

HYDROGÈNE ET AMMONIAC



L'hydrogène est l'un des vecteurs d'énergie prometteurs dans le futur mix énergétique.

En effet, ce gaz peut être utilisé comme combustible ou bien transformé en électricité. **En France, sa production est à plus de 94 % issue des énergies fossiles. Une alternative à ce processus pourrait venir de l'ammoniac.**

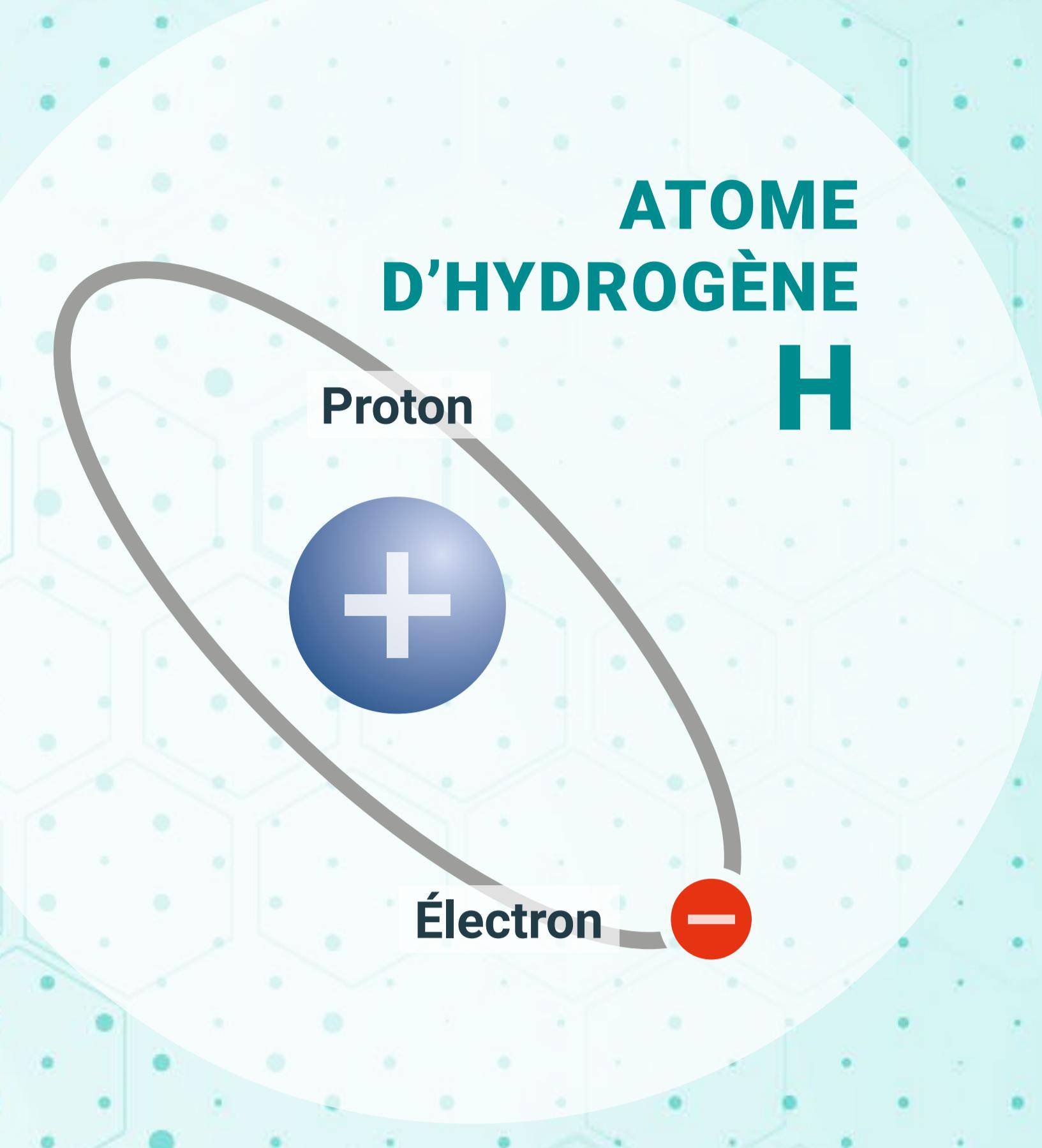
Dérivé azoté de l'hydrogène, l'ammoniac serait un candidat attrayant

pour le stockage et le transport

de l'hydrogène.

C'EST QUOI L'HYDROGÈNE ?

L'hydrogène est l'élément chimique le plus simple. Il est composé d'un proton et d'un électron.



C'est l'élément le plus abondant dans l'univers (92 % des atomes).

