

<https://energies.airliquide.com/fr>

Direction de la Communication
media@airliquide.com

Copyrights @HyBalance @AirLiquide @ThomasCortesi @2020 ESA-CNES-ARIANESPACE /
Optique vidéo du CSG - G BARBASTE @leuropeveduciel.com @AdrienDaste

DOSSIER DE PRESSE

AIR LIQUIDE ET L'HYDROGÈNE EN FRANCE





Sommaire

Edito - Notre futur se conjugue au présent	p. 3
Halte aux idées reçues !	p. 4
Sécurité	p. 6
Recherche & Développement	p. 8
1. AIR LIQUIDE : PIONNIER DANS L'HYDROGÈNE	p.10
1.1 Retour sur 50 ans de réalisations françaises	p. 12
1.2 Pas de transition énergétique sans hydrogène	p. 14
1.3 La production d'hydrogène en France « made by Air Liquide »	p. 16
2. L'HYDROGÈNE AU COEUR DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE	p.20
2.1 L'hydrogène, un vecteur d'énergie	p. 22
2.2 L'hydrogène, une matière première pour l'industrie	p. 24
3. L'HYDROGÈNE, LA NOUVELLE ÉPOPÉE DE LA MOBILITÉ FRANÇAISE	p.28
3.1 La décarbonation du secteur de la mobilité, un véritable challenge	p. 30
3.2 Qu'est-ce qu'une pile à combustible ?	p. 32
3.3 L'hydrogène pour décarboner la mobilité individuelle	p. 34
3.4 L'hydrogène au service de l'aéronautique	p. 36
3.5 L'hydrogène, clé pour le transport de marchandises	p. 38
Synthèse : de la production à l'usage	p. 41
Air Liquide et l'hydrogène en France : les chiffres clés	p. 42
En savoir plus sur l'hydrogène grâce à « CH ₂ ange »	p. 43

Edito

Notre futur se conjugue au présent



Erwin Penfornis

Group VP H2 Energy
World Business Line

« En tant que pionnier de l'hydrogène depuis plus de 50 ans, Air Liquide est engagé dans le déploiement de l'hydrogène comme vecteur d'énergie propre et durable. Le Groupe est notamment cofondateur du Conseil mondial de l'hydrogène et œuvre activement à la construction d'un écosystème hydrogène et au déploiement de projets à grande échelle.

Face aux enjeux de la transition énergétique, nous sommes convaincus de la pertinence de l'hydrogène comme solution compétitive pour la décarbonation de nombreuses applications dans les secteurs de l'industrie, de l'énergie et de la mobilité. À ce titre, les engagements du Groupe sont forts : une capacité totale d'électrolyse de 3 GW d'ici à 2030, 8 milliards d'euros d'investissements dans la chaîne de valeur de l'hydrogène bas carbone d'ici 2035, la neutralité carbone d'ici 2050.

« En France, les investissements d'Air Liquide sont massifs et plusieurs projets sont en cours, à la fois pour la décarbonation des installations existantes et pour la création d'une nouvelle unité de production d'hydrogène renouvelable en Normandie.

Les pouvoirs publics ont décidé d'accompagner l'essor de la filière hydrogène, créatrice de valeurs et d'emplois – estimés à plus de 150 000 en France à horizon 2050. Les plans et les investissements récemment dévoilés par l'Union européenne et le gouvernement français, ainsi que la création, en France, du Conseil national de l'hydrogène constituent une première étape décisive.

Cette révolution industrielle est déjà amorcée, nous devons avec l'ensemble des acteurs de la filière nous unir pour promouvoir l'hydrogène comme élément clé de la transition énergétique. Notre futur se conjugue au présent !

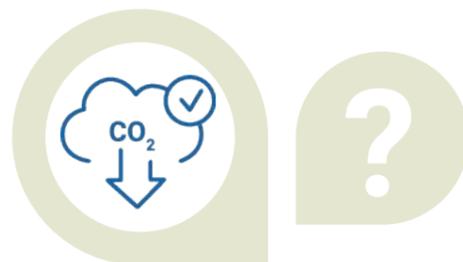


Nicolas Droin

Directeur Général
Air Liquide
France Industrie

Halte aux idées reçues !

L'hydrogène est-il vraiment un gaz propre ?



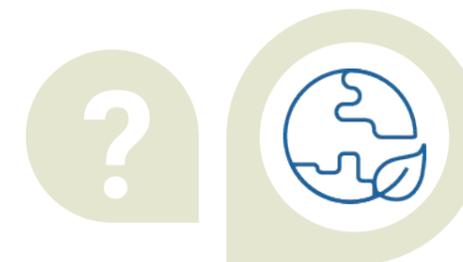
Il existe plusieurs manières de produire de l'hydrogène renouvelable et bas carbone.

La réussite de la transition énergétique nécessitera une combinaison de solutions incluant la construction de nouvelles unités de production par électrolyse à partir d'énergie renouvelable, mais aussi des solutions plus immédiates et pratiques telles que l'optimisation des actifs existants et la mise en œuvre de solutions de capture et d'utilisation ou de stockage du carbone.

Air Liquide confirme ses engagements ambitieux pour réduire l'empreinte carbone associée à la production d'hydrogène. Le Groupe a récemment annoncé investir environ 8 milliards d'euros d'ici à 2035 dans la chaîne de valeur de l'hydrogène bas carbone.

Halte aux idées reçues !

L'hydrogène n'est-il pas dangereux ?



L'hydrogène est utilisé de manière courante et depuis des décennies dans de nombreuses applications avec un taux d'incident inférieur aux énergies "traditionnelles"¹.

Ce vecteur d'énergie est non toxique, non corrosif, non polluant et sans effet toxicologique connu, il est non cancérogène. Concernant son utilisation, comme tous les gaz l'hydrogène doit être encadré et manipulé avec précaution. Seul, l'hydrogène ne s'enflamme pas dans des conditions normales d'utilisation.

Le Groupe Air Liquide a développé une expertise de plus de 50 ans dans la production et la manipulation de ce gaz.

¹ Taux d'accident EIGA (European Industrial Gases Association) vs taux d'accident de l'industrie



Sécurité

CHEZ AIR LIQUIDE, LA SÉCURITÉ DE NOS CLIENTS, DE NOS COLLABORATEURS ET DE L'ENSEMBLE DE NOS PARTIES PRENANTES EST AU CŒUR DE NOTRE ADN.

Air Liquide a développé une expertise reconnue dans la sécurité et la maîtrise des risques industriels et contribue activement à la **mise en place d'un cadre réglementaire** notamment pour la conception et l'exploitation des stations de distribution d'hydrogène, en collaboration

avec les pompiers, les autorités françaises et les associations professionnelles.

