

# HYDROGÈNE

DÉVELOPPER LA CHAÎNE DE VALEUR  
POUR UNE ÉNERGIE PRODUITE DE  
MANIÈRE DURABLE



BUREAU  
VERITAS



**A**lors que la transition énergétique avance à plein régime, les acteurs de l'industrie du monde entier continuent d'investir dans des sources d'énergie plus propres, l'hydrogène en tête. La demande pour cette source d'énergie décarbonée pour de nombreux usages industriels a triplé depuis 1975<sup>1</sup> et devrait encore croître à mesure que la transition énergétique s'accélère. La Commission européenne a récemment annoncé que d'ici 2050, l'hydrogène devrait représenter 12 à 14 % du bouquet énergétique global de l'UE<sup>2</sup>, pour alimenter en énergie les secteurs des transports, de l'énergie et des industries lourdes.

Cependant, pour que l'hydrogène réalise son potentiel en tant que source d'énergie durable, des travaux doivent être menés pour garantir une chaîne de valeur sans carbone pour la production, le stockage, la distribution et l'utilisation de l'hydrogène. Les acteurs de cette chaîne, y compris les producteurs, les distributeurs et les fournisseurs de technologies, travaillent à la conception, à la construction et à l'exploitation de la technologie, des installations et des infrastructures pour faire de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone des sources d'énergie efficaces.

## Sommaire

**PAGE 3** La voie de la décarbonisation

**PAGE 4** Transformer trois industries clés

**PAGE 5** Élever la production d'hydrogène à un niveau supérieur

**PAGE 6** Évaluation de projet : la première étape de chaque projet hydrogène

**PAGE 7** Gestion des risques : donner la priorité à la prévention afin d'améliorer la sécurité



**70 MILLIONS DE TONNES**

De demande mondiale d'hydrogène pur



**140 MILLIARDS D'EUROS**

D'investissement de la Commission européenne dans l'hydrogène d'ici 2030



**60 %**

D'efficacité offerte par les piles à combustible à hydrogène<sup>3</sup>

# LA VOIE DE LA DÉCARBONISATION

L'hydrogène offre de multiples avantages en tant que source d'énergie durable. Il ne produit ni gaz à effet de serre ni oxydes de soufre lorsqu'il est brûlé et lorsqu'il est utilisé dans les piles à combustible, il ne rejette que de l'eau. De plus, l'hydrogène peut être produit localement sur les sites d'utilisation et généré à partir d'un certain nombre de sources et de procédés d'énergie propre.

## Options alternatives pour l'hydrogène renouvelable



Actuellement, la plus grande partie de l'hydrogène est produite par un processus qui rejette du carbone. Une façon de décarboner ce processus est d'utiliser des méthodes de captage, d'utilisation et de stockage du carbone (CCUS) pour éliminer le carbone de la production et le stocker sous terre, compensant ainsi les émissions.



Alternativement, l'hydrogène peut être produit à partir d'électricité par électrolyse : c'est ce qu'on appelle l'hydrogène renouvelable, quand l'électricité est produite à partir de sources d'énergies renouvelables telles que l'éolien, le solaire ou l'hydraulique. L'hydrogène peut également être produit à partir d'autres sources d'énergie alternatives, notamment l'énergie nucléaire et la biomasse.



## Penser à long terme



Les entreprises, les gouvernements et les organisations du monde entier ont commencé à investir massivement dans la production d'hydrogène, en particulier en Europe et en Asie, dans le but de rendre le coût de l'hydrogène renouvelable compétitif à long terme.

## HYDROGÈNE

Réduire les risques de la chaîne de valeur pour l'énergie propre de demain

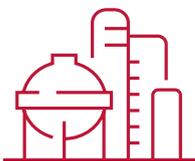
# TRANSFORMER TROIS INDUSTRIES CLÉS

L'énorme potentiel de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone lui permettra de changer la donne pour trois secteurs en particulier : la mobilité, l'industrie lourde et l'énergie. Pour ces secteurs, l'élément le plus léger de notre planète dispose d'un grand potentiel de durabilité.