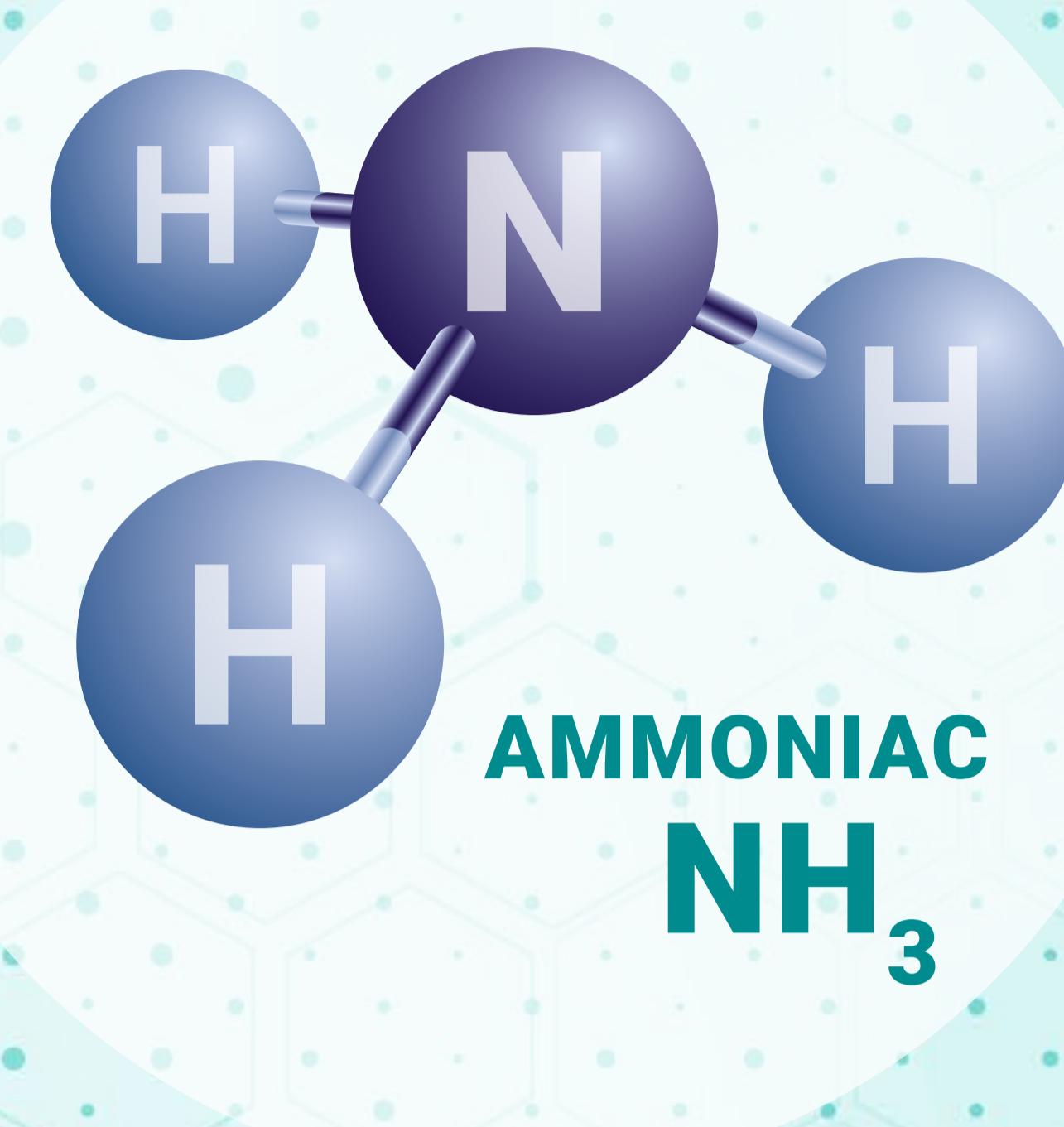
La molécule de dihydrogène (H_2) est composée de deux atomes d'hydrogène. Dans le langage courant, quand on mentionne «hydrogène», on fait généralement référence au dihydrogène. Gaz incolore, inodore, non toxique, inflammable, ce n'est pas une source d'énergie mais un vecteur énergétique.

Sur Terre, l'hydrogène est très peu présent à l'état naturel, mais il est généralement combiné avec d'autres éléments pour former des composés tels que l'eau ou les hydrocarbures. Il est utilisé dans une variété de procédés industriels, comme la production d'ammoniac pour les engrains, dans le traitement des combustibles fossiles, et comme vecteur d'énergie.

MOLECULE D'HYDROGÈNE H_2

C'EST QUOI L'AMMONIAC ?

L'ammoniac est une molécule chimique constituée d'un atome d'azote et de trois atomes d'hydrogène.



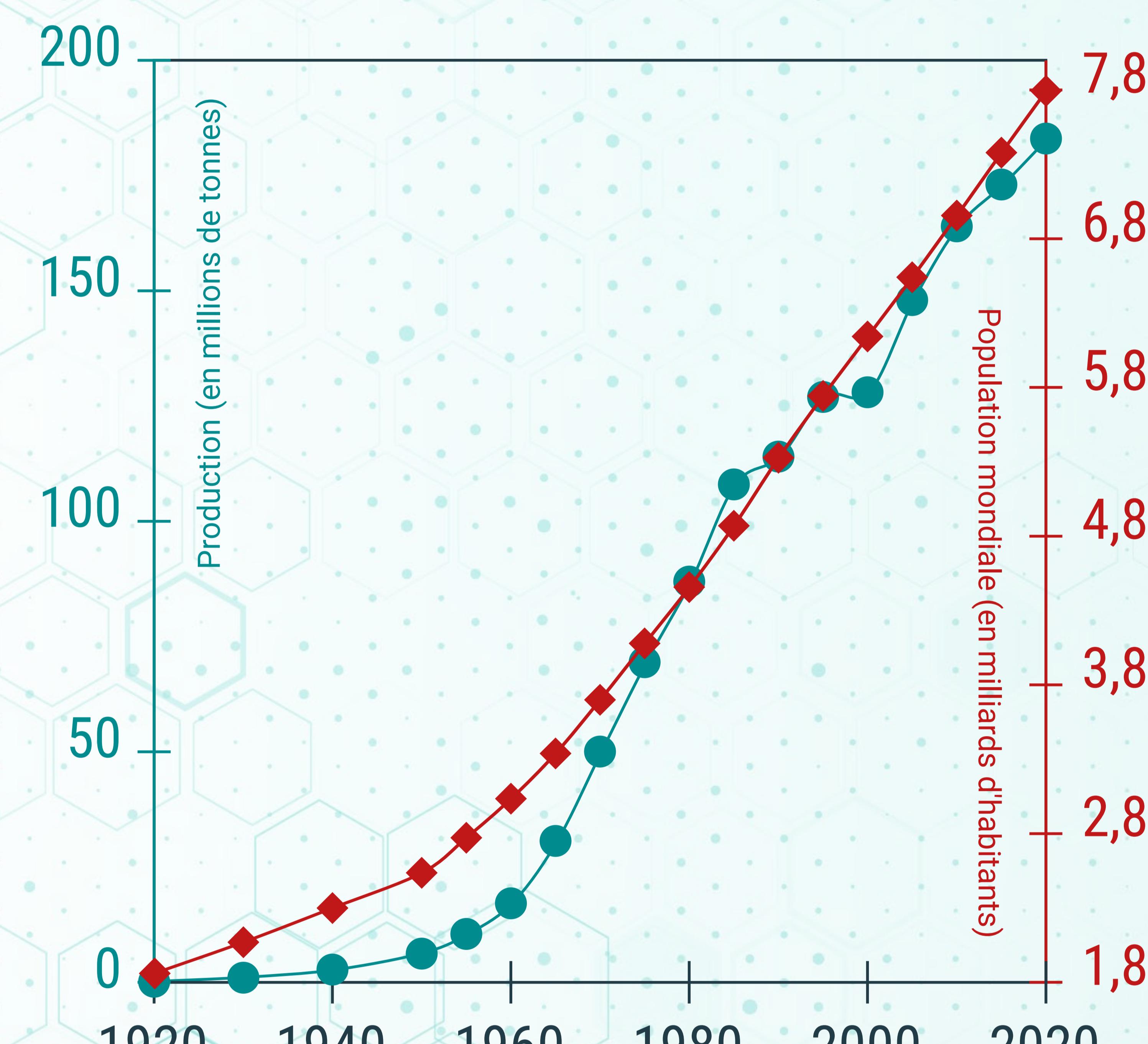
A pression et température ambiantes (1 bar, 20°C), c'est un **gaz incolore, irritant** avec une odeur piquante très caractéristique.