Le Groupe a notamment participé au programme **Hyresponse**, plate-forme européenne de formation à la sécurité de l'hydrogène afin de faciliter un déploiement sûr des systèmes et de l'infrastructure.



Dans ce cadre, Air Liquide a contribué en France à la création du **pôle pédagogique de l'ENSOSP** (Ecole Nationale Supérieure des Officiers de Sapeurs-Pompiers) à Aix-en-Provence, doté d'une plateforme dédiée à la prévention en matière de risque hydrogène avec un cursus à destination des services d'incendie et des acteurs de la filière hydrogène. Le Groupe est également impliqué dans le projet **HyTunnel-CS**, dont l'objectif est de rendre les transports sûrs grâce à des recherches sur la sécurité des

véhicules à hydrogène et le transport à travers des tunnels et des espaces confinés, comme les garages souterrains par exemple.

La R&D du Groupe étudie depuis plusieurs années les risques de l'hydrogène à très haute pression, notamment dans le cas d'équipements situés en espace confiné.

Les équipes Air Liquide ont ainsi développé une connaissance pointue des matériaux et équipements, ainsi qu'une capacité à modéliser les phénomènes afin d'anticiper les conséquences d'un événement adverse.





Recherche & Développement

LA R&D EST AU COEUR DE LA STRATÉGIE D'INNOVATION DU GROUPE. ELLE ANTICIPE ET RÉPOND AUX DÉFIS SOCIÉTAUX ET AUX BESOINS DE SES CLIENTS. POUR CELA, ELLE S'APPUIE SUR SON EXPERTISE DES MOLÉCULES ESSENTIELLES ET SUR SES CINQ CAMPUS INNOVATION DANS LE MONDE, DONT LE CAMPUS INNOVATION PARIS AUX LOGES-EN-JOSAS (YVELINES).



La R&D intervient ainsi sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène, de la production à l'usage final. Les équipes sont par exemple intervenues sur l'optimisation de la production d'hydrogène dans le cadre du projet HyBalance, sur le site de Hobro au Danemark (technologie de l'électrolyse). Les campagnes de tests et le suivi d'opérations réalisés par la R&D ont démontré la flexibilité de fonctionnement des électrolyseurs, ce qui permet de fournir de l'hydrogène bas carbone pour l'industrie et la mobilité, tout en participant aux services d'équilibrage du réseau électrique.

Dans le contexte de la transition énergétique et de l'essor des nombreux marchés industriels de l'hydrogène, le défi actuel est de **fournir de l'hydrogène à des prix compétitifs et à partir de procédés peu émetteurs de gaz à effet de serre.**

Pour la R&D, il s'agit de comprendre les défis engendrés par cette évolution dans les technologies de production, de développer et de tester des solutions afin d'évaluer et d'optimiser leurs performances et enfin d'accompagner les clients dans le déploiement de ces innovations.



installations par exemple (détection précoce des défauts, surveillance intelligente, méthodologies prédictives).

Les équipes R&D ont ainsi contribué au projet HYINDOOR qui portait sur l'utilisation sûre des systèmes à hydrogène et à piles à combustible en intérieur (chariots élévateurs à hydrogène pour entrepôts logistiques, alimentation de secours pour les banques, datacenter, ambassades, stations de ravitaillement, etc.). **Elles participent également au projet PRESLHY**, une recherche prénormative pour l'utilisation sûre de l'hydrogène liquide cryogénique (développement des connaissances existantes en termes d'évaluation des risques, normes et réglementations notamment). Ces projets font partie des projets financés par la Commission européenne.

Sur le volet de la sécurité, primordial au développement des marchés de l'hydrogène, les équipes R&D sont ainsi mobilisées sur la définition des normes, standards, barrières de mitigation (ventilation, systèmes de surveillance) et bonnes pratiques permettant de sécuriser les installations. L'expertise R&D porte notamment sur le conseil, le support technique lors de la mise en opération ou encore la sélection des matériaux. Les équipes travaillent également sur la prévention, dans le contexte du vieillissement des

La R&D contribue au développement et aux efforts d'harmonisation des réglementations liées à la production et l'utilisation d'hydrogène dans le monde.



Air Liquide : pionnier dans l'hydrogène

1.1

Retour sur 50 ans
de réalisations
françaises

1.2

Pas de transition
énergétique sans
hydrogène

1.3

La production
d'hydrogène en France
« made by Air Liquide »

1.1

Retour sur 50 ans de réalisations françaises



1970's

Air Liquide accompagne les débuts de la fusée Ariane 1

1986

Construction d'une usine Air Liquide à Frais-Marais (Manche) pour la production d'hydrogène liquide

1988

Air Liquide devient l'un des principaux artisans du programme Ariane 5, création d'un site de production d'hydrogène à Kourou (Guyane) deux ans plus tard

2002

Axane devient une filiale à 100 % d'Air Liquide, création d'un centre d'essais à Sassenage (Auvergne-Rhône-Alpes) pour le développement de piles à combustible

2005

Air Liquide accompagne ses clients dans l'application des directives européennes relatives à la teneur en soufre des carburants grâce à ses sites de production d'hydrogène

2014

Construction de la première station hydrogène Air Liquide en France à Saint-Lô (Manche)

2015

Installation de la technologie Cryocap™ H₂ à Port-Jérôme (Normandie) pour la production d'hydrogène bas carbone

2021

Projet Air Liquide Normand'Hy pour la production d'hydrogène renouvelable par électrolyse - 200 MW (France)

2022

Mise en service de la première station hydrogène haute pression destinée aux camions longue distance en Europe à Fos-sur-Mer (Provence-Alpes-Côte d'Azur)

1.2

Pas de transition énergétique sans hydrogène

L'hydrogène est un élément clé de la **transition énergétique**. Ce vecteur d'énergie participe notamment à la croissance des énergies renouvelables intermittentes en servant de stock tampon. Il permet aussi de réduire les émissions de CO₂ liées à de nombreuses activités économiques et humaines aujourd'hui dépendantes des énergies fossiles.

L'HYDROGÈNE FAVORISE LE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES INTERMITTENTES



Permettre la production d'énergie et l'intégration des énergies renouvelables à grande échelle



Distribuer de l'énergie et assurer l'autonomie énergétique de régions insulaires ou isolées



Agir comme source d'énergie « **tampon** » pour augmenter la résilience d'un réseau électrique



L'HYDROGÈNE PERMET DE DÉCARBONER DE NOMBREUSES APPLICATIONS



Décarboner le transport avec l'usage de piles à combustible (voiture, camion, bus, bateau...)



Décarboner la consommation énergétique de l'industrie



Décarboner le chauffage des bâtiments en recourant à la cogénération électricité-chaleur



Servir de matière première décarbonée dans de nombreux procédés chimiques et industriels

1.3

La production d'hydrogène en France « made by Air Liquide »

DE NOMBREUSES RESSOURCES CONTIENNENT DE L'HYDROGÈNE, IL EXISTE NOTAMMENT DEUX FAÇONS DE LE PRÉLEVER.

