en tous cas pas seul.

Dans le sens où l'hydrogène et ses molécules dérivées offrent de nouvelles opportunités de décarbonisation pour certaines applications qui, par exemple, ont du mal à être électrifiées, pour lesquels l'électrification est soit techniquement pas faisable, ne soit économiquement pas rentable.

Et donc dans ces cas-là, c'est assez intéressant parce que ça offre l'opportunité véritablement d'opérer une transition vers des vecteurs énergétiques produits à partir d'énergie renouvelable, ou en tout cas une énergie propre.

Mais l'hydrogène et les molécules renouvelables ont un inconvénient assez important. C'est que le l'électricité, ou en tout cas l'énergie renouvelable est par extension également l'énergie nucléaire.

Évidemment, on ne met pas spécialement de focus en Belgique sur le nucléaire pour la production de de molécules renouvelables. C'est par contre beaucoup plus le cas en France et dans d'autres pays.

Mais donc le grand inconvénient de l'hydrogène et de ses molécules dérivées, c'est que leur production est assez peu efficace. Il y a pas mal de pertes par conversion et, de l'autre côté, on produit toutes ces énergies renouvelables initialement sous forme d'électricité majoritairement et donc il y a une conversion nécessaire entre le vecteur électricité et le vecteur molécule.

Alexis Michiels

Tout à fait.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Ce qui fait que si on veut maintenir, tout d'abord, une efficacité énergétique du système suffisante, mais aussi et surtout un coût abordable et compétitif de l'énergie, on doit essayer de réduire au minimum le recours qu'on va faire à l'hydrogène et aux autres molécules.

C'est un peu l'approche de notre stratégie, de dire que les molécules ont un rôle à jouer. Mais ce n'est pas le seul pilier, le seul aspect à employer dans la transition énergétique. On doit tout d'abord et surtout se focaliser sur l'efficacité énergétique et l'électrification des usages pour employer de la manière la plus efficace possible, les énergies renouvelables auxquelles on a accès chez nous.

Et ça, ça va permettre un grand pas, mais avec, dans un second temps, évidemment ce rôle pour l'hydrogène, n'évoque que le renouvelable. Et donc, on le voit intervenir seulement en 3e instance, après l'efficacité énergétique et l'électrification, ce qui peut paraître un peu tard, ou en tous cas, sembler un rôle relativement faible maintenant. Même si ça arrive en 3e étape, on voit quand même un rôle important à jouer pour ce type de vecteur, avec, de mémoire, un potentiel de 125 à 200 térawattheures par an qui seraient approvisionnés par les molécules renouvelables d'ici 2050 en Belgique. Ça reste donc non négligeable. Ce sont un peu les ordres de grandeur. L'idée, c'est qu'en Belgique, aujourd'hui, la consommation d'énergie finale doit être de l'ordre de 400 térawattheures par an en Belgique. 125 à 200. Ça reste significatif.

Alexis Michiels

C'est 125 à 200 seulement pour l'hydrogène ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Pour l'hydrogène et les molécules renouvelables, et ça en effet, c'est un aspect important à soulever quand on parle de stratégie hydrogène, en fait, on parle de stratégie molécule.

Alexis Michiels

Et de tous ces dérivés, c'est ça ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Et de tous ces dérivés, donc l'hydrogène et tous ses dérivés inclus. Il est encore difficile à l'heure actuelle, je pense, de faire une différence entre l'hydrogène et ses dérivés parce qu'il y a aussi un

optimum économique qui va devoir se développer. Ça va être aux marchés d'identifier les solutions les plus optimales pour chacune des applications qu'ils envisagent.

En termes de volume, on avait estimé, je pense, de mémoire, que l'hydrogène couvrirait 30 à 60% de de la part de molécules, donc sur les 125 à 200 térawattheures, il y a 30 à 60% qui seraient couverts par l'hydrogène, le reste par ses dérivés. Il faudrait vérifier le chiffre dans le document.

Alexis Michiels

Vous avez parlé d'applications ; je me demandais quelles étaient les applications primaires pour l'hydrogène ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Par rapport aux applications, la réponse découle directement de l'approche que je viens de développer, qui est de dire qu'on ne veut employer l'hydrogène ou des molécules que là où ça a véritablement du sens et où l'électricité, l'électrification n'offrent pas une solution adéquate. Dans ce cadre-là, les applications qu'on identifie aujourd'hui se situent principalement dans l'industrie, potentiellement également dans le transport lourd et de longue distance, essentiellement maritime et fluvial.

Alexis Michiels

Donc le transport lourd et longue distance, ce serait par bateau, c'est ça ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Non, globalement transport lourd et longue distance, en sachant que pour du transport lourd, l'électricité et l'électrification peuvent également jouer un rôle. Certaines formes de transport par camion de marchandises peuvent être électrifiées. Tout certainement pas, une partie évidemment.

Alexis Michiels

Par électricité, vous entendez hydrogène ou batterie ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Quand on parle de l'électrification, c'est uniquement batterie. Parce que sinon, en effet, on peut aussi avoir de l'électrification avec piles à combustible, mais là on a quand même recours aux molécules avec l'inconvénient d'efficacité énergétique qui est le même que si on a recours à un moteur à combustion pour l'hydrogène de l'ammoniac. Donc quand je parlais électrification, c'est en effet uniquement électrification de batterie.

Alexis Michiels

Et donc au niveau de l'industrie, ce serait quel type ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Alors là aussi, il y a plusieurs usages qui sortent un peu du lot pour l'instant, mais ça n'exclut évidemment bien entendu pas d'autres usages qui pourraient encore être identifiés par la suite. Il y a entre autres toutes les applications qui utilisent déjà aujourd'hui de l'hydrogène.

Alexis Michiels

La chimie, le raffinage.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Le raffinage en effet, tout ce qui est dans la chimie, par exemple, dans la production d'engrais et la production d'ammoniac qui, aujourd'hui, se fait partiellement localement en Belgique. Il y a également toutes les applications pour la production d'acier.

Alexis Michiels

Et donc pour l'acier, est-ce que la production de fer est comprise là-dedans aussi ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

C'est une bonne question, je ne saurais pas répondre comme ça. Il faudrait en discuter davantage avec le secteur. Le traitement du fer fait partie du processus de production d'acier et, à ma connaissance, on ne produit pas tellement de fer brut, enfin de fer pur.

Alexis Michiels

Donc pour produire de l'acier, il faut d'abord passer par le fer. Il faut du fer pour produire de l'acier, c'est ça ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Oui, l'acier est un alliage de métaux contenant, contenant notamment du fer, mais également d'autres substances. Pour produire de l'acier, on part de minerai de fer qu'on va travailler. Il y a toute une série de réactions chimiques qui mène au final à la production d'un mélange de métaux qu'on nomme acier.

Alexis Michiels

En plus du secteur chimique, du transport et de l'acier, est-ce qu'il y a un autre secteur où vous voyez l'hydrogène émerger ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Dans la production de béton et de ciment. Et en fait de manière plus large, toutes les applications industrielles qui nécessitent l'atteinte de très hautes températures. Ça peut également être dans la production de verre, potentiellement. Pour ces applications particulières, il faudra voir aussi l'optimum, ou en tout cas, la comparaison avec la solution électrique. Pour moi, ce n'est pas encore clair dans quelle mesure est-ce que le trader est fait de manière claire chez eux ou en tous cas quelles sont les autres opportunités dont ils disposent pour switcher vers des vecteurs énergétiques renouvelables.

Mais en tout cas, du côté du ciment, on a déjà eu toute une série de contacts avec eux et eux confirment clairement l'intérêt de la solution molécule. Pour le verre, je n'ai pas eu l'occasion de m'entretenir avec eux récemment mais globalement, les molécules justement offrent l'opportunité d'atteindre par combustion des très hautes températures, ce qui est parfois plus compliqué avec l'électricité et donc, à ce niveau-là, ça peut clairement être une solution intéressante.

Alexis Michiels

Vous avez cité le fluvial et tout ce qui est bateau. Ce serait donc des bateaux qui fonctionnent avec des moteurs à combustion à hydrogène ou sous forme de carburant synthétique, fabriqués à partir d'hydrogène.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

À mon sens, pour la solution des bateaux, ça serait davantage des molécules dérivées de l'hydrogène, donc par exemple de l'ammoniac ou du méthanol, mais pas spécialement de l'hydrogène pur. A voir quelles solutions seront développées par les secteurs concernés. Mais mon sentiment, c'est que l'hydrogène pur ne se développera pas comme solution importante pour ce secteur-là.

Ce n'est pas tellement à nous de décider quelles seront les solutions qui seront découvertes. Ça c'est véritablement aux acteurs de marché et au secteur de l'identifier. Nous, on doit développer des pistes et s'assurer que le cadre institutionnel et le secteur de l'énergie soient prêts à répondre à une telle demande pour éviter justement un mécanisme dans lequel on se retrouverait bloqué avec la demande qui est absente par manque d'infrastructures et l'infrastructure qui ne vient pas par manque de demande. C'est aussi la volonté de la stratégie du régime fédéral, c'est de débloquer ce cercle vicieux pour s'assurer que des solutions viennent effectivement en pratique. Maintenant, ça va être à chaque entreprise et à chaque entrepreneur de décider lui-même quelle solution il choisit pour son propre business.

Alexis Michiels

Et quelle est la vision idéale de la Belgique pour l'hydrogène dans l'Union européenne ? Quelle est la vision que la Belgique va prôner au Conseil européen pour le développement de l'hydrogène ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Les molécules renouvelables au sens large, hydrogène et dérivés compris, ont un rôle à jouer, mais il ne faut pas oublier bien entendu l'efficacité énergétique et l'électrification des usages qui doivent passer en premier. Ensuite, ça a clairement un rôle à jouer pour la transition énergétique, à condition de produire toutes ces molécules de manière durable et respectueuse de l'environnement.

Alexis Michiels

Ce qui est entendu par ça, durable et respectueux de l'environnement, c'est l'hydrogène bleu, vert, jaune, enfin nucléaire.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Alors là-dessus, les avis divergent encore pas mal entre les différents États membres. Au niveau belge, on prône la solution qui de toute façon sera trouvée au niveau européen parce qu'on a d'abord besoin d'un alignement des définitions et de s'entendre sur ce dont on parle pour éviter toute incertitude supplémentaire dans le marché. Maintenant, qu'est-ce que nous on aimerait ? L'hydrogène bleu à mon sens n'est pas durable à long terme. L'hydrogène produit à partir de ...