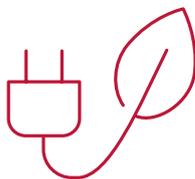
### FAIRE PROGRESSER LA MOBILITÉ

Ensemble, les industries ferroviaire, automobile, maritime et aérospatiale représentent environ 25 % des émissions mondiales de carbone<sup>4</sup>, et chaque année, les réglementations se durcissent. Quand il est produit de façon renouvelable, l'hydrogène est idéal pour limiter les émissions de gaz à effet de serre des navires et des avions. L'hydrogène offre également des avantages majeurs pour la mobilité lourde telle que les trains, en fournissant trois fois l'énergie de l'essence par unité de masse.



### AIDER L'INDUSTRIE LOURDE À ALLÉGER SA CHARGE

Les secteurs de la pétrochimie, de la fabrication et de la construction réunis représentent un autre quart des émissions mondiales de CO<sub>2</sub><sup>5</sup>. Ces industries lourdes sont de plus en plus surveillées et soumises à des pressions pour décarboner leurs produits et apporter des changements significatifs conformément aux nouvelles réglementations définissant la transition énergétique.



### « VERDIR » LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

Les fournisseurs d'énergie cherchent à passer à des sources renouvelables et propres comme l'hydrogène pour répondre aux attentes du public et aux objectifs de réduction des émissions. L'hydrogène constitue une solution efficace de transport et de stockage de l'énergie excédentaire ou saisonnière, car il peut être stocké et transporté de manière plus stable que l'électricité. En permettant le stockage sûr de l'énergie, l'hydrogène peut également aider à éviter les perturbations d'approvisionnement et à fournir de l'électricité aux régions qui ne sont pas connectées aux réseaux nationaux. L'hydrogène renouvelable peut être un pilier clé de la stratégie des entreprises qui poursuivent un programme d'énergie propre.

# ÉLEVER LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE À UN NIVEAU SUPÉRIEUR

L'hydrogène a longtemps été utilisé comme source d'énergie. L'enjeu du 21<sup>e</sup> siècle est le développement de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone pour accompagner la transition énergétique. Au cours de la prochaine décennie, beaucoup de travail sera effectué pour construire la chaîne de valeur de l'hydrogène, chaque étape étant confrontée à ses propres défis.

## Comment pouvons-nous y parvenir ?

**PREMIÈREMENT**, cette filière nécessite des investissements massifs de la part des gouvernements, des banques et des fournisseurs d'énergie. On estime qu'un investissement de 430 milliards d'euros est nécessaire pour que l'Europe développe suffisamment son secteur de l'hydrogène pour atteindre son objectif 2030<sup>6</sup>.

**DEUXIÈMEMENT**, et cela est étroitement lié, il est essentiel que les coûts de production soient réduits pour rendre la solution plus compétitive. Sur ce point, les gouvernements ont un rôle clé à jouer, en offrant des incitations et en utilisant les fonds publics pour soutenir la R&D et attirer des capitaux privés pour l'innovation<sup>7</sup>.

**TROISIÈMEMENT**, en s'appuyant sur l'innovation et avec le soutien de l'industrie et des institutions, les acteurs de l'industrie devront passer à des usines de production d'hydrogène à plus grande échelle. Entre l'augmentation de la production d'hydrogène et la baisse du prix des énergies renouvelables, le coût de la production d'hydrogène renouvelable pourrait être réduit de 30 % d'ici 2030.

**ENFIN**, il est essentiel que l'industrie mette en œuvre une excellente maîtrise des projets et des risques. Limiter les risques et garantir la sécurité doit être un élément non négociable de la production et de l'utilisation de l'hydrogène de bout en bout<sup>8</sup>.