CH₄ Le vaporeformage de gaz naturel

Le vaporeformage ou reformage à la vapeur est l'une des méthodes les plus utilisées à ce jour. C'est la plus économique mais la moins propre, raison pour laquelle il faut se tourner progressivement vers d'autres modes de production. Cette méthode consiste à séparer les atomes qui constituent le méthane (CH₄). Sous l'action de la vapeur d'eau on obtient de l'hydrogène d'une part et du dioxyde de carbone d'autre part. Ce dernier est ensuite capté et valorisé à travers différentes applications grâce à la **technologie Cryocap™ H₂**. L'hydrogène ainsi produit est qualifié d'hydrogène « bas carbone ».

Il est également possible d'utiliser du **biométhane** comme matière première. C'est un gaz 100 % renouvelable issu de la fermentation de matières organiques

telles que les déchets issus de l'industrie agro-alimentaire, de la restauration collective, les déchets agricoles et ménagers, ou encore les boues de stations d'épuration. Dans ce cas, l'hydrogène ainsi produit est dit « renouvelable ». Air Liquide utilise également ce procédé sur son site de Port-Jérôme.



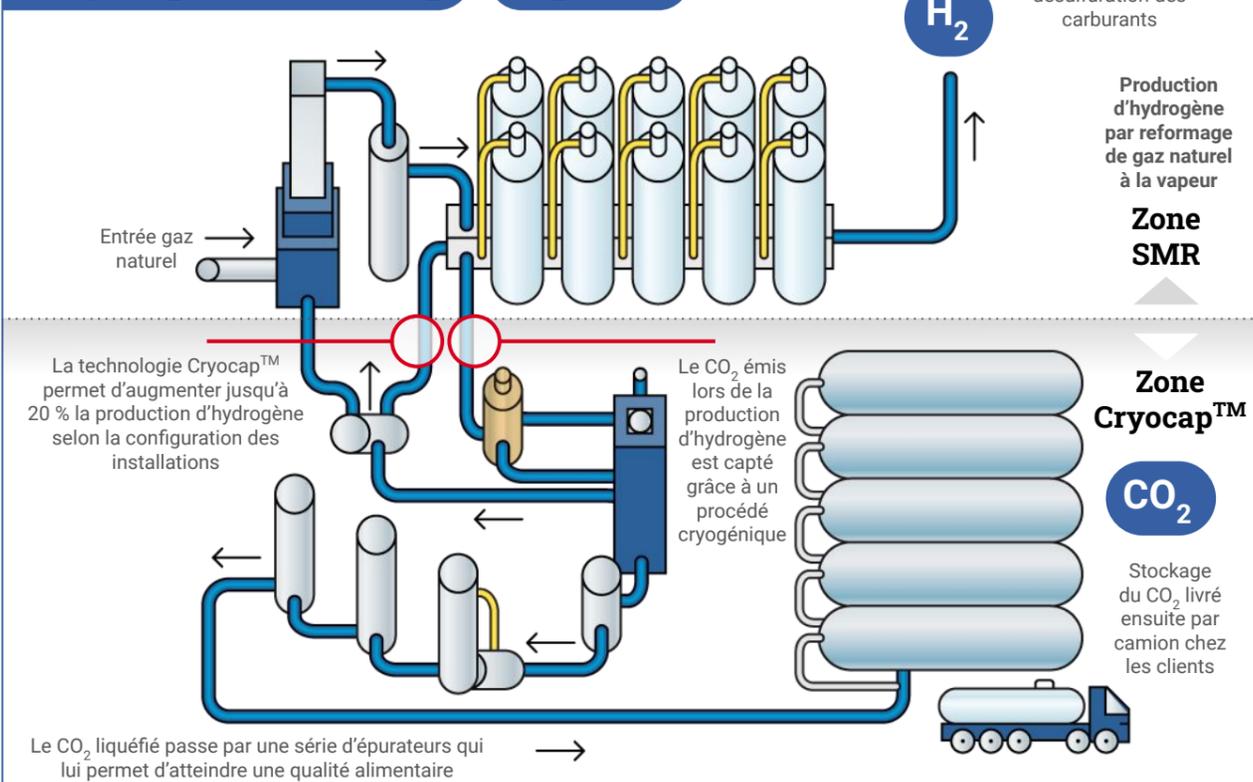
CRYOCAP™, UNE SOLUTION UNIQUE AU MONDE POUR CAPTER LE DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)



Air Liquide a mis au point un procédé unique au monde, la technologie **Cryocap™ H₂**, mise en service en 2015 dans la plus grande unité de production d'hydrogène d'Air Liquide en France, à Port-Jérôme-sur-Seine. Cette technologie permet de récupérer et d'isoler le CO₂ émis lors de la production d'hydrogène grâce à un procédé « cryogénique ». Ce CO₂ certifié de qualité alimentaire est ensuite stocké sous forme liquide

afin de répondre aux besoins d'approvisionnement continu nécessaire à différentes applications industrielles (carbonatation de boissons, surgélation, besoins agricoles...). En juillet 2021, Air Liquide a également annoncé, aux côtés d'autres acteurs majeurs du bassin industriel normand, travailler à la mise en œuvre d'une chaîne de captage et de stockage de CO₂, depuis leurs activités industrielles jusqu'au stockage final en mer du Nord.

Grâce à la technologie **Cryocap™ H₂**, la capacité annuelle de captage de CO₂ peut atteindre les 100 000 tonnes.



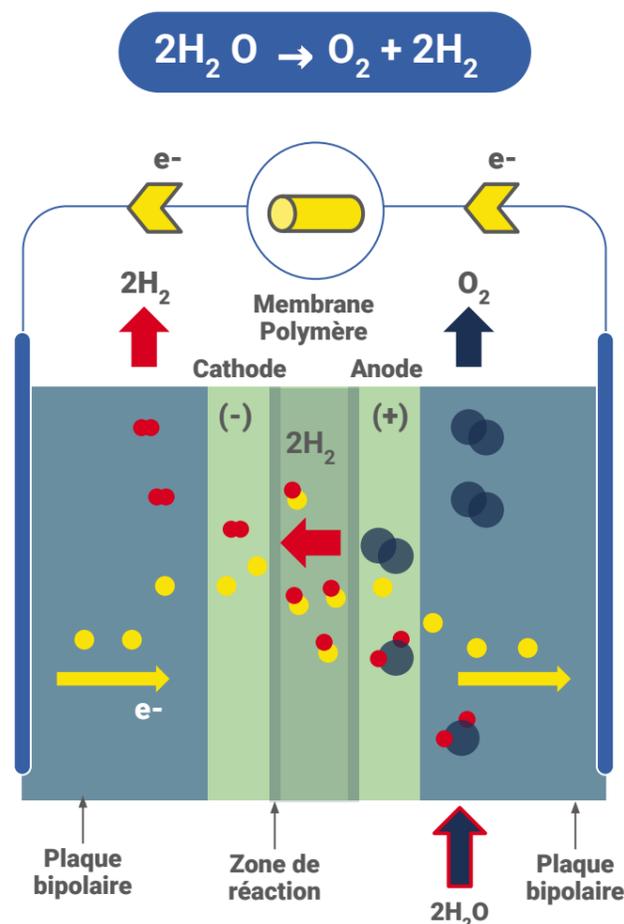
H₂O La production d'hydrogène par électrolyse de l'eau

La deuxième méthode de production la plus utilisée est l'**électrolyse de l'eau**.