L'ammoniac est très soluble dans l'eau. On parle d'ammoniaque ou de solution ammoniacale lorsque le gaz est **dissout dans l'eau**. La formule chimique s'écrit alors :



L'ammoniac est le second composé chimique le plus produit (en volumes) dans le monde après l'acide sulfurique.

Savez-vous pourquoi l'évolution de la production de NH_3 suit l'augmentation de la population mondiale ?



Parce que s'il est connu pour son utilisation comme nettoyant, décapant ou dégraissant, la principale application de l'ammoniac est la fabrication d'engrais nécessaires à la production alimentaire mondiale.

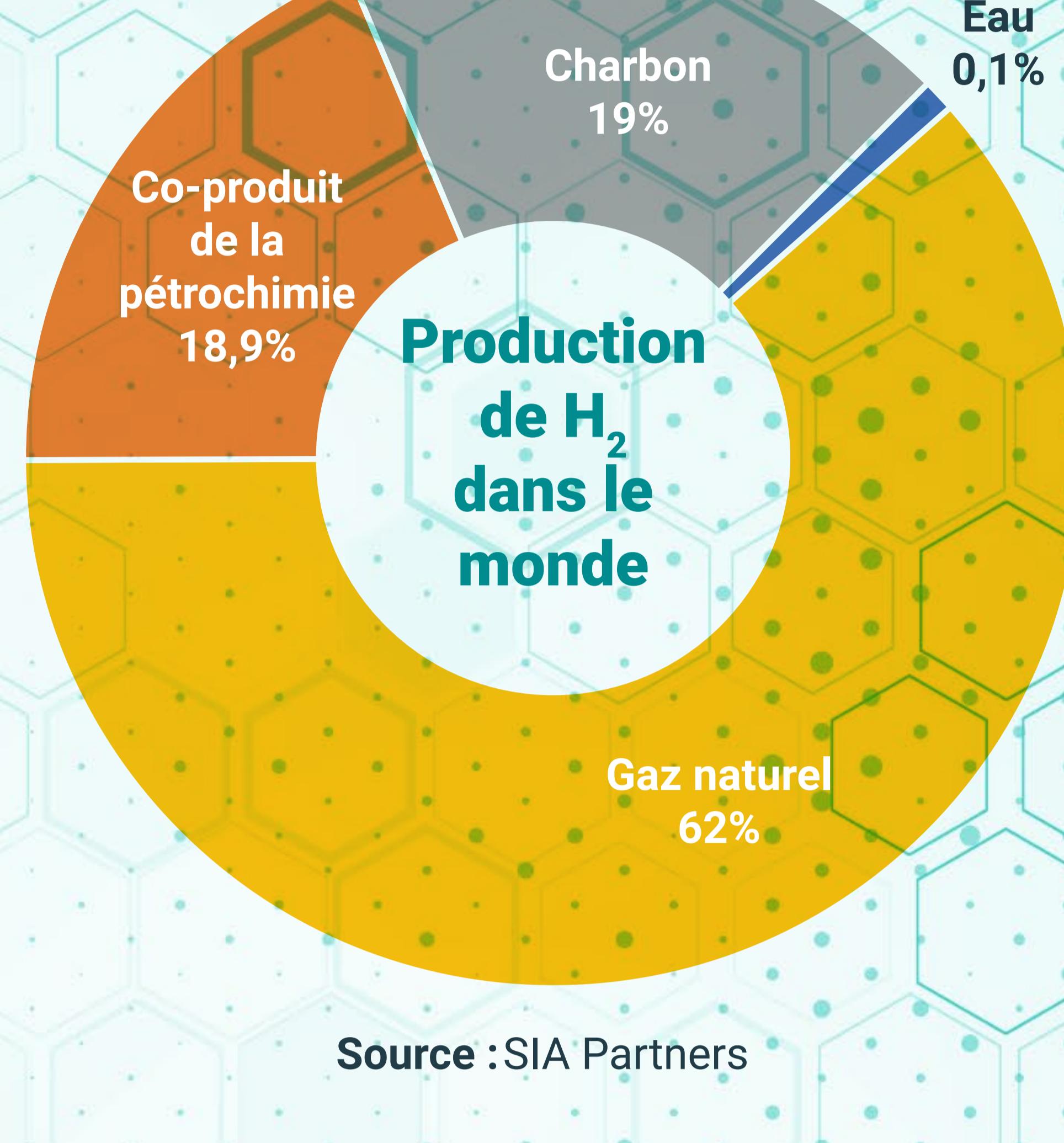


PRODUCTION ACTUELLE DE L'HYDROGÈNE



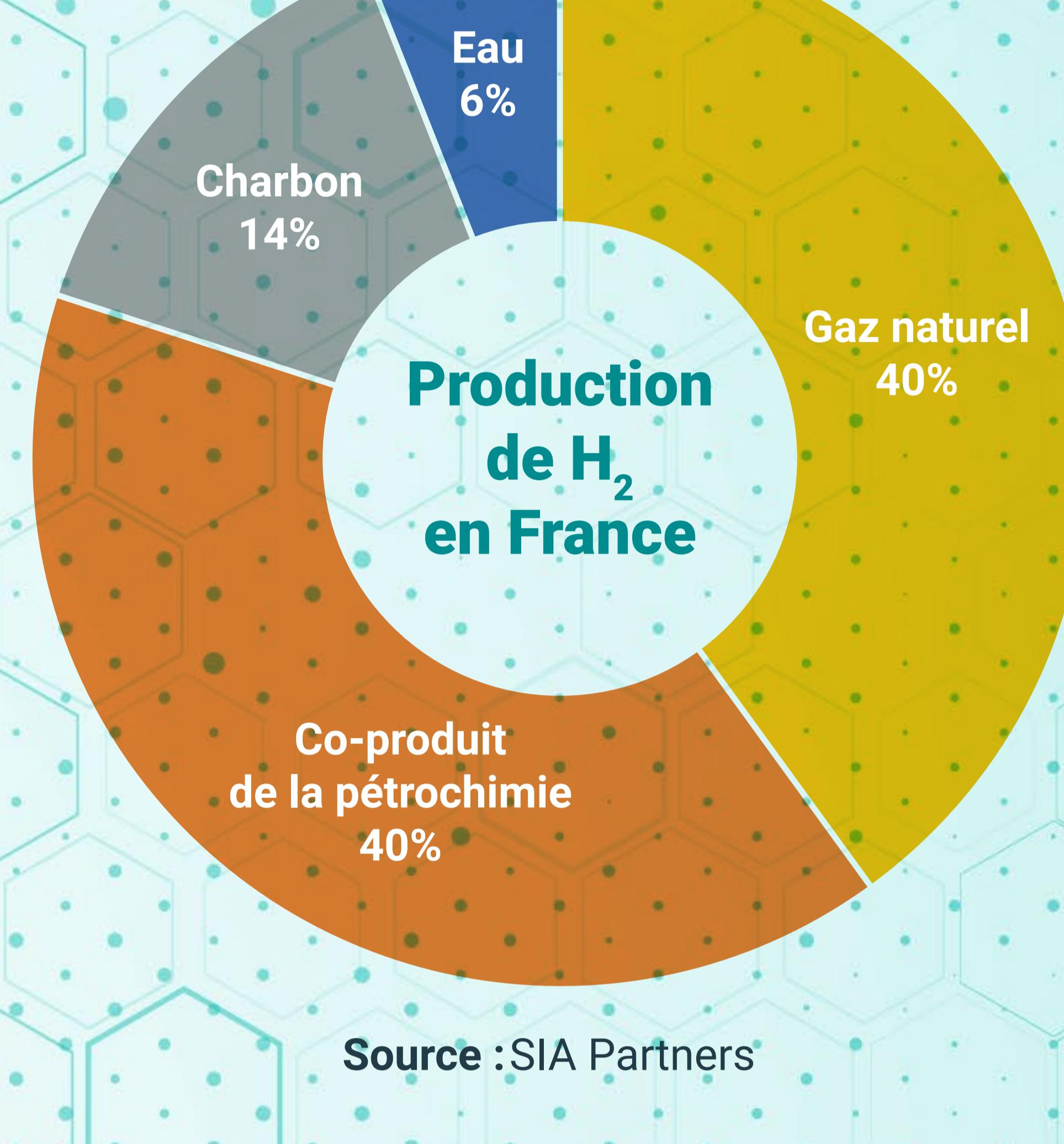
La production mondiale d'hydrogène obtenue à partir de ressources carbonées fossiles est de :

99,9 % au niveau mondial.