## Atteindre la conformité pour le secteur maritime



<sup>6</sup><https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/060220-eu-needs-eur430-billion-to-scale-up-hydrogen-by-2030-trade-body>

<sup>7</sup><https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> | <sup>8</sup><https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

# ÉVALUATION DE PROJET

## LA PREMIÈRE ÉTAPE DE CHAQUE PROJET HYDROGÈNE

Une excellente gestion de projet commence par une bonne évaluation, première étape indispensable pour tout projet hydrogène. Ils doivent être évalués et leur faisabilité confirmée dès les premières étapes de la conception. De telles évaluations garantissent qu'un projet peut être livré en toute sécurité et à temps, tout en étant conforme aux normes de l'industrie. C'est là une base de référence essentielle pour les investisseurs, qui doivent avoir confiance en la sécurité et l'opérabilité de bout en bout d'un projet.



### Vérifier, vérifier et encore vérifier

Pour assurer la sécurité et l'efficacité des projets, les spécifications doivent être revues à chaque étape du développement, y compris l'avant-projet, la conception, la construction et l'exploitation. Cela offre aux parties prenantes une image claire et complète des risques de leur projet hydrogène et des informations détaillées sur la manière dont ces risques peuvent être gérés et atténués.

Dans les secteurs strictement réglementés tels que la mobilité, l'énergie et l'industrie lourde, les maîtres d'ouvrage ont souvent besoin de conseils d'experts pour garantir la faisabilité et la conformité des projets. Ils auront également besoin d'un soutien pour mesurer et améliorer les performances des infrastructures, des installations et de la technologie une fois qu'ils seront opérationnels, à la fois à court terme et à long terme.

Faire évaluer un projet hydrogène par une source de confiance avant de lui donner le feu vert renforce la confiance des parties prenantes. Savoir qu'un projet résiste à l'examen en termes de performance, d'impact environnemental, de conformité, de sécurité et d'efficacité de sa contribution à la transition énergétique permet à toutes les parties concernées d'avancer sur des bases solides.

*« Les projets hydrogène doivent être évalués et leur faisabilité confirmée dès les premières étapes de la conception, afin de garantir qu'ils puissent être livrés en toute sécurité et dans les délais. »*



# GESTION DES RISQUES

## PRIORISER LA PRÉVENTION AFIN D'AMÉLIORER LA SÉCURITÉ

**S**ous sa forme gazeuse naturelle, l'hydrogène est à la fois volatil et inflammable. Un grand soin et des précautions doivent être pris tout au long de la production, du stockage, du transport, de la distribution et de l'utilisation de l'hydrogène afin de minimiser les risques qui lui sont associés. La gestion des risques est donc cruciale pour développer en toute sécurité et avec succès des projets, des infrastructures et des technologies employant l'hydrogène.

### Relever le défi

Si l'hydrogène offre des avantages significatifs en tant que source d'énergie durable, il n'est pas sans défis. En plus d'être inflammable et potentiellement explosif, il peut également endommager gravement les infrastructures au fil du temps en fragilisant le métal, ce qui réduit à la fois sa ductilité et sa résistance. Pour les propriétaires d'actifs, cela signifie subir des inspections régulières et assumer des coûts d'entretien accrus.

L'hydrogène gazeux a également une très faible densité d'énergie par unité de volume, ce qui signifie qu'il occupe une place importante et doit être stocké sous haute pression. De plus, en raison de la petite taille des molécules d'hydrogène, un équipement et des procédures spéciaux sont nécessaires pour garantir son stockage et son transport dans des conteneurs hermétiques afin d'éviter les fuites et d'assurer la sécurité des équipes de maintenance.

Une autre préoccupation est de s'assurer que les nouveaux projets hydrogène sont compatibles avec les infrastructures existantes et peuvent être intégrés de manière sûre et rentable. Tous les projets doivent faire l'objet d'analyses approfondies des risques telles que des études de danger et d'opérabilité (HAZOP) et des analyses des modes de défaillances, de leurs effets et de leurs criticités (AMDEC). Ces évaluations identifient les risques potentiels et offrent des informations sur la manière d'améliorer la sécurité.