Alexis Michiels

... gaz avec capsule carbone.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Exactement, donc à partir de combustibles fossiles avec CCS appliqués par-dessus, l'hydrogène bleu à mon sens n'est pas durable à long terme parce que le CCS ne permet jamais une capture complète. Il y a toujours un résidu de CO₂ qui est mis dans l'atmosphère ; la chaîne de production et d'approvisionnement du gaz naturel a également aussi toute une série de fuites tout au long de la chaîne avec le méthane qui est un gaz à effet de serre beaucoup plus important encore que le CO₂. Et donc à ce niveau-là, avoir recours à de l'hydrogène bleu ne permet pas d'atteindre un monde à

l'équilibre climatique. Dans notre stratégie hydrogène transparaît l'idée que l'hydrogène bleu a la capacité, dans les prochaines années et durant une période transitoire, d'accélérer la transition vers ce type de molécules, ou en tout cas le recours aux secteurs hydrogène. Pourquoi ? Parce que c'est une solution qui est aujourd'hui encore plus abordable que les molécules renouvelables. Le switch, ou en tout cas l'inversion va se produire à mon sens relativement rapidement. Mais aujourd'hui, l'hydrogène bleu est encore plus abordable avec une capacité aussi de délivrer et de produire à relativement court terme des volumes très conséquents. Et donc, la disponibilité des volumes à un prix relativement raisonnable permettrait à mon sens d'accélérer clairement cette transition, et donc c'est aussi pour ça qu'on n'exclut pas un rôle pour l'hydrogène bleu durant une phase transitoire. Mais pour nous, ça doit absolument rester une phase transitoire parce que l'objectif à terme est d'atteindre un monde 100% renouvelable. Notre vision fédérale, et là je parle bien au nom du gouvernement fédéral, pas de la Belgique, c'est en effet l'atteinte d'un secteur énergétique 100% renouvelable à terme, avec potentiellement en tout cas la possibilité de développer des SMR, des Small Modular Reactors avec, dans la transition, le prolongement de la durée de vie de 2 gigawatts des réacteurs existants, mais pas la construction de nouveaux réacteurs. Ça, ça ne fait pas partie de la stratégie, ou en tout cas de la politique énergétique fédérale.

Alexis Michiels

Ok, très bien. Je me demandais si vous pouviez m'éclairer sur les différents avis ou les différents niveaux d'engagement au sein de l'Union européenne par rapport à l'hydrogène. Est-ce qu'il y a vraiment des États qui poussent pour l'hydrogène et ses molécules dérivées ? Ou est-ce qu'il y en a qui freinent ou encore qui sont neutres ? Y en a-t-il qui veulent juste continuer à utiliser du gaz et qui ne veulent pas passer à l'hydrogène ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Je pense que les personnes auprès de la représentation permanente de la Belgique auprès de l'Union européenne seront plus à même de te répondre sur ces questions-là. Je peux donner mes insights sur ce que je ressens, mais j'interagis alors de manière ponctuelle sur les négociations, par exemple dans le cadre du pack gaz. Eux interagissent avec eux tous les jours, ou en tout cas 3 fois par semaine et donc ils auront évidemment beaucoup plus la finesse concernant le positionnement des différents États membres. Ce qu'on voit globalement, c'est qu'il y a différents courants de pensée, parfois sur base géographique, parfois moins sur base géographique liée au contexte énergétique et géopolitique local, mais aussi parfois d'un point de vue historique. Ce qu'on voit par exemple, c'est que globalement, et ça c'est plutôt « off the record », les pays d'Europe occidentale sont généralement plus ambitieux en matière d'énergie renouvelable et de transition énergétique que les pays d'Europe de l'Est. C'est aussi lié à un contexte économique à mon sens. C'est un positionnement qui a été observé sur les dernières années. Ce n'est pas pour autant qu'il y ait un renversement de ces positions, mais en tout cas les positions sont aussi un peu plus mystifiées maintenant avec la crise énergétique, des positionnements forts par rapport au nucléaire et ce genre de débat au niveau européen.

Par rapport au rôle de l'hydrogène, je n'ai pas connaissance d'un État membre qui plaide clairement contre. Je pense que tout le monde est assez bien convaincu du rôle que les molécules renouvelables auront à jouer à terme dans la transition énergétique. La question se pose davantage sur le timing et la manière de mettre en place un secteur qui soit capable d'alimenter toute une série d'applications sur base de ce secteur-là. Et donc là, il y a un peu plus de débats avec, par exemple, États membres qui plaident plus en faveur du nucléaire, d'autres 100% renouvelables. C'est davantage à ce niveau-là que le débat se porte, je pense.

Alexis Michiels

Donc, étant donné que les États de l'Europe de l'Ouest sont plus ambitieux en matière d'hydrogène et en matière d'énergie renouvelable que les États de l'Europe de l'Est, ce serait le côté ...

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Pas nécessairement plus ambitieux en matière d'hydrogène, plus ambitieux en matière d'énergie renouvelable. Pour autant en matière d'hydrogène, ce sont des positionnements différents, mais ce n'est pas spécialement plus ou moins ambitieux.

Alexis Michiels

En quoi réside la différence alors ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Différents aspects, par exemple, sur la manière dont on va l'employer. Certains États membres plaident en faveur de ce qu'on appelle le blending et donc le fait de mélanger l'hydrogène dans le réseau de gaz naturel pour essayer de décarboner le réseau de gaz naturel. Du côté de l'Europe de l'Ouest, et en tout cas en Belgique, ça, c'est une position très forte. On est contre ce blending parce que de fait, ça pourrait permettre de réduire les émissions de CO₂ de la consommation de gaz naturel. Par contre, ça mène un locking fossile parce que ça n'offre pas une véritable solution de décarbonisation à terme de ces applications, c'est simplement une solution transitoire dans laquelle on va réduire de quelques % les émissions de CO₂ là où, on a véritablement besoin d'un switch beaucoup plus fondamental en termes de technologie et de lecteur. Donc voilà, les différences portent, par exemple, à ce niveau-là.

Alexis Michiels

Est-ce qu'il y en a d'autres ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Il y en a certainement d'autres. On peut, par exemple, mentionner la manière de s'approvisionner en hydrogène et en molécules renouvelables. Ou alors, là justement, je pense, une des molécules renouvelables, donc certains États membres plaident plutôt pour de la production à partir du nucléaire. C'est par exemple le cas de la France. C'était à l'inverse pas du tout le cas de l'Allemagne. Et à ce niveau-là, la France et l'Allemagne sont extrêmement opposés sur la question du nucléaire. La Belgique se situe un peu plus entre les 2 avec un rôle pour le nucléaire dans la transition et potentiellement pour les SMR à terme, mais pas pour des nouveaux EPR ou la construction de nouvelles centrales comme on les connaît aujourd'hui.

Pour revenir sur la manière de s'approvisionner en molécules, certains États membres plaident davantage pour de la production locale dans leur pays ou en Europe ; d'autres mettent un accent plus important sur l'importance des importations, en plus de leur production locale en Europe. C'est évidemment lié plutôt à des contextes locaux en termes de surplus d'énergie renouvelable et de potentiel local. Donc, si on prend par exemple des pays plutôt d'Europe du Sud chez eux, ou alors vraiment Europe du Nord, chez eux, évidemment, il y a un potentiel monstrueux pour aller produire des molécules renouvelables, sur base électricité renouvelable locale. C'est beaucoup moins le cas en Belgique parce qu'on a un petit pays dense avec un potentiel renouvelable certes, mais limité et comparé à notre demande en énergie. Aujourd'hui, on importe plus de 90% de l'énergie qu'on

consomme si on inclut également le nucléaire, enfin, l'uranium qui est également importé. A terme, en déployant massivement les énergies renouvelables, on aura la capacité de réduire ce taux d'importation. Mais avec l'industrie et la consommation qu'on a aujourd'hui, on ne sera jamais autonome et donc on aura toujours besoin encore d'importation. Et c'est aussi la raison pour laquelle, dans la stratégie de l'arène fédérale, on met très fortement l'accent sur ce volet importation et on identifie également aussi toute une série d'ambitions à ce niveau-là.

Alexis Michiels

Ok, donc l'Union européenne aura de toute façon besoin d'importation, mais il y a une crainte des États à haut potentiel d'énergie renouvelable que cette énergie importée soit plus compétitive que l'hydrogène, qu'ils vont produire sur leur territoire, c'est ça ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Je ne crois pas. Ça sera plus compétitif, mais pas spécialement l'importation. L'importation peut être compétitive à terme maintenant avec un gros biais qui est le transport. Le transport longue distance coûte cher. Ça implique parfois aussi des pertes énergétiques par conversion vers d'autres types de molécules. Alors ça va certainement faire concurrence à un certain moment aux molécules qui seraient produites en Europe. Maintenant, je suis persuadé que les molécules produites en Europe, en tout cas si elles sont produites de manière efficace, et avec une source d'énergie renouvelable assez fiable, ces molécules resteront compétitives. C'est plutôt, je pense, et ce n'est pas spécialement une peur ou une crainte, mais c'est plutôt un point d'attention sur le fait qu'il ne faut pas oublier qu'on a également du potentiel en Europe qu'on doit exploiter au maximum ou en tout cas du mieux qu'on peut.

Ça fait clairement partie également aussi de notre vision en Belgique. On mise, entre autres, sur l'importation depuis des pays tiers en dehors de l'Europe, mais également sur l'importation et les échanges au sein de l'Union européenne. Et pour nous, c'est évidemment beaucoup plus confortable et facile d'aller développer des accords d'échange avec des pays des États membres de l'Union européenne, parce qu'on est aussi culturellement beaucoup plus proche. Ça pose beaucoup moins de problèmes géopolitiques. Parce que déjà partenaire sur toute une série, d'autres aspects et donc on s'expose à moins de risques en développement des relations d'échange de molécules au sein de l'Union européenne.