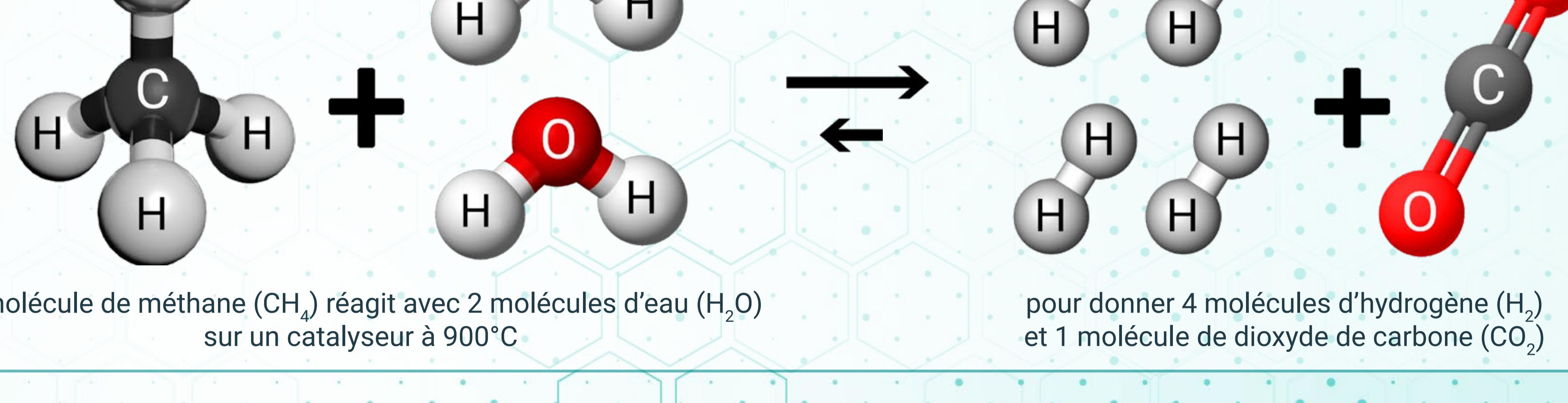
Source : SIA Partners

94 % en France.



Source : SIA Partners

L'hydrogène (H_2) est issu d'une réaction entre le méthane (CH_4), constituant principal du gaz naturel, et l'eau (H_2O) : c'est la réaction de vaporeformage.



1 molécule de méthane (CH_4) réagit avec 2 molécules d'eau (H_2O) sur un catalyseur à $900^\circ C$

pour donner 4 molécules d'hydrogène (H_2) et 1 molécule de dioxyde de carbone (CO_2)

Le vaporeformage est un procédé très complexe et très énergivore.

Pour 1 kg de H_2 produit, environ 9 kg de CO_2 sont émis.

CO_2

Production de dioxyde de carbone CO_2 (gaz à effet de serre)

Production d'hydrogène H_2



Des développements technologiques commencent à être mis en œuvre pour capturer le CO_2 au cours de la réaction de production d'hydrogène, notamment par le procédé de liquéfaction.



UTILISATIONS ACTUELLES DE L'HYDROGÈNE

94 Mt

H₂

En 2021, selon l'Agence Internationale de

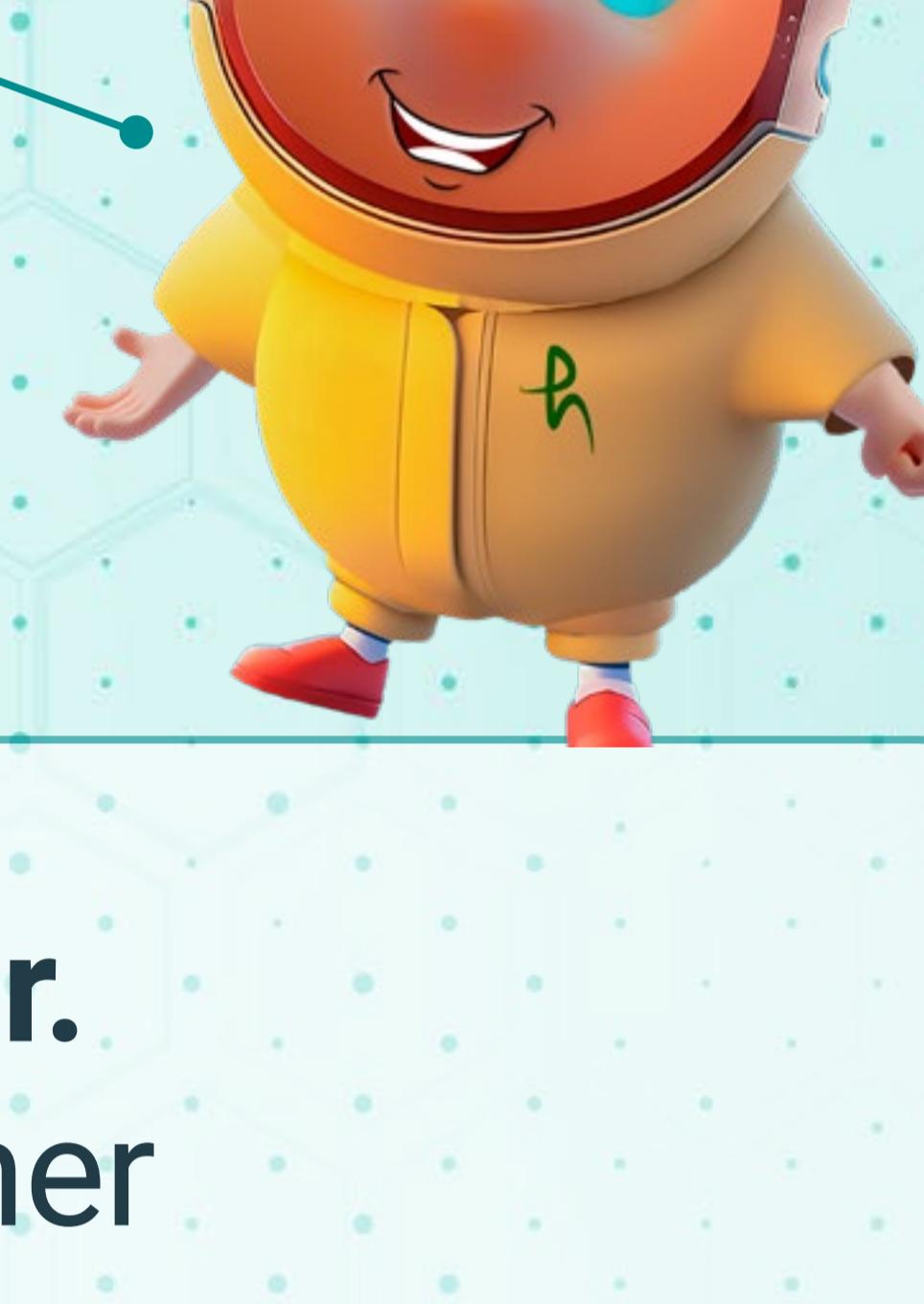
l'Energie, la consommation mondiale d'hydrogène

représentait 94 millions de tonnes.