### INFLAMMABLE

**L'hydrogène a une très haute vitesse de flamme** et une plage d'inflammabilité étendue



### FRAGILISANT

**Les ions hydrogène diffusibles** rendent le métal cassant au fil du temps



### PRESSURISÉ

**Les petites molécules d'hydrogène** doivent être stockées dans des réservoirs à haute pression

## HYDROGÈNE

Réduire les risques de la chaîne de valeur pour l'énergie propre de demain

# RESPECT DE LA RÉGLEMENTATION À L'ESPRIT À TOUT MOMENT

Lors de la conception de nouvelles technologies ou d'installations liées à l'hydrogène, ou de la construction d'une infrastructure hydrogène, les propriétaires d'actifs doivent se conformer aux réglementations en vigueur. La prise en compte de cela dès les premières étapes d'un projet peut aider à éviter des problèmes potentiellement coûteux plus tard. Il en va de même lors de la rénovation d'installations et d'infrastructures existantes pour utiliser l'hydrogène, et tout au long du cycle de vie des projets hydrogène.

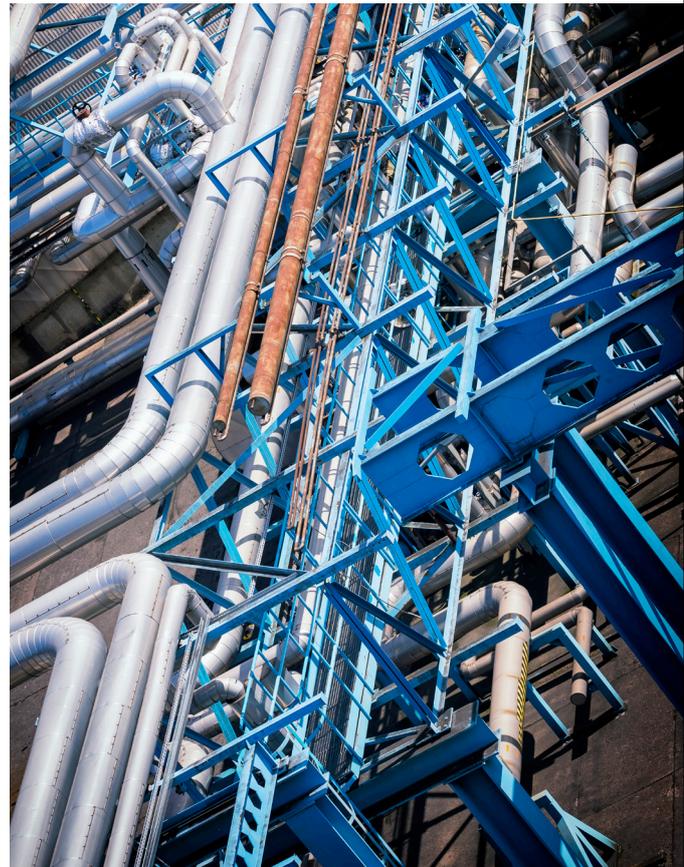
## Une réglementation plus stricte pour une industrie en plein essor

La conformité aux réglementations nationales et internationales est souvent une autorisation d'exploitation et doit être prise au sérieux, aussi bien par les acteurs de longue date que par les nouveaux arrivants. Il est essentiel de respecter les directives clés pertinentes en matière de santé, de sécurité et de protection de l'environnement et de garantir la conformité technique avec les normes spécifiques à l'industrie.

Aujourd'hui, les réglementations pour la production, la distribution et l'utilisation de l'hydrogène varient considérablement d'un pays à l'autre et d'une industrie à l'autre. Par exemple, le secteur industriel dispose de réglementations bien élaborées et normalisées ; en revanche, le secteur des transports s'appuie en grande partie sur les réglementations locales et régionales individuelles.

Une priorité majeure à l'avenir sera le développement et la consolidation d'un cadre réglementaire uniforme pour les projets hydrogène tout au long de la chaîne de valeur. Cela permettra aux acteurs du monde entier d'adopter une approche homologuée des défis techniques et de sécurité pour la production, la distribution, le transport et l'utilisation de l'hydrogène.