Donc on est clairement en faveur de ça. Simplement, chacun a un peu un contexte national différent et donc met l'accent sur différentes choses et amène des points d'attention différents dans les débats. Du côté de la Belgique, pas qu'on veut minimiser le rôle des de la production intra EU, mais plutôt, on veut s'assurer qu'on pourra effectivement garantir notre sécurité d'approvisionnement à long terme et donc on veut également permettre l'importation depuis les pays tiers.

Alexis Michiels

Ok, je vois. Donc, on a parlé de l'hydrogène, mais une alternative potentielle à l'hydrogène, ce serait le biogaz. Qu'en est-il de ces 2 alternatives, de leur relation, laquelle est préférée pour quel secteur ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Alors le biogaz, c'est une solution super intéressante dans la mesure où ce biogaz est produit de manière durable. C'est une solution super intéressante parce que ça peut être produit de manière relativement locale, avec des déchets et donc ça permet de valoriser des déchets qui, de base, avaient une valeur très faible, vers un produit à valeur beaucoup plus importante et qui permet de

réduire nos importations ou notre dépendance à d'autres importations. Donc à ce niveau-là, c'est très positif. Maintenant, il faut que ça soit durable. Alors il y a toute une série de critères qui sont développés dans la directive Énergie renouvelable, la Renewable Energy Directive -RED-, dont on ne connaît pas tout à fait les détails. Il faudrait plutôt en parler avec mon collègue ou avec les autorités régionales. Ça c'est une directive à l'échelle à l'échelon belge, c'est ça ?

Alexis Michiels

C'est donc une directive à l'échelon belge ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Non à l'échelle européenne. En Belgique, on n'a pas de directive. En Belgique d'un point de vue des textes légaux au niveau fédéral, on a des lois et des arrêtés royaux ministériels. Au niveau régional, on a des décrets. Les directives et les règlements sont, quelque part, les textes légaux au niveau européen.

Alexis Michiels

Ok, très bien. Et comment le biogaz pourrait ne pas être durable ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Par exemple en produisant du biogaz à partir de de nourriture encore consommable, donc pas à partir de déchets en fait.

Alexis Michiels

Ok. Mais donc, par exemple, produire du biogaz à partir du colza, est-ce considéré comme durable ou pas ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

C'est une bonne question, il faudrait vérifier dans la directive RED. Je n'en connais pas tous les détails, mais notre vision au niveau fédéral, c'est justement de dire que la production de biocarburants à partir de biens consommables, comme par exemple à partir de plantations de colza, n'est pas durable. Et en tout cas, n'a pas de place à long terme parce que ça a également des répercussions sur le secteur agroalimentaire.

Alexis Michiels

Ok, je vois. Y a-t-il d'autres États européens qui partagent cette vision ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Bonne question, dont il faudrait à nouveau parler avec mon collègue. Pour revenir sur le biogaz, oui, ça a un rôle à jouer, certainement, très utile dans la mesure où c'est produit de manière locale et durable, et donc, de nouveau, avec des critères de durabilité, entre autre, par rapport à l'origine des matières qui sont employées dans le digesteur. Mais, par contre, également avec des critères en termes de kilomètres parce que ça n'a pas tellement de sens d'aller importer des matières à composter sur 500 km de distance pour aller les transformer et puis en faire du biogaz. Entre-temps, on aura brûlé plus de pétrole pour les transporter et les transformer que ce qu'on va en récupérer en biogaz. Et Troisièmement, et en fait, c'est un peu lié aux 2 premiers points, le challenge du biogaz,

c'est qu'il y a certainement un potentiel qui doit encore être développé, mais ce potentiel reste limité par rapport à la demande en énergie.

Donc ça doit être développé, mais ce n'est pas la solution miracle non plus. On n'est pas en mesure de remplacer l'entièreté de notre approvisionnement en gaz naturel par du biogaz.

Alexis Michiels

Ok, je vois et donc c'est une des raisons pour lesquelles on se penche alors sur l'hydrogène, c'est parce que le biogaz ne sera pas disponible en suffisance.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Oui, ça fait partie des hypothèses initiales. Quelque part, une des thèses principales de la stratégie fédérale, c'est de dire que l'essentiel des énergies renouvelables auxquelles on a accès sont sous forme d'électricité. Et on aura besoin d'autres vecteurs. Quelque part, le biogaz est un autre vecteur, mais qui n'est justement pas en quantité. Enfin, qui n'est pas présent en quantité suffisante.

Alexis Michiels

Ok, super parfait, merci beaucoup. Je n'ai plus de questions. Ah oui : puis-je vous citer dans mon mémoire ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Bonne question. Je n'en sais rien. Quels sont les normes de référencement pour les citations ?

Alexis Michiels

Bonne question. Jusqu'à présent, en général, les personnes que j'ai interviewées me demandaient de les citer comme membres de Enfin par exemple, je pourrais vous citer comme membre du Cabinet belge de l'énergie et pas sous votre nom. C'est ce qui s'est fait beaucoup jusqu'à présent. Ce n'était pas le cabinet belge de l'énergie, mais c'était dans ce style-là.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Ça me semble en effet le mieux. Dans ce cadre-là, peut-être citer sous la forme de membre du cabinet de la ministre fédérale belge de l'énergie.

Alexis Michiels

Ok, très bien. Merci beaucoup.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Volontiers. Si tu as d'autres questions, n'hésite pas.

Alexis Michiels

J'ai encore une petite question concernant la représentation permanente de la Belgique auprès de l'Union européenne, je trouverai facilement en ligne ? Et donc au sein de la représentation, il y a un ou une spécialiste de l'énergie ?

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Ah oui. Donc c'est une équipe de diplomates qui représente la Belgique auprès de l'Union européenne avec, je crois, en tout cas 2 ambassadeurs et une équipe de diplomates derrière. Il y a

effectivement des spécialistes de l'énergie qui participent aux Energy Working party, donc les groupes de travail énergie au sein du Conseil pour justement préparer les négociations. Ensuite, au niveau ambassadeur et puis, en 3e lieu, au niveau des ministres. Donc il y a véritablement des personnes qui sont les mains dans le cambouis, dans les négociations des différents textes.

Alexis Michiels

Ok, super Merci beaucoup pour toutes les infos.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Volontiers. Je vais être juste copier le lien du site de l'ARP. Je ne sais pas si y a un point de contact, il faudrait fouiller un peu sur le site mais je suppose que oui.

Alexis Michiels

Ok, super. Merci beaucoup pour toutes les informations.

Collaborateur du Ministère belge de l'énergie

Volontiers, bonne journée

Alexis Michiels

Bonne journée.

8.3.4. Jean-François Plucker, président Kirkpatrick

Entretien effectué par Ms Teams le 27 juillet 2023 à 13h00.

Alexis Michiels

Parfait, je vais partager mon écran parce que je pense que ce sera le plus efficace. J'ai bien repéré les catégories qui m'intéressaient lors de notre dernière discussion et donc j'utilise espace net pour ça et en utilisant espace net, je vais mettre cette fenêtre-là de l'autre côté.

Jean-François Plucker

Est-ce que je peux voir la slide précédente pour être sûr des catégories recherchées.

Alexis Michiels

Les catégories recherchées, c'est celle-ci. Voilà, et donc par rapport à ça, j'ai commencé quelques requêtes donc, dans ce type-là, c'est un exemple, j'avais quelques questions par rapport à ça. Donc dans ce cas-là, c'est un domaine de l'hydrogène qui m'intéresse. Mais la question que je me ...

Jean-François Plucker

Est-ce que le code là est repris dans ta liste précédente ?

Alexis Michiels

Oui.

Jean-François Plucker

Autant travailler directement sur quelque chose de ...

Alexis Michiels

Oui. J'ai utilisé tous mes codes ici, donc c'est le 2e je pense. Y 0 2E, 60 slash 32 Je pense. C'est ça 60 slash, 32 celui-là que j'ai utilisé.

Et donc là, au niveau des filtres c'est EP et il y a une question que je me posais, c'est par rapport à ces EP, pourquoi est-ce que j'arrivais avec des brevets d'autres nationalités ? Par exemple ici, pour sauter sur quelque chose d'autre ...

Jean-François Plucker

Est-ce que je peux voir les filtres s'il te plaît.

Alexis Michiels

Bien sûr. Dans les filtres, en fait, il y a juste celui-ci, EP, parce qu'il me semble que c'est de ça qu'on avait discuté la dernière fois.

Jean-François Plucker

Oui, oui, le brevet européen. Et puis y a-t-il autre chose dans les filtres ?

Alexis Michiels

Je me demande s'il n'y a pas un filtre de langue ? Oui, langue de requêtes. Donc langue, famille, est-ce qu'il y a ? Non, il n'y a même pas de filtre. Je pense que c'est l'unique filtre. Vous pensez que je dois en ajouter ?

Jean-François Plucker

On va voir, allons un peu plus loin.

Alexis Michielsens

Ok et donc ça m'amène sur ...

Jean-François Plucker

Tu as les demandeurs, les pays des demandeurs en dessous.

Alexis Michielsens

Qu'est-ce que vous voulez dire ?

Jean-François Plucker

Et ça, c'est intéressant.

Alexis Michielsens

Qu'est-ce que vous voulez dire par en dessous ?

Jean-François Plucker

Tu vois ? Publication en dessous. Tu descends un petit peu dans la liste des filtres et tu as publication. En bas de l'écran.

Alexis Michielsens

Oui, tout à fait. Demandeur, pays.

Jean-François Plucker

Parce que tu as des brevets européens mais qui ne viennent pas nécessairement d'Europe.

Alexis Michielsens

Ok, c'est ça l'astuce, d'accord. Et donc là demandeur, je sélectionne tous les pays de l'Union européenne alors.

Jean-François Plucker

Si c'est ça qui t'intéresse, bien sûr.

Alexis Michielsens

Oui et donc je sais qu'on a un peu discuté la dernière fois, mais ce n'était pas tout à fait clair dans mon esprit : demandeur, qu'est-ce que ça représente ?