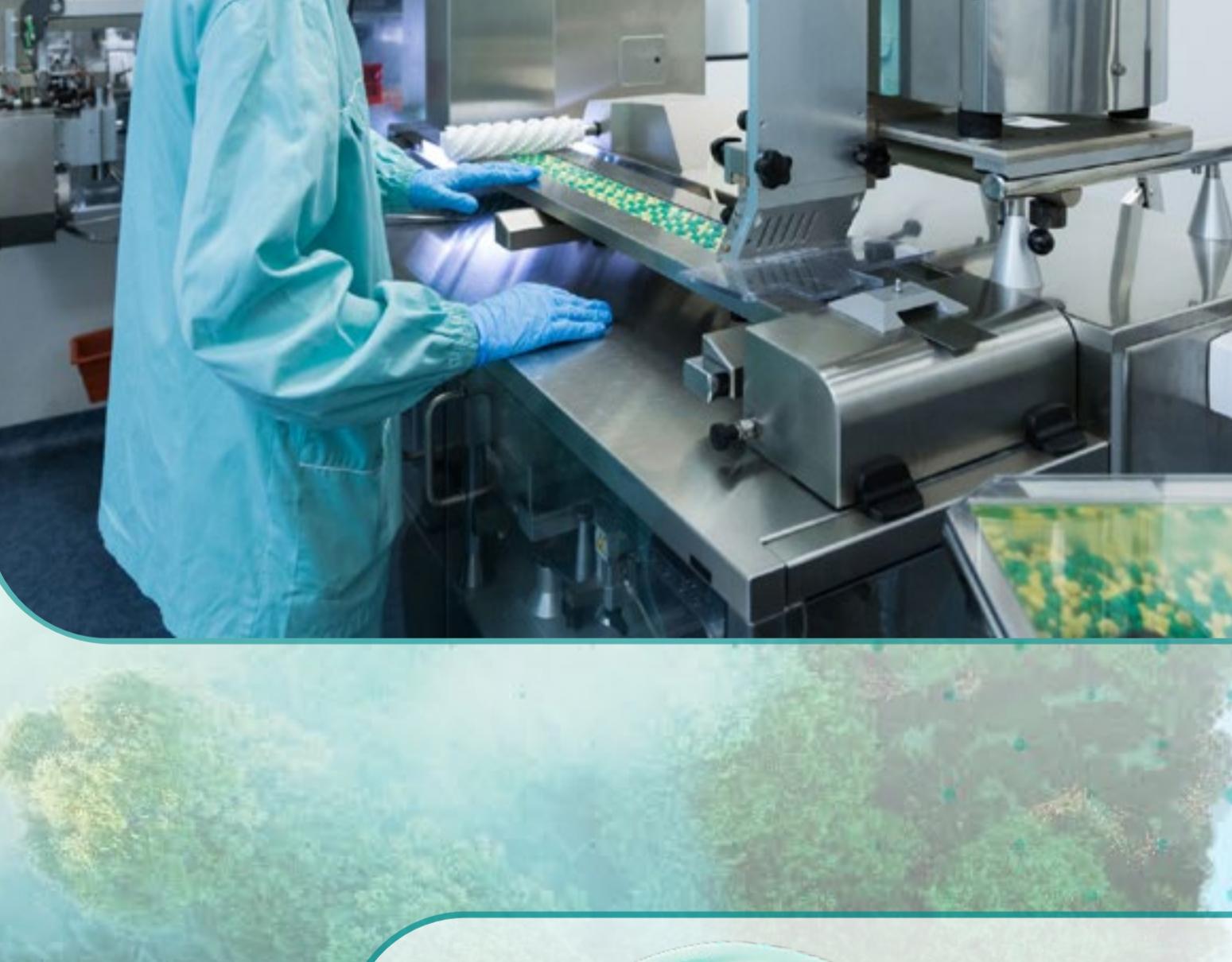
En France, un peu plus de 900 000 tonnes d'hydrogène sont utilisées annuellement.

Connaissez-vous les principales applications de l'hydrogène ?



De 40 à 45% pour le raffinage pétrolier.

L'hydrogène sert en particulier à éliminer le soufre présent dans le pétrole et les sables bitumineux.



Environ 16% pour la synthèse de méthanol.

C'est une molécule

« plateforme » de diverses industries : plasturgique, pharmaceutique, chimique...

Une molécule plateforme permet d'élaborer des molécules plus complexes.