L'électrolyse consiste à casser à l'aide d'un courant électrique les molécules d'eau (H₂O) et ainsi obtenir de l'hydrogène et du dioxygène.

Cette méthode n'émet pas de dioxyde de carbone et permet de produire de l'hydrogène dit « bas carbone ».

Il faut cependant tenir compte de la manière dont l'électricité est produite. Dans le cas où l'électricité est générée à partir de sources renouvelables (à l'aide d'éoliennes ou de panneaux solaires par exemple), l'hydrogène est alors produit sans aucune émission de gaz à effet de serre et est dit « renouvelable ».



Projet Air Liquide Normand'Hy

Le projet Air Liquide Normand'Hy a pour objectif de construire un électrolyseur à grande échelle d'au moins 200 MW pour la production d'hydrogène renouvelable en France.

Situé dans la zone industrielle de Port-Jérôme, le projet d'électrolyseur d'Air Liquide Normand'Hy fournira de l'hydrogène renouvelable pour des applications industrielles et de mobilité lourde. Ce projet, dont la mise en service est prévue en 2025, permettra d'éviter l'émission de plus de 250 000 tonnes de CO₂ par an. Air Liquide raccordera l'électrolyseur à son

réseau hydrogène en Normandie, ce qui contribuera au développement du premier réseau hydrogène bas carbone du monde. Ce projet est une pierre angulaire de l'écosystème de décarbonisation qu'Air Liquide est en train de mettre en place aux côtés d'autres acteurs industriels majeurs sur l'axe de la vallée de la Seine.

Air Liquide s'est associé avec Siemens Energy pour développer des électrolyseurs de grande capacité.

Début 2021, Siemens Energy et Air Liquide se sont associés afin d'unir leurs expertises dans la technologie de l'électrolyse à Membrane Échangeuse de Protons (PEM), et produire de l'hydrogène de façon durable.

Cette coopération est soutenue par les gouvernements français et allemands dans le but de créer un écosystème européen des technologies de l'électrolyse et de l'hydrogène.

De gros projets hydrogène, en vue d'un déploiement à échelle industrielle d'électrolyseurs de grande capacité, ont déjà été identifiés.

C'est tout particulièrement le cas du projet Air Liquide Normand'Hy.

Les deux entreprises ont pour objectif de collaborer dans les domaines suivants : la co-crédation de projets à grande échelle dans la filière hydrogène en collaboration avec des clients, la production industrielle d'électrolyseurs en Europe, notamment en Allemagne et en France, et la Recherche et le Développement pour mettre au point ensemble la prochaine génération d'électrolyseurs.



Air Liquide a inauguré début 2021 à Bécancour, au Québec, la plus grande unité d'**électrolyseur à membrane** du monde.

Dotée d'une **capacité de production** inédite, le site permet de produire de l'hydrogène bas carbone à grande échelle.

D'ici 2030, Air Liquide entend porter sa **capacité totale** d'électrolyse dans le monde à **3 GW**.

OFFRE FLOXAL™

Air Liquide conçoit, installe et exploite des systèmes de production d'hydrogène gazeux sûrs, fiables et efficaces sur les sites de ses clients.

CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT

L'hydrogène produit sur les sites Air Liquide est livré chez nos clients de différentes manières : transport de la molécule par canalisation ou livraison par camion sous forme liquide ou gazeuse.





L'hydrogène au cœur de l'industrie française

2.1

L'hydrogène,
un vecteur d'énergie

2.2

L'hydrogène,
une matière première pour
l'industrie



2.1

L'hydrogène, un vecteur d'énergie

CONTRIBUER À RÉDUIRE L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DE L'INDUSTRIE EST AU CŒUR DE LA STRATÉGIE D'AIR LIQUIDE. LE GROUPE EST PLEINEMENT MOBILISÉ POUR ACCOMPAGNER SES CLIENTS INDUSTRIELS DANS LA RÉDUCTION DE LEURS PROPRES ÉMISSIONS, EN DÉVELOPPANT DE NOUVELLES TECHNOLOGIES ET EXPERTISES.



L'hydrogène joue un rôle croissant dans le stockage et la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables. Il permet de stocker et de transporter efficacement l'énergie renouvelable sur de longues distances.

D'ici 2030, 250 à 300 TWh* (plus de 8 fois la consommation annuelle de la ville de Paris) d'électricité renouvelable excédentaire pourraient être stockés sous forme d'hydrogène pour être utilisés dans d'autres segments.

* Hydrogen Council, Path to Hydrogen Competitiveness: A Cost Perspective, 2018

En outre, 100 à 200 TWh d'électricité pourraient être générés à partir d'hydrogène dans les grandes centrales électriques pour accompagner la transition vers un système d'électricité renouvelable.

Dans la sidérurgie, l'usage de l'hydrogène - en remplacement partiel du charbon dans les hauts fourneaux ou en remplacement du gaz naturel dans le procédé de réduction directe du minerai de fer - contribue à la décarbonation de la production d'acier.

L'hydrocombustion dans le marché du verre permet de remplacer partiellement le

gaz naturel par de l'hydrogène.

Dans le spatial, l'hydrogène sert de carburant pour les lanceurs spatiaux.

L'hydrogène peut aussi servir à la production de chaleur et d'électricité pour les bâtiments et l'industrie. De faibles concentrations d'hydrogène (de 10 à 15 % du volume) pourraient être injectées aux réseaux publics de gaz naturel sans qu'il soit nécessaire de moderniser les infrastructures. Le processus a déjà commencé et pourrait se développer d'ici 2030, avec l'équivalent de plus de 5 millions de foyers connectés à un tel réseau.





2.2

L'hydrogène, une matière première pour l'industrie

L'HYDROGÈNE PEUT ÊTRE UTILISÉ COMME MATIÈRE PREMIÈRE DANS LES PROCESSUS INDUSTRIELS DE NOMBREUX SECTEURS.