Jean-François Plucker

Alors un demandeur, c'est la société qui procède au dépôt du brevet. Et quand on procède au dépôt, il s'agit d'une demande de brevet. Après, le processus d'obtention du brevet est assez long et, in fine,

il sera délivré. Mais pendant un moment, il reste en l'état de demande et donc de toute façon ce qui t'importe, si j'ai bien compris l'objet de ta recherche, c'est de savoir quels sont les pays d'où viennent les demandeurs en Europe pour déposer et éventuellement obtenir des brevets dans le domaine qui t'intéresse.

Alexis Michielsens

Oui, c'est ça, mais justement et là je reviens sur le sujet de la dernière fois aussi, je ne sais pas en fait quel est l'aspect le plus pertinent à prendre, est-ce que c'est l'endroit où est développé l'innovation qui va faire l'objet d'un brevet ou est-ce que c'est la nationalité de l'entreprise ?

Jean-François Plucker

En général, la nationalité de l'entreprise te dira déjà ce que tu veux savoir, c'est-à-dire s'il s'agit de savoir quels sont les pays les plus actifs dans le domaine de l'hydrogène et tu veux peut-être faire une recherche plus fine alors dans les différents domaines du secteur de l'hydrogène, je pense que les demandeurs, la nationalité du demandeur est suffisante. Ça te donnera une information claire. Alors il y a toujours des explications et des réserves à donner mais clairement tu es dans le bon, ne fut-ce que parce que ce que tu diras ne sera pas faux. Ce ne sera pas tout à fait complet mais ce ne sera pas faux.

Alexis Michielsens

Oui, ok. Mais donc dans ce cas-là, le demandeur c'est le pays où ça a été développé, ou c'est la nationalité, c'est la nationalité, c'est ça ?

Jean-François Plucker

C'est le pays dans lequel se trouve en tout cas la société demanderesse. La plupart du temps, il s'agit de sociétés, de temps en temps, il s'agit de personnes physiques, mais là, ils ne font pas la différence je pense. Parce que en fait, quand tu remplis les formulaires pour faire une demande de brevet, tu remplis le formulaire et à la case du demandeur, tu mets soit la société qui t'emploie, soit toi-même si c'est toi qui feras la démarche à titre privé.

Alexis Michielsens

Ok, je vois, mais donc la société qui fait la demande, elle le fait sous le nom de sa maison mère. Ou est-ce que c'est la filiale locale qui fait la demande ?

Jean-François Plucker

Non, le plus souvent, c'est la maison mère ou quand c'est une très grande société, ça peut être l'endroit où la recherche et le développement se sont faits. Il y a des grandes sociétés qui ont 5, 6, 10 sociétés ou bureaux ou branches qui sont délocalisées, qui sont dans des endroits clés. Ça peut être le cas également. En général, ce sera la maison mère, mais ça n'est pas toujours le cas et tu peux avoir des sociétés ou des groupes de travail qui font de la recherche et qui sont délocalisés par rapport à la société. Mais bon, ce qui t'intéresse ici c'est réellement de savoir quels sont les Européens qui sont le plus actifs dans ton domaine et de toute façon, même si une société européenne aura un groupe d'études et de recherche aux États-Unis, c'est quand même en Europe qu'elle va déposer, aux États-Unis aussi, mais en Europe qu'elle va déposer. Donc tu verras à terme quelles sont les nationalités des demandeurs.

Alexis Michielsens

Je vois, super. Donc là cette liste, par exemple, par exemple, typiquement l'Allemagne est le pays le plus actif en hydrogène, mais, par contre, je ne sais pas si ces innovations ont effectivement été développées sur le territoire allemand.

Jean-François Plucker

Non, et ça, tu ne sauras jamais avec ce type de base de données car on se limite à l'objet de la demande de brevet, et puis de la publication du brevet. Ici, il s'agit d'une publication avant délivrance. Mais voilà, si c'est publié, il y a beaucoup de chance que ce soit délivré, si ce n'est pas délivré, ça a quand même été publié donc ça reste. C'est dans le domaine de la technique, l'état de la technique et donc c'est connu du public. Ce qui est important pour toi, c'est d'où ça vient si j'ai bien compris.

Alexis Michielsens

C'est ça.

Jean-François Plucker

Et après tu peux affiner pour voir quels sont les acteurs.

Alexis Michielsens

Oui, les gros acteurs, tout à fait. Et ça les gros acteurs, c'est en voyant les noms des entreprises ou alors en liant ... Oui en voyant le nom des entreprises, OK super.

Jean-François Plucker

Là, je voudrais voir quels sont les autres critères de filtres s'il te plaît.

Alexis Michielsens

Oui, mais c'est un peu tout.

Jean-François Plucker

Oui, parce que, tu vois, tu as demandeur au-dessus d'inventeur. C'est clair que tu peux, si tu veux poser la question, par exemple, que fait telle ou telle société allemande, là ils te répondront. Mais il faut les connaître.

Alexis Michielsens

Oui, donc là, ce sera probablement plus simple que je passe par le demandeur plutôt que par les inventeurs, c'est ça ?

Jean-François Plucker

Ah oui, clairement, parce que les inventeurs peuvent être de toute nationalité.

Alexis Michielsens

Ok, super.

Jean-François Plucker

Aux États-Unis, par exemple, énormément d'inventeurs sont asiatiques, soit ils sont devenus américains, soit ils sont juste liés par un contrat. Ils peuvent être chinois et autres. Ça contribue à

donner de la confusion pour pouvoir en tirer des statistiques, et éventuellement une connaissance particulière donc non, je ne ferais pas ça.

Alexis Michielsens

Ok, super et donc là, les demandeurs, c'est quoi le pourcentage qui est accepté en général ?

Jean-François Plucker

Tu veux dire quel est le pourcentage des brevets délivrés ?

Alexis Michielsens

Oui, exactement.

Jean-François Plucker

Alors dans ce domaine, je n'ai aucune idée. Mais je vais te dire, gut feeling, un bon 80%.

Alexis Michielsens

Ok Oui, donc c'est bon.

Jean-François Plucker

Et la raison pour laquelle je dis ça, c'est que c'est quand même un domaine de pleine recherche et très novateur. Et donc de toute façon, on doit procéder à des recherches d'antériorité avant de passer dans le processus de l'obtention d'un brevet et ce qui est mauvais et refoulé dès le départ. Donc on a beaucoup de chance que ce qui a été engrangé ou plutôt placé dans un système d'obtention de brevet par rapport des recherches officielles, avec éventuellement des oppositions et tout ça, soit suffisamment solide pour arriver au bout du processus.

Alexis Michielsens

Très bien, nickel. J'ai encore une petite question pratique de détails. C'est donc là, typiquement, j'ai 2749 résultats trouvés, mais en Excel, je ne sais en extraire que 500. Ça c'est normal, 500 lignes ? OK, très bien, parfait, et je pense que pour le reste ...

Jean-François Plucker

Mais tu peux aussi, pour être sûr que tu saches couvrir l'ensemble, d'ailleurs je ne sais pas dans quelle mesure tu peux faire sauter cette limite de 500, ça malheureusement je ne peux pas te dire, mais peut-être que ça existe ou sinon tu modifies tes critères de filtres et tu fais en sorte que tu vas région par région.

Alexis Michielsens

Ah oui, tout à fait.

Jean-François Plucker

Tu sais que tu as beaucoup d'Allemagne. Bon, l'Allemagne, tu la travailles isolément.

Alexis Michielsens

Peut-être que vous avez une idée : à partir de quand est-ce que vous pensez que ça a du sens que je prenne en compte les brevets concernant l'hydrogène ?

Jean-François Plucker

Je n'ai pas compris la question.

Alexis Michielsens

Dans le sens est-ce que c'est possible que je fasse aussi par une chronologie ? Par exemple, en 2015, il y avait 100 brevets en Allemagne. En 2016, il y en avait 120.

Jean-François Plucker

Et tu me demandes si c'est relevant ?

Alexis Michielsens

Oui, c'est ça.

Jean-François Plucker

Oui, c'est relevant dans la mesure où tu cherches à déterminer quels sont les acteurs actifs. Ce serait intéressant de savoir depuis quand et quels sont les nouveaux venus finalement, parce qu'il y en a qui se sont réveillés tard et il y en a qui font de la recherche depuis très longtemps. Donc je crois que c'est un chapitre supplémentaire à ton travail.

Alexis Michielsens

Et donc pour ça je dois prendre la date de publication, c'est ça ?

Jean-François Plucker

Oui. Regarde, c'est intéressant là, parce que justement, tu vois, parce qu'il y a un grand shift en 2019.

Alexis Michielsens

Un grand shift ? Oui, tout à fait, en 2019, ça augmente très fort.

Jean-François Plucker

Et c'est peut-être intéressant de voir pourquoi et le pourquoi il ne sera pas seulement dans la réponse géographique. Il sera aussi peut-être dans le type de technologie qui est au goût du jour. Il se fait qu'il y a des lois, notamment des lois européennes, qui font que on a embrayé sur l'hydrogène, sachant que c'était vraiment une technologie d'avenir. Certains le savaient depuis longtemps et d'autres n'ont pas pu allouer les budgets nécessaires à la recherche. Ils ne l'ont fait que plus tard, avec plus de certitude et notamment une certitude réglementaire.

Alexis Michielsens

Et donc dans cette base de données là, espace net, tous les États membres de l'Union sont représentés. Donc, par exemple, si je n'ai aucune mention de la Bulgarie, c'est juste qu'il n'y a pas de brevet en en Bulgarie. Ok, super. Et en voyant ça, est-ce que vous pensez qu'il y a une certaine date à partir de laquelle c'est pertinent d'analyser la croissance du nombre de brevets ?

Jean-François Plucker

Oui, si tu as du temps pour le faire.

Alexis Michielsens

Et vous pensez que ce serait à partir de quelle date ?

Jean-François Plucker

À mon avis, c'est assez simple, ne fût-ce que géographiquement déjà, de voir quels sont les pays qui viennent considérablement augmenter le nombre de demandes de brevets à partir d'un certain temps. Et pour répondre à la question précédente, ne perd pas de vue que espace net, ça n'est pas l'Union européenne, c'est l'Europe.

Alexis Michielsens

C'est l'Europe, mais ils sont tous mentionnés, tous les États membres sont quand même présents dessus. Mais c'est plus large. J'ai abordé tous les points que j'avais besoin de d'aborder avec vous. Merci beaucoup.