À mesure que le secteur se développera dans les décennies à venir, la conformité réglementaire deviendra impérative aux niveaux local, national et international. Les conseils d'une source fiable seront essentiels pour les entreprises qui cherchent à éviter les sanctions pour non-respect de la conformité, à gagner la confiance des parties prenantes et à garantir le financement de projets d'avant-garde.



*La conformité aux réglementations nationales et internationales est souvent une autorisation d'exploitation. Une priorité majeure à l'avenir sera le développement et la consolidation d'un cadre réglementaire uniforme pour les projets hydrogène tout au long de la chaîne de valeur.*



# MESURER LES PERFORMANCES

## OBTENIR UNE DURÉE DE VIE OPÉRATIONNELLE SÛRE

Une fois que les technologies, les installations et les infrastructures d'un secteur ont atténué les risques et ont été évaluées positivement pour la conformité réglementaire, la performance devient le facteur le plus important pour le succès d'un projet hydrogène. Pour gérer cela, les propriétaires et les exploitants d'actifs doivent surveiller et mesurer les performances tout au long de la durée de vie opérationnelle d'un actif, en évaluant les hauts et les bas du projet.

### Quels sont les indicateurs clés de performance (KPI) ?

Être capable de mesurer la performance des actifs de manière fiable et cohérente est particulièrement important pour les acteurs de l'industrie ayant des projets hydrogène. Le développement de l'hydrogène ayant pour objectif de disposer d'une source d'énergie alternative propre, les producteurs, distributeurs et utilisateurs d'hydrogène peuvent être soumis à des examens minutieux. Cela signifie que les exploitants doivent être prêts à montrer l'impact environnemental de chaque actif tout au long de sa durée de vie opérationnelle et doivent disposer des données pour étayer leurs affirmations.

Pour ce faire, les propriétaires d'actifs doivent mesurer avec précision la réduction de carbone associée à leurs projets, et démontrer ainsi les avantages et l'efficacité de ceux-ci. Ils doivent être en mesure de maintenir et d'attester de la qualité de l'hydrogène produit, de surveiller régulièrement et activement leurs opérations et d'effectuer en temps opportun la maintenance nécessaire.

Idéalement, les acteurs de l'industrie iront également au-delà de leur propre performance en matière de développement durable, en évaluant les références environnementales de l'ensemble de leur chaîne d'approvisionnement en hydrogène. Pour l'hydrogène renouvelable, en particulier, une traçabilité de l'origine de l'énergie renouvelable est essentielle pour que les exploitants et les fournisseurs d'énergie répondent aux attentes des consommateurs soucieux de l'environnement.

En travaillant avec des experts indépendants, les entreprises peuvent évaluer leurs performances de manière constante et objective, en étant toujours à l'affût des améliorations et mises à niveau potentielles.



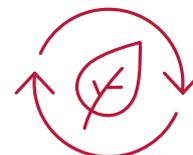
TEST DE LA QUALITÉ DE L'HYDROGÈNE



RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CARBONE



SUIVI RÉGULIER DES OPÉRATIONS



DÉVELOPPEMENT D'UNE CHAÎNE DE VALEUR VERTE

## HYDROGÈNE

Réduire les risques de la chaîne de valeur pour l'énergie propre de demain

# L'AVENIR DE L'HYDROGÈNE

L'hydrogène a un rôle majeur à jouer pour aider les acteurs de l'industrie à décarboner leurs activités, apportant une solution énergétique alternative forte aux secteurs à forte teneur en carbone que sont la mobilité, l'industrie lourde et l'énergie. De l'alimentation des navires et des trains à la décarbonisation de la fabrication et de la construction en passant par l'alimentation des réseaux électriques, l'hydrogène - une petite molécule dotée d'une énorme capacité de stockage d'énergie - peut réduire considérablement l'impact environnemental.

En conséquence, les acteurs de l'industrie tout au long de la chaîne de valeur investissent massivement dans des projets de R&D sur l'hydrogène, poussant à plus d'innovation plus rapidement. Il existe de grandes opportunités pour le développement de nouvelles idées, technologies et de nouveaux produits dans ce marché dynamique et en plein essor avec une forte demande et un potentiel encore plus élevé.