Environ 5% pour la production de fer et d'acier. L'hydrogène est amené

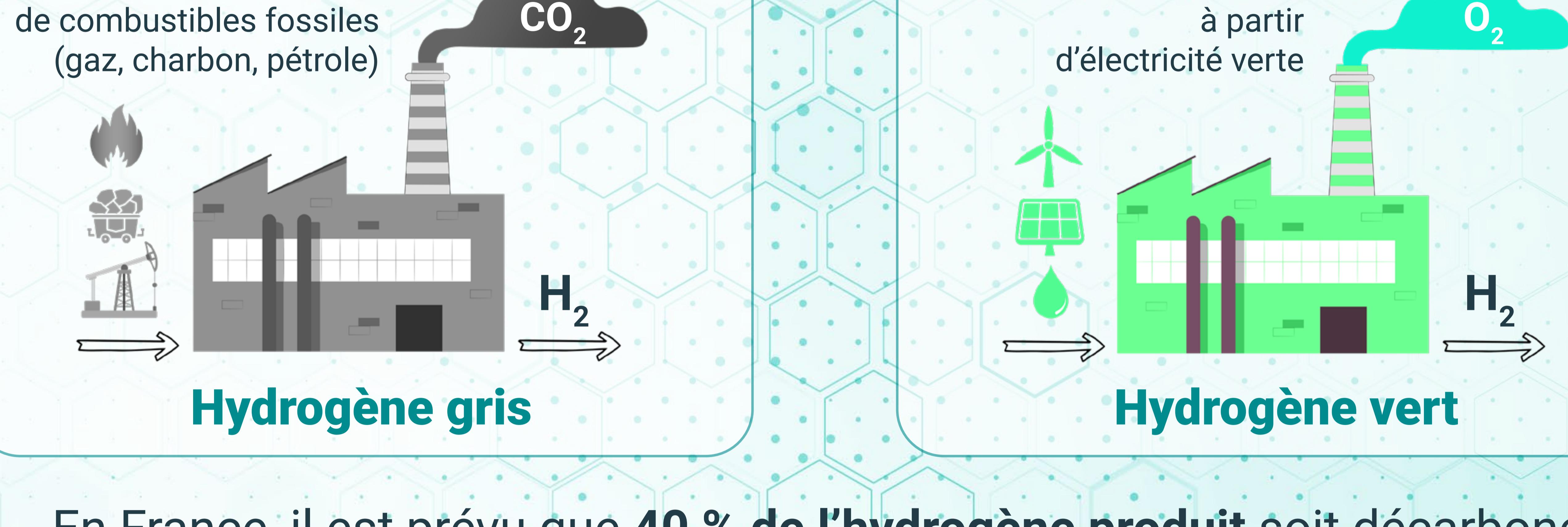
à fortement se développer pour décarboner l'industrie sidérurgique.





COMMENT PRODUIRE L'HYDROGÈNE VERT ?

L'hydrogène est utilisé dans l'industrie (raffinage, chimie...). Il est produit à partir de ressources carbonées. L'enjeu est de décarboner sa production.