Jean-François Plucker

Au plaisir, je suis là si tu as besoin de moi d'ici au bout de la course.

Alexis Michielsens

Ah c'est super sympa. Bonne journée à vous. Merci pour votre disponibilité. Ça m'aide vraiment et là je suis lancé niveau brevet, je pense que ça va vraiment apporter un plus à mon travail à ce niveau-là.

Jean-François Plucker

Eh bien, donne-moi un ton feedback quand tu peux.

Alexis Michielsens

Oui, super bonne journée, au revoir.

8.3.5. Philippe Busquin, ancien Commissaire européen à la recherche, les sciences et l'innovation

Interview effectuée à Feluy le 28 juillet 2023 à 10h00.

Philippe Busquin - Ancien Commissaire européen à la Recherche, à l'Innovation et à la Science.m4a

Transcript

Philippe Busquin

J'ai participé dernièrement, ici en mai, à une table ronde sur l'hydrogène à Aix-en-Provence où on faisait le bilan de tout ce qui se fait sur l'hydrogène - Et donc c'est intéressant de voir un peu, mais la question était quand même, mythe ou réalité? Qu'est-ce que l'hydrogène ? Il y a quand même toujours un point d'interrogation sur la valeur que ça peut avoir. Je vais vous expliquer un petit peu ce qui s'est fait au niveau européen.

Alexis Michielsens

Ouais, tout à fait. Ouais, c'est ça serait super intéressant.

Philippe Busquin

Au niveau européen, l'hydrogène est justement, je suis intervenu à cette table ronde et donc j'ai rappelé que finalement c'est assez récent cette question de porter l'hydrogène en Europe. Et que en tous cas en Europe, la stratégie de Lisbonne en l'an 2000,... c'était la stratégie de Lisbonne pour faire de l'Europe l'économie la plus compétitive au monde dans la société de la connaissance. C'était un service et j'étais à la base du de l'espace européen de la recherche et j'étais commissaire européen de la recherche.

Alexis Michielsens

Oui, c'est ça, Nonante-neuf à 2004, C'est ça ?.

Philippe Busquin

Oui, c'est ça. Et donc à ce moment-là 2000, j'avais présenté le concept d'espace européen de la recherche et mon collègue était sorti pour la société de l'information.. C'était les deux thèmes assez porteurs.

Alexis Michielsens

Ce ce monsieur, quelle était sa responsabilité ?

Philippe Busquin

L'informatique et l'industrie informatique. Il était très proche de Nokia tout ça, un Finlandais. Et donc là à Lisbonne, c'est vrai qu'on a pas parlé de l'hydrogène pratiquement. Donc en 2000 c'était pas le sujet. Regardez ce document.

Alexis Michielsens

Je connais pas le document. Mais je connais le nom. C'est la FCH JU.

Philippe Busquin

C'est c'est une bonne synthèse de de ce qui s'est passé, mais je n'en ai qu'un expemplaire.

Philippe Busquin

Il me sert encore de référence. Si vous vouliez avoir aussi une bonne idée de ce qui se fait. Il est encore là je crois, pour un petit temps, mais il va terminer. Bart Bibuyk. La FCH JU est un groupe sur l'hydrogène avec les entreprises, les académiques, les principales entreprises Air Liquide était très dynamique dans le secteur. Benoit Potier, le patron d'Air Liquide était très intéressé et un moteur.

Nous avons lancé ce groupe de haut niveau parce que le président de la Commission ,Prodi, c'était quelqu'un qui avait dirigé en Italie le centre d'innovation technologique. Donc il était quelqu'un qui était sensible à l'innovation technologique. C'est nous qui avons pris l'initiative de lancer ce groupe d'hydrogène, et ça venait du fait aussi que il y a eu à l'époque un l'essayiste américains. Il s'appelle Jérémy Rifkin. C'était un essayiste américain assez connu à l'époque, disons sur l'économie hydrogène. C'est lui qui a popularisé d'une certaine manière le développement de l'hydrogène et des piles à combustible. Jérémy Rifkin était venu faire une conférence au Parlement européen à notre initiative, à l'initiative de Prodi.

Alexis Michielsens

Donc, Monsieur Prodi, il était responsable de quelle partie vous avez dit ? C'était le. Président, c'est ça ? Président de la Commission.

Philippe Busquin

C'était le président de la Commission, il était ancien Premier ministre italien, il avait été Premier ministre italien et il était le président de la Commission. Mais professionnellement, avant, il avait été directeur de l'Institut d'innovation de recherche industrielle de l'Italie, de l'INRI. Donc il est sensible aussi à la question.

Alexis Michielsens

Ok.

Philippe Busquin

Voilà donc notre team énergie.. Et Loyola de Palacios avait d'ailleurs déjà financé en 2003, 2004. Donc le le. Le groupe de niveau est établi en 2002.

Alexis Michielsens

Et qu'est ce que c'est ? Un groupe de haut niveau, c'est un groupe de travail.

Philippe Busquin

Mais ça, c'était une expression qu'on emploie à chaque fois du du du haut niveau. Non, c'était comme ça que j'avais lancé. D'ailleurs aussi un peu ce qu'on appelait du placement technologique, c'est-à-dire que c'était. Sur certains sujets, on réunissait des scientifiques de haut niveau, des académiques et des entreprises, donc on avait fait par exemple l'avion 2020. Sur tous les aspects, avec donc les les principaux acteurs de Airbus, Lagardère, Dassault qui étaient là on avait fait un groupe de travail où on faisait un rapport. Et c'est un peu sur l'évolution et sur les perspectives et les prospectives aussi de de du sujet. Donc il y avait l'avion 2020 aussi, mais il y avait aussi 1A, commencé à faire sans que ce groupe qui a été à la base, si vous voulez, du développement et de la mise en en contact aussi des académiques, des centres, par exemple, il y a un excellent centre de

recherche sur les piles à combustible et l'hydrogène, c'était des en Allemagne, ici à Jülich c'était un centre important et les industriels. Bon, donc on a créé si vous voulez, ces groupes qui a été à la base après de Joint Undertaking. John Undertaking c'est une c'est une 2e phase, ça c'est vers 2006. Le, ces groupes se sont transformés en espèces de haut niveau de la de la l'Union européenne, la Commission européenne. Ils ont été, disons, indépendants des autres projets et ils avaient à peu près quand même, je crois, à peu près un milliard d'euros de financement de projets de recherche par ces groupes qui étaient qui étaient définis par eux. Donc hein. Donc c'étaient des disons des et c'était l'industrie qui était le moteur disant dans l'industrie, pour moi le le Monsieur Potier et le celui d'Erik King étaient un peu à leader. Mais vous pouvez retrouver la liste des entreprises, ça, ça serait peut-être pas mauvais, qui participaient à cette Joint undertaking.

Alexis Michielsens

Ouais, tout à fait.

Philippe Busquin

Fait, attendez, j'ai peut-être, si vous pouviez vous procurer ce document...

Alexis Michielsens

Vous penez qu'il est encore disponible ?

Philippe Busquin

Je pense, oui, j'en ai toujours quand même. Mais il faut peut être que vous contactiez Bebuik je crois qui il change maintenant parce que je l'ai revu à Aix-en-Provence ici, donc il me reconnaît toujours la qualité d'avoir lancé. D'ailleurs il le dit, il dit ici, mais il il part ici maintenant je crois. Près de la présidente de la Commission justement pour la politique d'hydrogène, et cetera. Donc il quitte la fonction si jamais vous aviez l'occasion de rencontrer c'est vous pouvez la essayer de le contacter de ma part. Il met toujours très reconnaissant, donc il est ici à Bruxelles, il a une très bonne connaissance des entreprises performantes, etc. Comme je vous dis, en 2006, ça s'est transformé en joint undertaking, avec un budget propre et il finance des recherches et des développements. Au début des années 2000 les principaux acteurs, étaenit Air Liquide, mais il y avait aussi Toyota.

Alexis Michielsens

Ouais, les Japonais ont toujours été très actifs.

Philippe Busquin

Et Toyota et je me suis bien ainsi. Toyota, alors il y avait Toyota et Toyota était assez était assez actif.

Philippe Busquin

Et d'ailleurs, hein, un de mes anciens, un collaborateur qui avait travaillé à Toyota qui s'appelle VandeNACKER. Voilà donc ici, ça c'est après, donc moi j'ai plus été député et j'ai été député au Parlement européen. Après 2004 et là, nous avons créé justement un groupe hydrogène, donc des parlementaires, et nous avons réinvité Ripking

13.05 Alexis Michielsens

Ah oui, donc ça, c'était le. C'était le tout début.

Philippe Busquin

Oui, c'était Parlement européen.

Alexis Michielsens

Super, il y a du bon. Y a des participants. Et donc ça c'est ces personnes-là ce sont des membres de la de du Parlement, du groupe ?

Philippe Busquin

Oui, du groupe, ça c'était des parlementaires européens. Prédix était le Président, arrive King et Erik considérait que l'Europe était leading the European hydrogen economy et the first Industrial revolution. Jérémie qui était (...) considérait que l'Europe était leader à l'époque, alors c'était un Américain, Jérémie. donc ça c'est en 2006.

Et c'était déjà le transition scénario. Et alors, ce qui était à la pointe en Europe, c'était la région de Toscane. La région de la Toscane était à la pointe parce que... j'ai d'ailleurs été voir l'an 2006 2007 une première station.

Alexis Michielsens

À hydrogène, de recharge ou de production, vous. Voulez dire ?

Philippe Busquin

Oui de recharge ! Et donc là, il y avait d'une part une éolienne, il y avait des panneaux solaires. Et il proposait de l'hydrogène vert, comme on appelle ça, puisque ce terme a été accepté. Et qui il a injecté de l'hydrogène dans les voitures complément donc c'était les premiers exemples de d'intégration.

Alexis Michielsens

C'était une pile à combustible ou un moteur à explosion ?

Philippe Busquin

Non, c'étaient des moteurs à explosion avec de l'hydrogène. Oui, parce que ça apportait un certain augmentation de rendement de Moteur à combustible. À L'époque, ça, c'était remplacer un peu de d'essence. C'est-à-dire que je crois qu'ils en mettent 20 à 30%. Mais donc c'était un processus qui était quand même assez intéressant parce que c'était le processus de la transition énergétique quand même hein.