Le raffinage

Pour désulfurer les hydrocarbures c'est-à-dire réduire la teneur en soufre des carburants afin de diminuer les émissions d'oxyde de soufre.



La chimie

Pour produire, combiné au monoxyde de carbone, du méthanol nécessaire pour la production de matières plastiques et de polymères, dans les secteurs de l'aéronautique ou de l'automobile pour leurs procédés de traitement thermique.



Le soudage à l'arc

des métaux inoxydables.



L'alimentaire

Pour l'hydrogénation des sucres et la production des graisses alimentaires solides.



La verrerie

Pour la production de verre plat, de verre creux et des préformes en fibre optique.



La recherche et l'analyse

Comme gaz vecteur pour transporter la substance à analyser.



L'électronique

Comme gaz vecteur pour des applications diverses telles que la fabrication de composants électroniques.





Aider nos clients industriels à décarboner leur production



AIR LIQUIDE ET ARCELORMITTAL ONT SIGNÉ UN PROTOCOLE D'ACCORD POUR ACCÉLÉRER LA DÉCARBONATION DE LA PRODUCTION D'ACIER DANS LE BASSIN DE DUNKERQUE

Air Liquide et ArcelorMittal, client historique du Groupe, ont signé un protocole d'accord avec pour objectif la mise en place de solutions pour la production d'acier bas carbone à Dunkerque.

ArcelorMittal est prêt à installer sur son site de Dunkerque une **nouvelle unité innovante de production d'acier bas carbone**, combinant deux technologies de production dans des dimensions inédites à ce jour¹. Air Liquide soutiendra cette initiative stratégique à travers la fourniture massive d'hydrogène bas carbone et la mise en place de technologies de captage de CO₂. Ce projet permettra de **réduire les émissions annuelles de CO₂** des unités de production du site de production d'acier

¹ La réduction directe du fer (DRI) et le four à arc immergé

d'ArcelorMittal à Dunkerque **de 2,85 millions de tonnes d'ici 2030.**

Ce partenariat entre Air Liquide et ArcelorMittal est une première étape dans la création d'un écosystème à l'avant-garde de solutions impliquant l'usage d'hydrogène bas carbone et le captage de CO₂. Cet écosystème sera une **source de compétitivité et d'attractivité pour les différents acteurs du bassin industriel et portuaire de Dunkerque**, l'un des bassins historiques d'Air Liquide en France.

Air Liquide travaille en étroite collaboration avec ses clients industriels pour réduire leurs émissions de CO₂.

AIR LIQUIDE ET TOTALENERGIES S'ASSOCIENT POUR DÉCARBONER LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE SUR LA PLATEFORME DE TOTALENERGIES EN NORMANDIE.

Dans le cadre d'un contrat à long terme, Air Liquide reprendra et exploitera l'unité de production d'hydrogène de la plateforme de TotalEnergies d'une capacité de 255 tonnes/jour². Les deux entreprises lanceront les études de développement d'un projet de captage et stockage (CCS) du CO₂ afin de décarboner l'hydrogène produit par l'unité de la plateforme de Normandie.

Ce projet prévoit à terme la fourniture à TotalEnergies par Air Liquide d'hydrogène bas carbone en s'appuyant sur le réseau hydrogène d'Air Liquide en

Normandie. En ligne avec l'objectif de neutralité carbone à horizon 2050 des deux entreprises, il s'inscrit dans une démarche de développement durable qui contribuera au développement d'un écosystème hydrogène bas carbone et renouvelable sur l'Axe Seine, progressivement adossé à des technologies comme le CCS et l'électrolyse.

² Le projet de cession à Air Liquide de l'unité de production d'hydrogène est soumis au processus légal d'information-consultation des instances représentatives du personnel de TotalEnergies-Plateforme Normandie, et à l'approbation des autorités compétentes.





L'hydrogène, la nouvelle épopée de la mobilité française

3.1

La décarbonation
du secteur de la mobilité,
un véritable challenge

3.2

Qu'est-ce qu'une pile
à combustible ?

3.3

L'hydrogène
pour décarboner
la mobilité individuelle

3.4

L'hydrogène au
service de
l'aéronautique

3.5

L'hydrogène,
clé pour le transport
de marchandises

3.1

La décarbonation du secteur de la mobilité, un véritable challenge

L'HYDROGÈNE A LE POTENTIEL NÉCESSAIRE POUR RÉPONDRE AUX ENJEUX LIÉS AU TRANSPORT PROPRE : RÉDUIRE LES ÉMISSIONS POLLUANTES ET LA DÉPENDANCE AUX ÉNERGIES FOSSILES.

Présent sur toute la chaîne de valeur de l'énergie hydrogène, Air Liquide participe activement à son développement en accompagnant le déploiement de stations et contribue ainsi à la généralisation de modes de transport propres.



LA CONCEPTION DES STATIONS HYDROGÈNE

Depuis plus de 20 ans, Air Liquide conçoit des stations de recharge d'hydrogène sur le Campus Technologies Grenoble, dédié à la *deep tech* (technologies de rupture) et à la transition énergétique.

Le Groupe fournit des solutions standardisées ou sur mesure qui répondent aux besoins des clients : de la conception, l'intégration, la fabrication, l'installation jusqu'à la mise en service et la maintenance des stations. En France, ces stations servent à alimenter des voitures, taxis, bus, camions et des chariots élévateurs.

Stations hydrogène Air Liquide pour la mobilité en France

Véhicules

- 1 **ALMA**
(Place de l'Alma, Paris)
- 2 **LES-LOGES-EN-JOSAS**
(1 chemin de la Porte des Loges)
- 3 **AÉROPORT PARIS-ORLY**
(Rue d'Italie, Paray-Vieille-Poste)
- 4 **AÉROPORT PARIS-CHARLES-DE-GAULLE**
(Le Noyer aux Chats, Le Mesnil-Amelot)
- 5 **GRENOBLE**
(57 rue Pierre Semard)
- 6 **FOS-SUR-MER**
(Provences-Alpes-Côte d'Azur) - en cours de construction
- 7 **PORTE DE LA CHAPELLE**
(Paris)
- 8 **SAINT-LÔ** (Normandie)

Chariots élévateurs

- 9 **Plateforme logistique**
(Vendin, Pas-de-Calais)
- 10 **Plateforme logistique**
(Saint-Cyr-en-Val, Loiret)
- 11 **Plateforme logistique**
(Saint-Quentin-sur-Isère, Isère)
- 12 **Plateforme logistique**
(Neuville-aux-Bois, Loiret)



3.2

Qu'est-ce qu'une pile à combustible ?