Pour accompagner les développements de la technologie de l'hydrogène, une formation spécialisée deviendra essentielle pour les travailleurs de tous les secteurs, qu'ils soient impliqués dans la conception, les opérations, la surveillance ou la maintenance. La manipulation de l'hydrogène et l'utilisation de technologies alimentées à l'hydrogène ne sont pas sans risques pour la sécurité, il est donc essentiel que la formation soit approfondie, à jour et dispensée par des experts.

En tant que fournisseur de longue date d'inspections et de certifications pour le secteur de l'énergie, et disposant d'un solide portefeuille de services et de solutions de développement durable, Bureau Veritas est parfaitement positionné pour accompagner ses clients tout au long de la chaîne de valeur de l'hydrogène. En aidant nos clients à évaluer et à approuver des projets en termes de risque, de sécurité, de conformité et de performance, nous contribuons à accroître le rôle de l'hydrogène dans la transition énergétique.



# CE QUE BUREAU VERITAS APPORTE À VOTRE PROJET HYDROGÈNE

**B**ureau Veritas s'appuie sur près de 200 ans d'expérience et sur un réseau de plus de 75 000 collaborateurs dans le monde. Cela comprend une équipe de plus de 70 personnes spécifiquement dédiées à l'industrie en plein essor de l'hydrogène. En tant que membre d'organisations nationales et internationales, nous mobilisons nos ressources pour fournir un partenaire de confiance aux entreprises œuvrant au développement d'un hydrogène plus écologique.



## EXPERTISE

Nos experts ont une vaste expérience et une compréhension approfondie de tous les différents types d'hydrogène ainsi que de leurs différents risques et niveaux de qualité. Nous pouvons vous aider à naviguer sur le marché en expansion de l'hydrogène grâce à notre expertise en matière de neutralité carbone, de responsabilité environnementale et de durabilité.



## EXPÉRIENCE

Bureau Veritas est impliqué dans l'industrie de l'hydrogène depuis plus de 20 ans, travaillant avec des clients de toutes tailles à travers le monde. Nous offrons tous les avantages de notre expertise et de notre réseau d'essais, d'inspection et de certification pour chaque aspect de vos projets.



## COLLABORATION

Les développements de la technologie de l'hydrogène impactent de nombreux secteurs et Bureau Veritas s'appuie sur les meilleures pratiques de tous nos centres d'expertise et d'activité. Des équipes de l'ensemble de nos activités, y compris la certification, les produits de base, l'industrie et les installations, le gaz onshore et offshore, la marine, l'automobile et l'aérospatiale, travaillent ensemble pour mettre sur le marché des solutions d'hydrogène rapidement et en toute sécurité.



Nos services et nos solutions «Green Line» permettent aux clients de relever les défis de durabilité, de protéger l'environnement et d'améliorer la qualité des produits et services tout au long de la chaîne de valeur. Nous sommes un acteur incontournable de la transition énergétique, présent à toutes les étapes de la chaîne de production des énergies renouvelables et alternatives. Bureau Veritas «Green Line» aide les organisations à mettre en œuvre, à mesurer et à atteindre leurs objectifs de développement durable, et nous permet d'assister nos clients dans la conception, la construction et l'exploitation durables de leurs actifs.

# BÂTIR UN MONDE DE CONFIANCE

Bureau Veritas est une entreprise de services « Business to Business to Society » qui contribue à transformer positivement le monde dans lequel nous vivons. Leader mondial dans les domaines des essais, de l'inspection, de la certification et des services techniques, nous aidons nos clients de tous secteurs à relever leurs défis en matière de qualité, de santé et de sécurité, de protection de l'environnement et de responsabilité sociale.

---

Pour de plus amples informations,  
contactez Bureau Veritas :

Le Triangle de l'Arche  
8 cours du Triangle  
CS 90096  
92937 Paris La Défense Cedex  
FRANCE

[www.bureauveritas.com](http://www.bureauveritas.com)



**BUREAU  
VERITAS**

Shaping a World of Trust