Donc ça c'est en 2006, 2007 hein, donc il y a déjà quelques années, et pourquoi était-ce la région de Toscane qui était à la pointe ? Parce que il y avait les Orfèvres de cette région qui étaient habitués de produire de l'hydrogène pour leur orfèvrerie. Et donc ils avaient des petites machines à fabriquer de l'hydrogène. Depuis presque un siècle. Donc il y a avait une tradition d'usage de l'hydrogène dans l'orfèvrerie des États, un petit créneau de niche et il y avait une petite PMI qu'on a soutenu en Italie, donc à ce moment-là c'était en Italie qui avait.

Il y avait aussi à Baryil y avait un centre de production aussi par l'énergie solaire d'hydrogène et l'idée à l'époque était de toutes les petites barques qui vont du côté des grottes et tout. Pour leurs affaires, ils ont utilisé l'hydrogène comme pile à combustible pour les petits bateaux de visite des grottes et tout ça, donc ça j'avais été voir aussi.

Alexis Michielsens

À vitesse qu'elle. Vous vous diriez que, à l'époque, l'Italie était une référence en matière d'hydrogène ?

Philippe Busquin

Hydrogène, oui, non, il y avait pas que l'Italie ?

Alexis Michielsens

L'Allemagne avec son centre ?

Philippe Busquin

Il y avait le Centre de Jülich oui. Mais un terme de de pratique, il y avait pas encore grand-chose en Allemagne parce que c'était l'industrie automobile allemande n'était pas tellement intéressée, ils elles voulaient passer à l'électrique, mais pas à l'hydrogène. Donc ça, c'était aussi un des points crucial dans le développement, c'était du choix de l'électrique ou aller directement vers l'hydrogène !

Donc vous pouvez faire des voitures électriques en batterie tandis que l'hydrogène c'est depuis la combustible et donc c'est c'était des choix.

Moi j'ai roulé dans une voiture à hydrogène déjà en 2004, mais une Toyota, et alors à cette époque, là aussi le pays qui était le plus à l'avance de m'avoir, je crois qu'il était encore, il était l'Islande.

Alexis Michielsens

Tout à fait.

Philippe Busquin

L'Islande a déjà un réseau d'autobus à hydrogène. En 2003, 2004.

Pourquoi l'Islande ? Ça c'est donc il faut, ça s'est développé où on pouvait faire de l'énergie bon marché et l'énergie électrique bon marché.

Enfin, dans le cycle, c'est évidemment l'électrolyse, pour faire de l'hydrogène, qui est l'élément fondamental, et donc il fait de l'électricité bon marché et l'Islande avait de l'énergie bon marché parce que l'Islande avait de la géothermie. L'Islande faisait que l'électricité en Islande est tellement bon marché, ce qui fait par exemple que l'Islande avait amené beaucoup d'usines de transformation d'aluminium. Parce que l'aluminium se fait aussi par électrolyse.

Donc il beaucoup tout une partie de l'industrie de l'aluminium avaient été localisés en Islande et l'Islande était à la pointe de l'hydrogène, parce qu'ils avaient cette électricité bon marché. Ca c'est un principe de base, il peut avoir des développement d'hydrogène, il peut une production d'électricité bon marché. En fait, il y a moyen de faire des hydrogènes dans des centrales nucléaires, mais là les Verts Parlements, etc. étaient contre parce que c'était pas ce qu'on appelait de l'hydrogène propre, il y a, il y a, il y a l'hydrogène vert et l'hydrogène gris, et cetera.

Speaker

Ouais, tout à fait.

Philippe Busquin

Il n'est pas considéré comme un procédé propre. C'est vrai que faire de l'hydrogène à partir de l'Italie ? Donc voilà ce qui s'appelle et donc. Moi j'ai, mais donc. Les, les drogues, c'est un vecteur existe, alors il faut bien faire la différence, c'est pas, c'est pas non, non. Donc ça c'était la pure théorie de l'époque que hydrogène était associé à l'énergie renouvelable.

Alexis Michiels

Mais oui, tout à fait comparable à l'électricité.

Philippe Busquin

Donc, c'était quoi ? Disons assez important.

Alexis Michiels

Est-ce qu'on parlait déjà d'hydrogène bleu à l'époque ? Est-ce qu'on parlait déjà d'hydrogène bleu à l'époque avec capture de carbone ?

Philippe Busquin

Non, non, parle pas, on n'en parle pas vraiment. Non, non, non. Non, non. Et donc voilà, et à ce moment-là, YAYAYA EU à l'époque un des 5000 sites, c'est qu'on appelle déjà le 7 plantes pour faire une énergie européenne, européenne et de ce qu'on a appelé le 7 point me l'a dit. Il y avait déjà eu un rapport hydrogène énergie, une PC en 2003, ça, c'était aussi un document que vous pouvez avoir ? Et donc vous voyez ? Et donc oui, c'est le suivi qui s'occupait de la Commission, c'était PRS. Donc voilà, donc ça s'est développé. Le Diamanter Talking Raffin. Alors voilà funding.

Alexis Michiels

Ouais, et est-ce qu'on y aurait une liste avec toutes les entreprises participantes ?

Philippe Busquin

Certainement, mais je ne sais pas si elles sont citées ici. Mais les le mieux c'est que vous vous intéressiez à John (..) ils auraient tous les documents bien à jour sur ce qui se fait en Europe maintenant.

Alexis Michiels

Et donc le Conseil européen de la de la recherche était relié à quelle institution européenne à l'époque ?

Philippe Busquin

Ah Ben c'est, c'est le Conseil en fait.

Alexis Michiels

Le Conseil des ministres.

Philippe Busquin

À partir de là, les milliers de la recherche européenne se sont réunis dans ce qu'on appelle le Conseil européen de la recherche, à chaque réunion de nouvelle présidence, le milieu de la recherche avec le GAC belge, le Gag belge, etc. c'est lui qui base Conseil européen de la recherche, c'est une tournante entre toutes les régions, le fédéral.

Alexis Michielsens

Ah ouais, avec un suivi ?

Philippe Busquin

Ce qui fonctionne moins bien c'est qu'ils n'ont jamais de poids parce qu'il a quantité, par exemple celui qui était le plus le plus important dans ce Conseil c'était monsieur Mago. Il était toujours mieux de la recherche pratiquement au Portugal et il était comme moi, j'étais commissaire. C'est avec lui que j'ai dialogué. Mais la Belgique était ridicule. Ils ont quand même fait un aménagement pour être annuel maintenant

(... son inaudible de l'enregistrement)

Alexis Michielsens

Et super cher.

Philippe Busquin

Et maintenant l'hydrogène, on ne le voit pas tellement pour la voiture individuelle en avoir plus comme vecteur énergétique d'avoir.

Alexis Michielsens

Ouais, tout à fait. Justement, en parlant de ça, dans quel secteur ou dans quelle industrie ? Est-ce que vous voyez l'hydrogène comme ce qui aurait un haut potentiel pour l'hydrogène ?

Philippe Busquin

Disons normalement, on aurait pu en avoir dans le transport, mais dans le transport, pas nécessairement la voiture individuelle. Il y a les trains aussi, il y a déjà il le combat dans le transport mais pas dans celui de masse. Enfin, pour le moment, disons le, c'est l'électricité, le Matrix pour la voiture individuelle alors que j'avais dit en 2004 moi j'ai déjà oublié dans une Toyota à l'hydrogène Économiquement, industriellement, ce n'est pas mais alors c'est surtout maintenant pour l'énergie comme disons vecteur énergétique pour les renouvelables, pour ceux qui disons le renouvelable, on produit de l'hydrogène et à ce moment-là on utilise l'hydrogène d'abord comme combustible un peu, mais plutôt après pour faire des piles combustibles et dans certaines industries, je crois qu'il y a aussi l'intérêt de l'hydrogène. Vous avez ici c'est véhicules électriques hein.

Alexis Michielsens

Qui arrive tout à fait. Ouais, je vois bien.

Philippe Busquin

Ça c'est très peut-être intéressant que vous interrogiez Parano Lucie, Hein ?

Alexis Michielsens

Ouais, tout à fait.

Philippe Busquin

Ses projets ont prouvé que les fois elles ont su opérer avec la même flexibilité que le diesel- bus sans compromettre la productivité. C'était pas tout à fait prêt parce que moi j'ai financé aussi à Bruxelles à bus à hydrogène en 2003 2004 mais ça a pas tellement bien marché parce que le problème c'est avec les conditions climatiques, le froid tu sais c'est c'est difficile à variation climatique était un problème. Dans l'accord fusion, il y avait des 22030 50. Ceci, c'est à 2016, 2017. Ca a été renforcé par les accords de Paris.

Les accords de Paris, ça c'est important que vous mesuriez ça. Les accords de Paris qui obligent disons à une réduction du CO2 un point positif de l'hydrogène ? Ca, ça relance, c'est l'hydrogène comme un élément de la solution. Et donc ici, vous voyez à moi à long terme. Pour 2050, on pense que décarboner décarboniser les énergies, ça passe par l'hydrogène.

(partie inaudible)

Philippe Busquin

C'est surtout tout ce que l'Europe avait apporté comme moyen.

Alexis Michielsens

En je voulais dire moyens financiers comment ? Moyens financiers.

Philippe Busquin

Oui, bien sûr, des recherches et moyens financiers.

Alexis Michielsens

111 milliard par an.

Philippe Busquin

Parce que, désormais ma recherche recherche dans les entreprises aussi hein. Donc il faut-il y a des projets de recherche qui soient montés par les principales entreprises européennes des hydrogènes. Mais à l'époque c'était Air Liquide.

Alexis Michielsens

Ok et. Oui, oui, bien sûr, qui poussait énormément.

Alexis Michielsens

Ouais, c'est ça. J'ai encore une petite une petite question, , est-ce que est-ce que Parmi ces entreprises, donc toutes les entreprises de la chimie, vous avez la chimie, est-ce que vous savez lesquelles utilisent des l'hydrogène ou des dérivés de l'hydrogène dans leurs activités ?