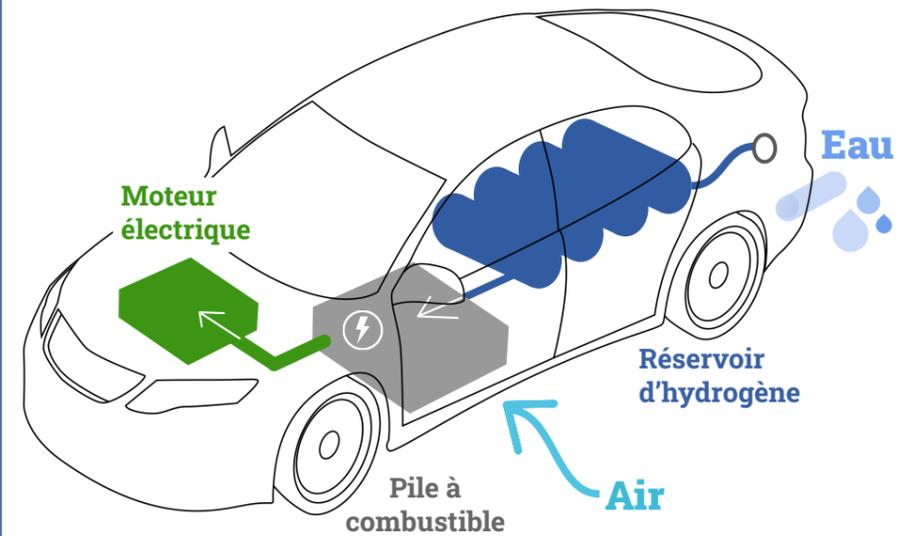
ÉQUIPÉ D'UNE PILE À COMBUSTIBLE, UN VÉHICULE HYDROGÈNE GÉNÈRE SA PROPRE ÉLECTRICITÉ.

Le **véhicule électrique à hydrogène** fonctionne grâce à une pile à combustible qui produit de l'électricité. C'est en son sein que l'hydrogène provenant du réservoir se combine à l'oxygène de l'air, générant ainsi de l'électricité et de l'eau.

Les moteurs alimentés par une pile à hydrogène n'émettent aucune pollution au point d'utilisation (ni CO₂, ni particules) et sont silencieux. L'hydrogène apporte une réponse concrète aux défis posés par la mobilité durable et la pollution locale dans les zones urbaines.



Fonctionnement



5 minutes
de recharge pour
une voiture

15 minutes
de recharge pour
un camion

Jusqu'à
800 km
d'autonomie

Zéro émission
de CO₂

Zéro particule

Zéro pollution
sonore au point
d'utilisation

1 kg
d'hydrogène
= **10 euros**
= **100 km**

1 kg
d'hydrogène libère
3 fois plus d'énergie qu'1 kg
d'essence sans produire de gaz
carbonique au point d'utilisation

1839 **Un peu d'histoire** : le principe de la pile à combustible date de 1839. Le savant anglais, **William Robert Grove**, a démontré qu'en combinant de l'hydrogène et du dioxygène il était possible de produire de façon simultanée **de l'électricité, de la chaleur et de l'eau.**

3.3

L'hydrogène pour décarboner la mobilité individuelle

L'HYDROGÈNE, DÉJÀ UNE RÉALITÉ POUR LES FRANCILIENS

LE TEMPS DES PROTOTYPES ET DE L'EXPÉRIMENTATION EST RÉVOLU. LA **MOBILITÉ HYDROGÈNE** EST AUJOURD'HUI UNE RÉALITÉ.

Hype, la première flotte au monde de taxis électriques à hydrogène a été lancée fin 2015 à l'occasion de la COP21 par la société STEP (Société du Taxi Électrique Parisien) en partenariat avec Air Liquide et avec le soutien de la Mairie de Paris. Air Liquide a accompagné son déploiement à travers l'installation de 4 stations hydrogène en région parisienne.

En février 2019, Air Liquide, Idex, la Société du Taxi Électrique Parisien (STEP) et Toyota, rejoints ensuite par Kouros, se sont associés au sein d'une entreprise commune, **HysetCo**, première société d'actifs dédiée au développement de la mobilité hydrogène en région parisienne. HysetCo permet de faciliter le déploiement des véhicules électriques à hydrogène et de l'infrastructure de recharge hydrogène en Île-de-France.

Cette entreprise commune couvre deux volets : la distribution d'hydrogène et le développement des usages pour la mobilité, dans lequel chaque acteur apporte son expertise au sein de cet écosystème.

En janvier 2021, HysetCo a annoncé l'acquisition du Groupe Slota, opérateur historique de taxis parisiens. Depuis le mois de mai, TotalEnergies détient 20% du capital d'HysetCo, en lieu et place d'Idex.

Hype c'est aujourd'hui plus de 150 taxis, près de 600 d'ici fin de 2021 et... 10 000 taxis pour les Jeux Olympiques de Paris 2024 !



AUX LOGES-EN-JOSAS, AIR LIQUIDE ALIMENTE LES PREMIERS BUS HYDROGÈNE EN SERVICE EN FRANCE

Depuis septembre 2019, la station Air Liquide des Loges-en-Josas alimente en hydrogène certifié bas carbone la première ligne de bus hydrogène en opération commerciale en France. Six bus circulant entre les communes de Versailles et de Jouy-en-Josas sont rechargés quotidiennement à cette station.

Par ailleurs, la RATP a réalisé plusieurs tests successifs avec des bus de différents constructeurs, également rechargés à cette station.

Contrôle qualité

Le laboratoire CEMIAG d'Air Liquide, effectue les contrôles qualité de l'hydrogène au démarrage des stations selon les normes en vigueur ISO 14687, EN 17124. Spécialisé dans la micro-analyse des gaz depuis 50 ans et implanté depuis 2021 aux Loges-en-Josas, ses services sont disponibles pour l'ensemble de la filière hydrogène en Europe.

3.4

L'hydrogène au service de l'aviation

AIR LIQUIDE MET SON EXPERTISE DE PLUS DE 50 ANNÉES DANS LE DOMAINE DE L'HYDROGÈNE AU SERVICE DE L'AÉRONAUTIQUE ET DÉVELOPPE DES SOLUTIONS PLUS RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT POUR RÉDUIRE LA POLLUTION DANS LES AIRS ET DANS LES AÉROPORTS.

L'HYDROGÈNE EST UNE SOURCE D'ÉNERGIE BAS CARBONE AVEC UN FORT POTENTIEL POUR LES **APPLICATIONS AÉRONAUTIQUES**.

L'hydrogène, pour la propulsion

Pour réduire la dépendance aux énergies fossiles, et plus particulièrement au kérosène, il est nécessaire de trouver des énergies alternatives propres et durables. Plusieurs solutions sont envisagées pour la propulsion des avions en fonction de leur taille et de la distance : en combustion directe pour alimenter la turbine, ou bien grâce à une pile à combustible pour générer de l'électricité.