Philippe Busquin

(...) Je les avais poussée à faire ça parce qu'ils devaient faire une recherche sur les membranes. Donc pour les piles à combustible le problème c'est les membranes et à l'époque se levait avec une usine en Italie qui était à la pointe.

Philippe Busquin

Avec Léopold de Midlet, je pense, je ne sais plus très bien son postemps j'en ai parlé avec les gens de Solvay d'époque. Bien, c'est oui ça, si, si, Solvay se lançait il doit en avoir d'autres liquides. Bien entendu. Ils cherchaient pour le domaine des transports

Alexis Michiels

Tout à fait pour pour certaines applications de de l'industrie. Aussi, je pense.

Philippe Busquin

Alors ici, maintenant aussi, c'est que vous devez savoir, c'est Cockerill.

Alexis Michiels

Ouais John ? Il fabriquait des grosses électrolyseurs ?

Philippe Busquin

C'est un *****. Oui, c'est ça. Et ils font des électrolyseurs et ils veulent en construire un. Maroc aussi, mais. Et les Marocains étaient intéressants aussi parce que il y a aussi la production d'ammoniaque, qui est un Dérivé de Or

Alexis Michiels

OK, et bien donc je me demandais, on va parler des électrolyseurs, c'est quoi les technologies électrolyseurs principales qui vont qui sont le plus susceptibles de percer pour pouvoir produire de l'hydrogène ?

Philippe Busquin

Ah ça c'est juste pas la clé d'aujourd'hui, il y a, il y a des développements. Électrolyseur de plus en plus. Parce que des électrolyseurs, c'est donc pour à partir de de l'électricité crier des délirogène et donc le poids c'est toujours ces questions des membranes hein, des pour les électrolyseurs et donc là c'est de la chimie de poète et il y a une cockerill maintenant.

Alexis Michiels

Ouais, tout à fait. Le jeu.

Philippe Busquin

Philippe Busquin

De toute façon, c'est peut-être pas mauvais d'essayer d'avoir un contact avec eux. Et si même si vous rencontrez Pavie Bug, vous pouvez rencontrer quelqu'un du je crois que c'est très intéressant quand même que vous les rencontriez.

Alexis Michiels

Vous avez abordé la sensibilisation et l'acceptation de de du public d'un de cette nouvelle technologie de l'hydrogène.

Philippe Busquin

L'hydrogène ? Oui, oui, un peu. Parce que, à l'époque, il y a toujours eu une certaine réticence sur ça. J'avais développé moi aussi à la Commission européenne un volet sciences et sociétés. Oui, et donc dans ce volet, on organisait des conférences, mais on en a pas fait vraiment spécifiquement sur

l'hydrogène, mais on a quand même dans certains débats, disons le risque hein, le principe de précaution hein. Donc ça c'était comment appliquer intelligemment le principe de précaution ? Principe de précaution. C'est la pire et la meilleure des choses, c'est la, si c'est, c'est si c'est appliqué d'une manière aveugle.

Alexis Michiels

Ce que vous pouvez me rappeler en quoi ça ?

Philippe Busquin

Consiste le principe des précautions, c'est de partir de l'idée que toute nouvelle technologie tu vas essayer de voir auparavant, on voyait uniquement ça sur le. L'aspect, disons lieu de travail, c'était la protection, par exemple, grand-père suis Solveig et ça, ils avaient des systèmes de de de, disons, de des principes de précautions. Ça s'appelait pas principe de précaution, mais ça s'appelle la sécurité, et cetera. Le lieu de travail. Mais alors à partir de des années 2000, s'est développé ce concept dans du principe de précaution qui est un principe de qui a été développé par un philosophe allemand qui s'appelle Anne. Ce Jonas, Anne Jonas a développé cette idée qu'on ne pouvait pas mettre en. C'est de là que les. Parti nucléo. J'ai réussi parce que depuis pas mettre en en péril des générations futures, moi n'était plus simplement le lieu de travail, c'était le fait que la technologie peut modifier les conditions d'une manière libre, irréversible. Ce bas du principe de précaution, par exemple, qui on freine de développement des OGM, et cetera. Donc y a sur le principe de précaution le danger qui a c'est que si j'ai vu le prenais à la lettre, c'est à dire qu'il y a. Les principales années, c'est dans le doute abstient toi. Mais ça, ça ne va pas, ça se fait dans une vision. Un peu négatif du principe de précaution que bon politiquement, les écologistes utilisent beaucoup, mais disons ça c'est pas le bon, c'est pas pour moi en tout cas. Et pour monsieur, Monsieur typique, et cetera, c'est pas le bon usage, le bon usage, c'est que dans le. Du fait davantage de recherche. Fais davantage de recherches pour voir et cetera si il y a des effets, et ainsi de suite, donc par exemple un des des domaines en Europe où il y a eu le le problème, c'est les nanotechnologies, donc dans les nanotechnologies, certains basant sur le principe de précaution, ne voulaient pas qu'on les développe. Et donc là on a on organisé des formes citoyens un peu partout à l'époque sur les nanotechnologies. en France, c'était très difficile. Maintenant c'est c'est devenu un **** passif, les OGM. C'est la même chose et donc ça c'est suite appeler le rapport Sciences et société. Et pour l'hydrogène, le. Euh, la grosse critique, c'était le racket d'explosion.

Alexis Michiels

Le risque d'explosion ? Ouais.

Philippe Busquin

Donc ça, c'était la critique, enfin, disons de de l'hydrogène, c'était risque d'explosion.

Alexis Michiels

Ouais, et ce qu'il y avait d'autres d'autres éléments de critique qui revenaient.

Philippe Busquin

Si la production des tranchées disons comment production d'hydrogène. J'avais beaucoup de transformation et oui c'est ça. Donc là c'était le principal truc qui est donc c'est pas le comment dirais-je. Ce n'est qu'avec peur. Je sais pas, j'ai pas une source d'énergie donc il faut-il faut bien

mesurer, il est bon dans certains cas il est pas nécessairement, il peut pas être extrapolé d'une meilleure preuve, c'est pour la voiture individuelle, c'est très difficile.

Alexis Michiels

C'est du gaspillage, de la perte, tout à fait.

Il y a des vous avez connaissance de certains Un membre qui sont qui ne sont pas en faveur du développement de l'hydrogène en Union européenne ou pas en faveur, mais qui sont neutres à ce développement qui ne. Le poussent pas.

Philippe Busquin

Certainement, mais ça, ça, c'est clair qu'il y a toujours de l'Union européenne pour le moment et quand même divisé un peu entre les produits et les pays qui ont un potentiel industriel et de recherche très important et certains nouveaux États membres. Qui qui n'ont pas du tout ça. Hein ? Disons que. Mais de là à dire que qui sont négatifs ne pense pas, j'ai.

Alexis Michiels

Regarde, non, elles sont, mais plutôt neutres alors.

[Fin de l'enregistrement inaudible]

8.3.6. Mauro Mallone, directeur général des incitations énergétiques au ministère italien de l'environnement et de la sécurité énergétique

Interview effectuée par Cisco Webex le 27 juillet 2023 à 14h30.

[Introduction]

Alexis Michielsens

So first, first of all, thank you very much for making some time for me. So, I'm a Belgium student at University Catholique de Louvain in Belgium. That's the biggest French speaking University of the country and I'm studying business engineering. So that's kind of management with science. For my master thesis I'm writing about the position of each of the Member States of the European Union, position about hydrogen. My goal is to predict a bit how will the hydrogen situation move within the European Union.

My first question is : what would be Italy's ideal vision for hydrogen?

Mauro Mallone

Perhaps you know the Italian Government is strongly committed in promoting the renewable hydrogen, also the production and the use in particular in the hard to abate industry.

Alexis Michielsens

What do you mean by renewable hydrogen?

Mauro Mallone

According to the definition of the rules provided by the European Commission, therefore, renewable hydrogen is hydrogen that emit no CO₂.

Alexis Michielsens

This would be only green hydrogen you mean? So, the Italian Government is strongly committed for green hydrogen?

Mauro Mallone

Yes, but Alexis, there is no possibility to open in other production modalities the hydrogen. Because the European Commission not permit to stimulate, to incentivize production of hydrogen that is not green.

Alexis Michielsens

OK, so, for example, hydrogen with carbon capture would not be possible to subsidize.

Mauro Mallone

At present, no. According to the European Union rules, you can incentivize only hydrogen produced by electrolysis, with renewable energy like gas, wind, solar and hydro. If you want to produce by biomass, it's not eligible for the incentives.

Alexis Michielsens

And it's not eligible, but what's Italy's standpoint toward, for example, blue hydrogen? Or hydrogen produced by biomass, as you just said it.

Mauro Mallone

OK, In the recent months, the Italian position is to support also the carbon capture technologies. But at present it is not possible to provide incentives. For example, we have two big investments in the Recovery Plan after COVID.

Perhaps you know that we have a huge amount of money, more or less €190 billion. And €3.6 billion is devoted to promote hydrogen. Two relevant investments in this field regards the promotion of the so-called hydrogen valleys, that produces renewable energy in the area. Not sure this is correct. Another big investment regards the production and the use of renewable hydrogen in the after paid industries. In both cases, we have the possibility to incentivize the production and the use of hydrogen, but only electrolytic hydrogen.

Alexis Michielsens

OK. You just mentioned the hard to bait sectors. To you, which are those sectors?

Mauro Mallone

Steel, iron, cement, glass, ceramic, paper.

In this case Alexis, the problem is the industrial processes use temperature above 600 degrees centigrade. In the case of glass is 1200 degrees centigrade. In this case is not possible to decarbonize utilizing electricity. You need to utilize a fuel such as hydrogen, also biomethane, for example in order to substitute the natural gas that is normally used.

Alexis Michielsens

OK. Talking about biomethane, what's the standpoint of Italy towards biomethane and also regarding hydrogen, what's the preference? Is the country more going for biomethane or hydrogen or first biomethane, then hydrogen? What's the plan?

Mauro Mallone

I think it's better that you repeat the question.

Alexis Michielsens

So, you just mentioned biomethane and my question was what's Italy standpoint towards biomethane?

Mauro Mallone

OK. So, in the recovery plan, we have relevant investments, more or less €2 billion in order to promote the production of biomethane. But the use of biomethane for us, for our ministry, is mainly devoted to the transport sector. To utilize biomethane blending with natural gas, in order to provide the fuels for the transport sector.