L'hydrogène à bord des avions

Air Liquide développe des stockages haute-pression d'hydrogène liquide et gazeux pour alimenter des piles à combustible embarquées à bord des avions. L'électricité ainsi créée peut servir pour différentes applications, notamment quand l'avion est au sol.

L'hydrogène pour la manutention dans les aéroports

La logistique au sol dans les aéroports (chariots élévateurs, nacelles et véhicules de transport de bagage) peut s'appuyer sur l'énergie hydrogène qui permet de réduire la pollution. La mise en place de flottes captives fonctionnant à l'hydrogène permet d'augmenter la productivité tout en diminuant les émissions sur le lieu d'utilisation.



L'hydrogène, pour les transports autour des aéroports

Air Liquide cherche à développer des synergies entre applications de mobilité grâce à une infrastructure qui servira à l'ensemble de l'écosystème fréquemment déployé autour des zones d'activité que constituent les aéroports : stations de taxi, terminaux de bus et gares ferroviaires pour des transports locaux ou sur de longues distances.

Des partenariats ambitieux en 2021



Airbus, Air Liquide et VINCI Airports ont signé un partenariat pour développer l'usage de l'hydrogène dans les aéroports et constituer le réseau aéroportuaire européen nécessaire à l'accueil du futur avion à hydrogène. L'aéroport pilote de Lyon-Saint Exupéry (France) accueillera les premières installations dès 2023.



Air Liquide, Airbus et le Groupe ADP ont signé un protocole d'accord pour préparer l'arrivée de l'hydrogène dans les aéroports en 2035. Dans un premier temps, une étude portant sur un panel d'une trentaine d'aéroports dans le monde permettra de déterminer les différentes configurations du développement et de l'approvisionnement en hydrogène liquide. Des scénarios et plans détaillés seront ensuite élaborés pour les 2 principaux aéroports parisiens : Paris-Charles de Gaulle et Paris-Orly.



Dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) "**H2 Hub Airport**", le projet d'Air Liquide portant sur un camion ravitailleur haute performance en hydrogène a été sélectionné par le jury. Le camion pourrait servir dès 2025 à ravitailler les stations hydrogène déployées sur l'aéroport pour répondre aux besoins des flottes de véhicules au sol utilisés pour l'aéroport, ainsi que des flottes de véhicules en périphérie.

3.5

L'hydrogène, clé pour le transport de marchandises

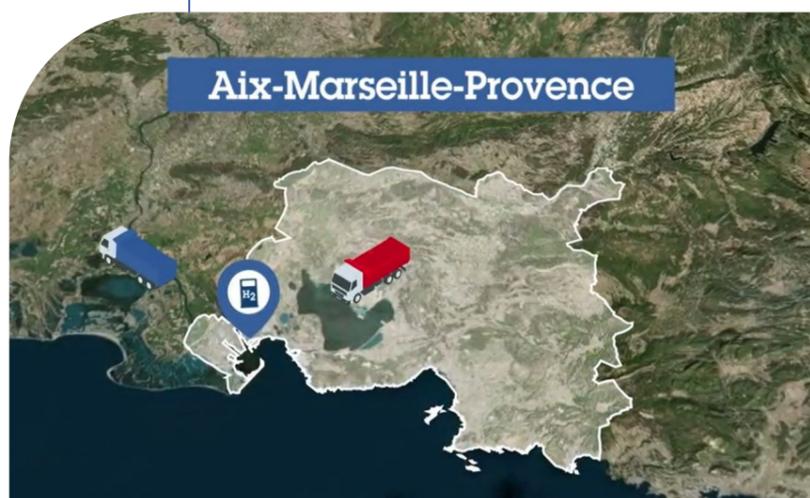
LA SEULE ACTIVITÉ DU TRANSPORT CONTRIBUE POUR 30% AUX ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN FRANCE. TROUVER DES SOLUTIONS EFFICACES EST UN IMPÉRATIF, PARTICULIÈREMENT AU CŒUR DES GRANDES AGGLOMÉRATIONS.

En effet, **décarboner la mobilité lourde** permet non seulement de limiter les émissions de CO₂, mais aussi d'améliorer considérablement la qualité de l'air et limiter le niveau sonore dans les zones denses.

Depuis plusieurs années, **Air Liquide accompagne la transition des véhicules lourds polluants vers une mobilité soucieuse de l'environnement à travers l'usage de l'hydrogène.**

HyAMMED : DÉCARBONER LE TRANSPORT DE MARCHANDISES GRÂCE À L'HYDROGÈNE

Dans le cadre du projet HyAMMED, Hydrogène à Aix-Marseille pour une Mobilité Écologique et Durable, Air Liquide construit sur son site de Fos-sur-Mer, la première station hydrogène haute pression destinée aux camions longue distance en Europe.



LE SAVIEZ-VOUS ?

La solution hydrogène est particulièrement pertinente lorsque l'on parle de mobilité lourde. En effet, tracter une masse très importante requiert beaucoup d'énergie. Les batteries ont une courbe de poids linéaire : pour augmenter la puissance d'un véhicule il faut augmenter le nombre de batteries, **si bien qu'à un certain niveau il faut ajouter des batteries pour tracter le poids des batteries.** Dans le cas de l'hydrogène, il suffit d'augmenter la taille du réservoir. De plus, la durée de remplissage n'est que d'une vingtaine de minutes, comparée à plusieurs heures pour les véhicules électriques à batteries.



Conçue par Air Liquide, cette station hydrogène bas carbone de grande capacité [700 bar, 1 tonne/jour] permettra jusqu'à 20 rechargements journaliers de camions hydrogène effectuant de longues distances, leur autonomie pourra aller jusqu'à 800 kms.

La station sera mise en service début 2022 et alimentera en hydrogène bas carbone principalement la **première flotte européenne de huit camions de 44 tonnes** spécialement conçus dans le cadre du projet. L'un de ces camions sera exploité par Air Liquide dans le cadre de ses activités de livraison de gaz conditionnés dans la région de Fos-sur-Mer.

Le projet HyAMMED regroupe des industriels, des transporteurs et des acteurs de la grande distribution tels que Carrefour, Coca-Cola European Partners et Monoprix, soucieux de voir le transport de marchandises évoluer vers des solutions propres et durables.

Il a le potentiel de transformer le transport de marchandises dans la métropole Aix-Marseille-Provence, l'une des régions les plus peuplées de France, à travers une **réduction des émissions de CO₂ de plus de 1 500 tonnes de CO₂ par an, soit l'équivalent de plus de 2 millions de kilomètres parcourus en camion.**



* En complément de l'investissement d'Air Liquide, la station bénéficiera d'un financement de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et de l'Europe FCH JU (Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking). Le projet HyAMMED (Hydrogène à Aix-Marseille pour une Mobilité Écologique et Durable) a également été sélectionné par l'ADEME (Agence de la Transition Écologique) en janvier 2020 dans le cadre du Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique en France.



L'hydrogène au service de la manutention

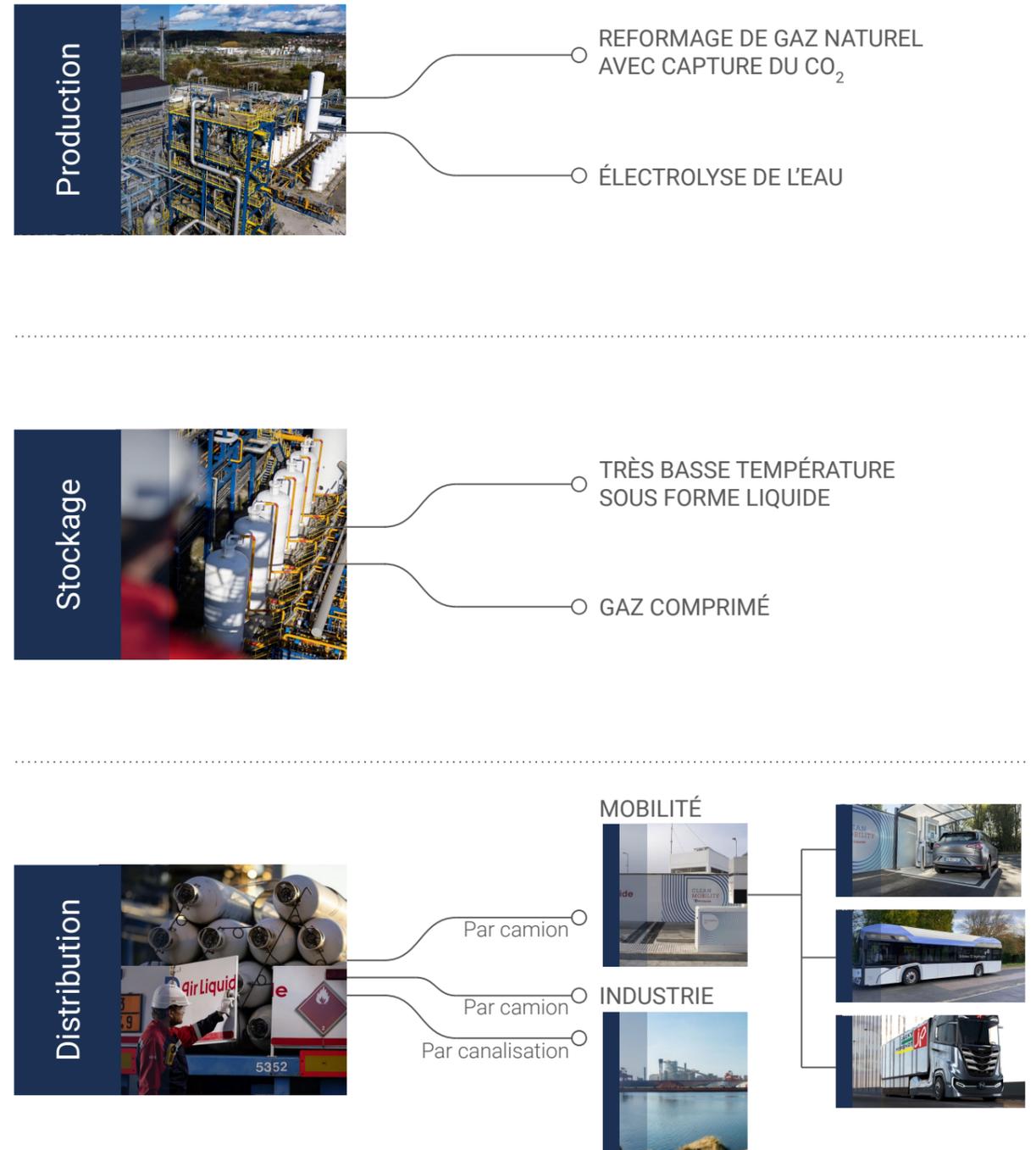
137 chariots élévateurs sont en opération sur le site de Carrefour Supply Chain à Vendin-le-Vieil (au Nord Pas de Calais, France). Air Liquide a installé une station qui comporte **3 postes de recharge** répartis en différents points stratégiques de la plateforme.

65 Une soixantaine de chariots élévateurs

est en opération sur le site IKEA de Saint Quentin Fallavier à proximité de la ville de Lyon.



SYNTHÈSE : DE LA PRODUCTION À L'USAGE



Air Liquide et l'hydrogène en France



10
sites de
production
d'hydrogène

4
sites de
conditionnement
d'hydrogène

336
kms de
canalisations
H₂

Près de
200
semi-remorques
pour le transport
d'hydrogène
liquide
et gazeux

Plus de
120
clients
hydrogène

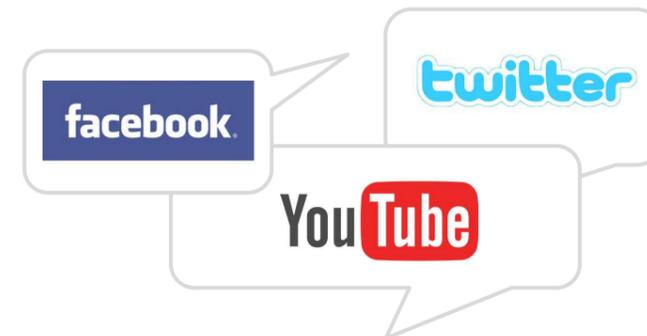
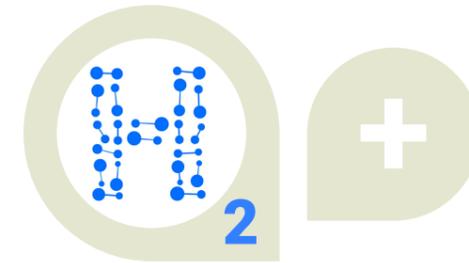
Plus de
60 000
tonnes d'hydrogène
vendues chaque année par
Air Liquide
en France

11
stations pour
la mobilité et
les chariots élévateurs



Benoît Potier
Président-Directeur
Général d'Air Liquide
est Co-Président
du Conseil National
de l'hydrogène

En savoir plus sur l'hydrogène
grâce à « **CH₂ange** »



CH₂ANGE

est un media soutenu par
le groupe Air Liquide dont le but est de
créer et d'**animer un dialogue**
sur les réseaux sociaux (Facebook,
Twitter, Youtube) autour du rôle
de l'hydrogène dans la **transition**
énergétique.