Alexis Michielsens

OK, I see. Do you see some hydrogen coming in the transport sector?

Mauro Mallone

Yes, of course. The main application of hydrogen is of course hard to abate also in the transport sector.

Alexis Michielsens

And what kind of transportation?

Mauro Mallone

Mainly the public transportation. We have some examples in Bolzano, in north of Italy, there is already a fleet of bus filled with green hydrogen.

Alexis Michielsens

And, for example, I don't know about cars or heavy duty mobility or aviation maritime?

Mauro Mallone

At present, the main application is related to the public transportation. In the future, the hydrogen is a good vector in order to provide fuels for the air transportation many time but, at present, the main application concerns the local public transport.

Alexis Michielsens

OK, I see. So, the goal would be to keep biomethane on one side and hydrogen on the other side? I mean, for Italy in the future, what would happen is to use on, one side, biomethane and, on the other side, hydrogen.

Mauro Mallone

I believe that the more important is the use of hydrogen because as you perhaps know, the in 2035, we have to stop with the production of thermal engine cars. There is a direct discussion with the European Union from our side from, particularly from the Italian side, to maintain the opportunity to produce thermal engine cars. Also, after the 2035, utilizing the biomethane as a fuel. But the position of the European Union is not the same of the Italian position. They prefer the electro fuel, in particular the use of hydrogen.

Alexis Michielsens

OK. Yes, I see. And so, when negotiating on the European level, what are the other Member States that are sharing Italy's standpoint on hydrogen? Which are the other Member States?

Mauro Mallone

Yes, the Member States that support biomethane? If I remember well, Spain is in favor of to use the biomethane.

Alexis Michielsens

OK. Yes, I see. And I was wondering what's the relationship between the public powers, so government of Italy, with the private sector, so concerning hydrogen. What's the influence of private company on governmental policies?

Mauro Mallone

From the private sector, at present the problem is the production cost of hydrogen that is too high, again, that the production of grey hydrogen. The private sector is open to substitute the production of grey hydrogen with the renewable hydrogen, but if the Italian Government provides incentives to cover the gap. Because grey hydrogen costs more or less 2.5 euro a kilo and in the better situation it is difficult to produce hydrogen below 6-8 EUR a kilo. The private sector is open to start with the decarbonization, but if Italian government provide the €5 to cover the gap between the cost of grey hydrogen with the renewable hydrogen.

Alexis Michielsens

And what does the Italian private sector think about biomethane?

Mauro Mallone

Making the transportation sector that is the enterprise that can utilize the biomethane. And also, a very relevant enterprises that at present produce biogas. We have a lot of plants in Italy that produce biogas, that, at present, are utilized to produce electricity. Our intention is to stimulate the change to convert biogas production plants in biomethane production plants. €2 billion is just devoted to build new biomethane production plants, but also to convert the existing biogas used in the electricity production in order to produce biomethane that is possible to utilize directly in the transportation sector, but also to put in blending with the national gas.

Alexis Michielsens

OK. But what's the difference between biomethane and biogas? Because to me biomethane was the type of biogas.

Mauro Mallone

It's the same family, but you can use directly biogas in thermal engine. Also you can blend directly bio gas in the natural gas pipeline.

Alexis Michielsens

OK, makes sense.

Mauro Mallone

There is a purification process. Biogas is dirty.

Alexis Michielsens

OK. Yes, I see. Thank you. It's way clearer now. And so, the company producing a lot of biogases now it's any?

Mauro Mallone

There are a lot of small producers, particularly in the north of Italy. Every food enterprises have also a business of production of bio gas.

Alexis Michielsens

OK, I see but so biomethane would only be for electricity production and for transport section. Why not hard to bait industry?

Mauro Mallone

At present, no. The possibility exists to use biomethane in the appropriate industry, but at present is not. There are no applications.

Alexis Michielsens

OK, I see. And so, as you told me, another country supporting biomethane, it's Spain. Any other country?

Mauro Mallone

Perhaps Greece, but they're not sure. I can ask to a colleague that followed directly the biomethane that knows better than me the situation in this field.

Alexis Michielsens

It would be really super useful to know more about biomethane. So, I heard that Italy hydrogen strategy is not ready. How does that come?

Mauro Mallone

Italy has a strategy that was defined in 2021. As a matter of fact, is not a strategy, but it is the guidelines for strategy in the development of hydrogen and they are a very ambitious guidelines, ..., perhaps we have already talked about a target of 0.7 megaton of renewable hydrogen in 2030. It's not a secret. But we have prepared, as the other Member States, the upgrading of national energy and climate plan, that we have presented to the Commission just one month ago and in this document, we have put as a target in 2030, 0.3. Megatons of renewable hydrogen.

Alexis Michielsens

OK so.

00:23:30 Mauro Mallone

Half target respect to the guidelines of the strategy.

Alexis Michielsens

So, what Italy submitted to the European Commission is half of the first objective?

00:23:45 Mauro Mallone

No. We have the guidelines for the hydrogen strategy. In 2021 was prepared OK. At present we have upgraded non strategy. We are upgrading the national energy and climate plan in this document. OK, the target is 0.3.

Alexis Michielsens

OK.

00:24:13 Mauro Mallone

Right.

Alexis Michielsens

And how does that come that it's not aligned?

Mauro Mallone

Schools Alexis.

Alexis Michielsens

Yeah. How does that come that it's not the lines, that's the guidelines, it's 0.7 and the national energy and climate plan. It's 0.3.

Mauro Mallone

OK, correct.

Alexis Michielsens

And why is it not the same?

Mauro Mallone

The guidelines is document that regarded the intention of the of our country to reach a target in 2030. The National Energy plan is. Is binding is OK?

00:25:17 Alexis Michielsens

OK, I see. So it's a bit less ambitious, so yes, yes. OK, OK, I I got it.

Mauro Mallone

Alex's question. This is my opinion. All the major economies, OK. Also, the European Commission, the target related to the development, the hydrogen is very, very ambitious. It's not possible to achieve that, OK. This is my opinion.

Alexis Michielsens

OK.

Mauro Mallone

Quite sure. OK, it's not possible to produce 10 megatons or hydrogen green hydrogen in 2013 the.

Alexis Michielsens

Member States. OK. Yes, that's true. It's very it's very ambitious and so are there some so at European level are there some other countries besides Italy that's fine, that's this objective is too ambitious.

Mauro Mallone

For me, yes, yes, there are. The objective is very, very ambitious, but because the. The answer is quite easy, OK if you. In order to produce. 1K of hydrogen needed 8912 EUR kilo. It's not possible there. There is not demand, OK, otherwise you subsidize. OK, the industry. Otherwise, the English it is. Not possible to substitute the grey. Hydrogen or the gas natural gas with the hydrogen. The cost is too high.

Alexis Michielsens

OK, I see. And so that's the reason why there is a use for biomethane because it's cheaper.

Mauro Mallone

Yes. But Alex, I. I don't want to give you up. Wrong message. The hydrogen is a very good vector. There is a very important role in the carbonization. OK in particular in the art of it. But the process should be more. Slow. Slower. OK. Respect to the target fixed by the major economies. I I can't give you an example. Perhaps you. Know that that. The European Commission should be starting with the hydrogen Bank that provide incentives OK to produce hydrogen, OK.

00:28:37

OK.

Mauro Mallone

They're seeing the top of their country. The South side is €4.00 for kilo, OK. Is not easy. We have answer to the public consultation also the. Industrial Association this is not possible to. Is is not. Competitive, OK, they either hydrogen production with only a subsidy of €4.00 for kilo.

Alexis Michielsens

It's not enough.

Mauro Mallone

No, it's not enough.

Alexis Michielsens

OK. And so Italy do, does the country would like to see to be able to subsidize blue hydrogen, for example?

Mauro Mallone

We are studying at present. Possibility to subsidize to incentivize the carbon capture and storage.

00:30:16 Alexis Michielsens

OK. So that that would be an option in order to produce to produce low carbon hydrogen at lower price? OK. OK, good.

Mauro Mallone

Until with the previous government is. Against the CCS technologies, now the situation is changing. OK, there is. Openness regarding the other technologies in in order to promote the carbonization optional after the decision, the Italian decision.

Alexis Michielsens

OK.

00:31:06 Mauro Mallone

To stop the nuclear production now is a discussion to reopen, OK. In order to promote also the electricity production with the nuclear technology.

Alexis Michielsens

OK. And so maybe also hydrogen protection with nuclear electricity?

Mauro Mallone

Why not? Yes, of course.

Alexis Michielsens

OK, OK. Makes sense. And so concerning sustainable fuel, what would be the role for Italy of hydrogen in sustainable fuel?

Mauro Mallone

Repeat please, Alexis.

Alexis Michielsens

So, with hydrogen we can of hydrogen or with its derivative derivatives we can manufacture sustainable fuel, and I was wondering what's the standpoint of Italy, about those renewable fuels?

00:32:24 Mauro Mallone

The starting point.

00:32:25 Alexis Michielsens

The standpoints what does Italy thinks about this?

Mauro Mallone

Sorry I can't understand.

Alexis Michielsens

No, worries. So, with hydrogen, we can manufacture some sustainable fuel like fuels. And I was wondering what does Italy think about e fuels?

Mauro Mallone

A few words. OK, this is also another opportunity that is very interesting. We have a few enterprises very interesting in. You'd use hydrogen in order in order to produce electric fuels, OK.

Alexis Michielsens

And in those companies, those enterprise they're in which sectors?

Mauro Mallone

At present, there are enterprises. Involved in the Gray hydrogen production.

Alexis Michielsens

OK, so add more energy sector.

Mauro Mallone

Yes, yes.

Alexis Michielsens

OK, interesting. So, the goal would be to produce E fumes with Gray hydrogen or with blue hydrogen.

Mauro Mallone

Both at present there is a project that is related to use green hydrogen in order to produce electric fuel. But there is also projects that in the pipeline, Alexis, it's not project implemented then OK that use also the carbon capture storage technologies in order to produce electric.

Alexis Michielsen

OK. Thank you very much. I I think, yeah, I asked all my my question. I am. OK. Thank you very much. I it it would, yes.