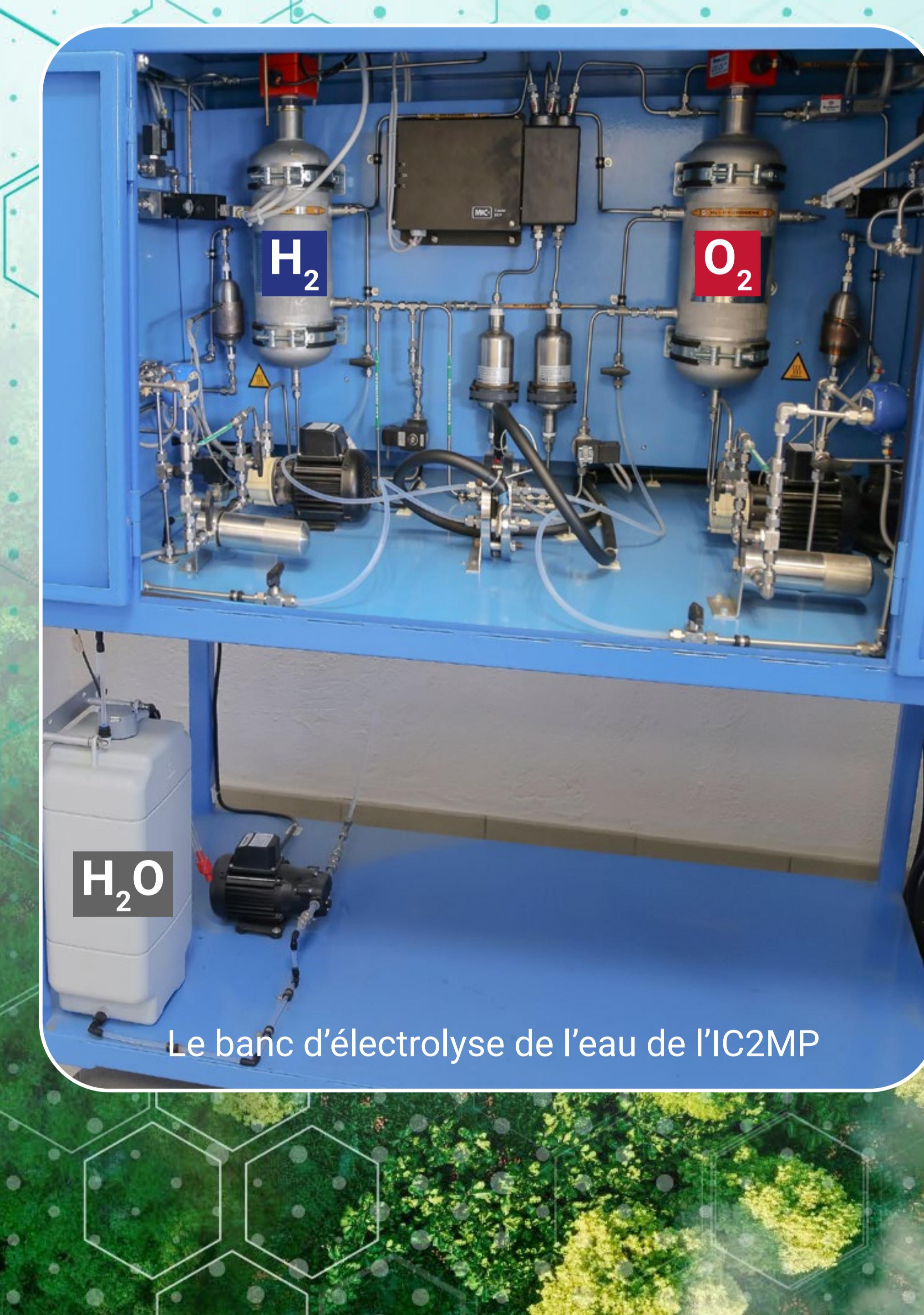
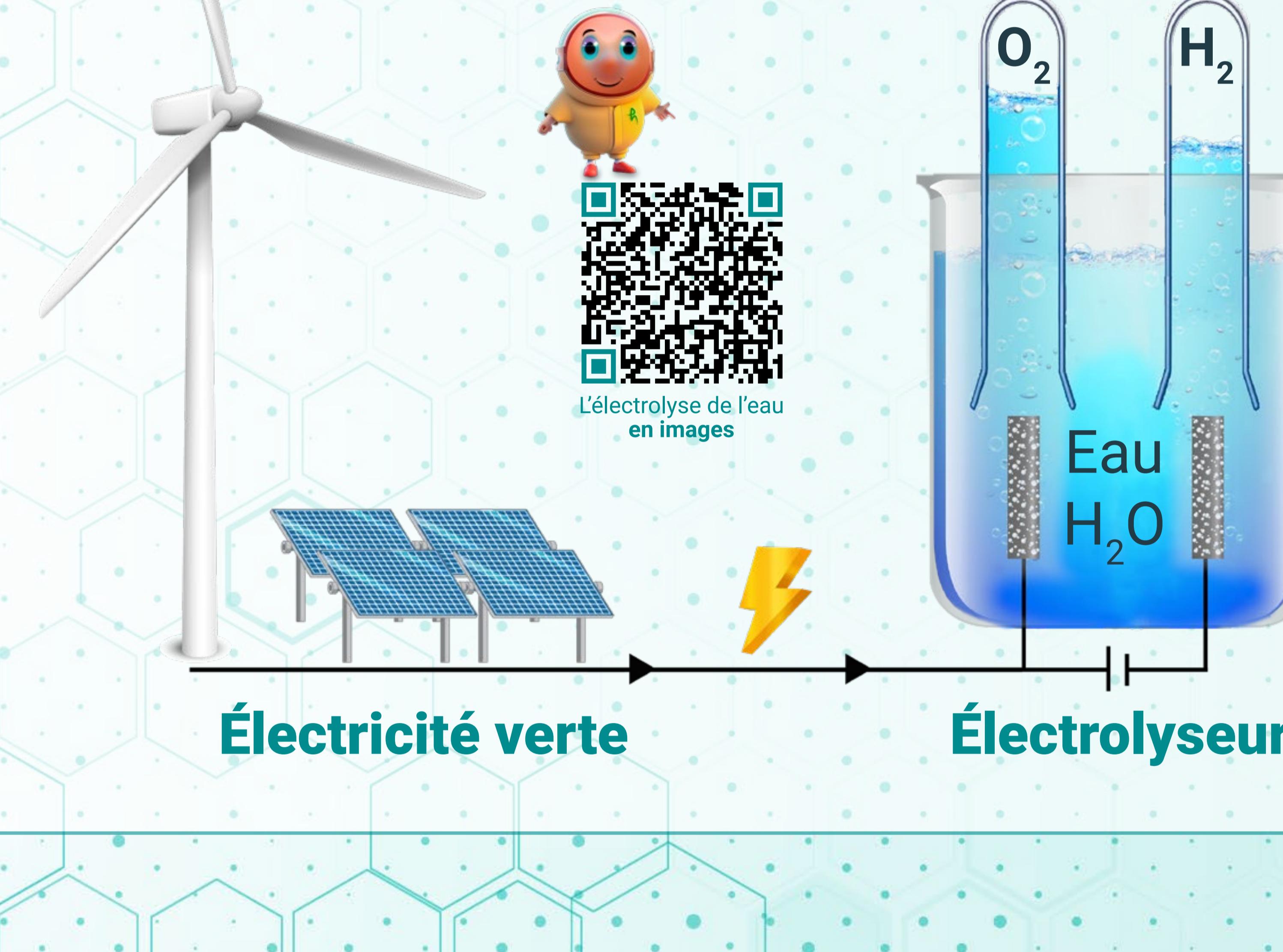
En France, il est prévu que 40 % de l'hydrogène produit soit décarboné.

Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau.

Cela consiste à décomposer les molécules d'eau (H_2O) en oxygène (O_2) et hydrogène (H_2) grâce à un courant électrique.

L'électrolyse de l'eau permet donc de stocker l'énergie des systèmes intermittents (éolien, solaire) sous forme d'hydrogène.

Les gaz d'oxygène et d'hydrogène sont collectés et stockés pour une utilisation ultérieure.



COMMENT PRODUIT-ON L'ÉLECTRICITÉ ?

L'électricité, tout comme l'hydrogène, est un vecteur d'énergie.

La première étape consiste à choisir une source d'énergie. Elle peut être issue des combustibles fossiles, des énergies renouvelables ou du nucléaire.

Dans la plupart des centrales, cette énergie sert à chauffer de l'eau pour produire de la vapeur d'eau. Cette vapeur d'eau actionne une turbine qui est reliée à un générateur électrique.

Les sources d'énergie

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT D'UNE CENTRALE ÉLECTRIQUE

Énergies carbonées :
pétrole, charbon,
gaz naturel



Une centrale thermique à flamme brûle des combustibles fossiles. Cette combustion génère de la chaleur.

Énergie nucléaire

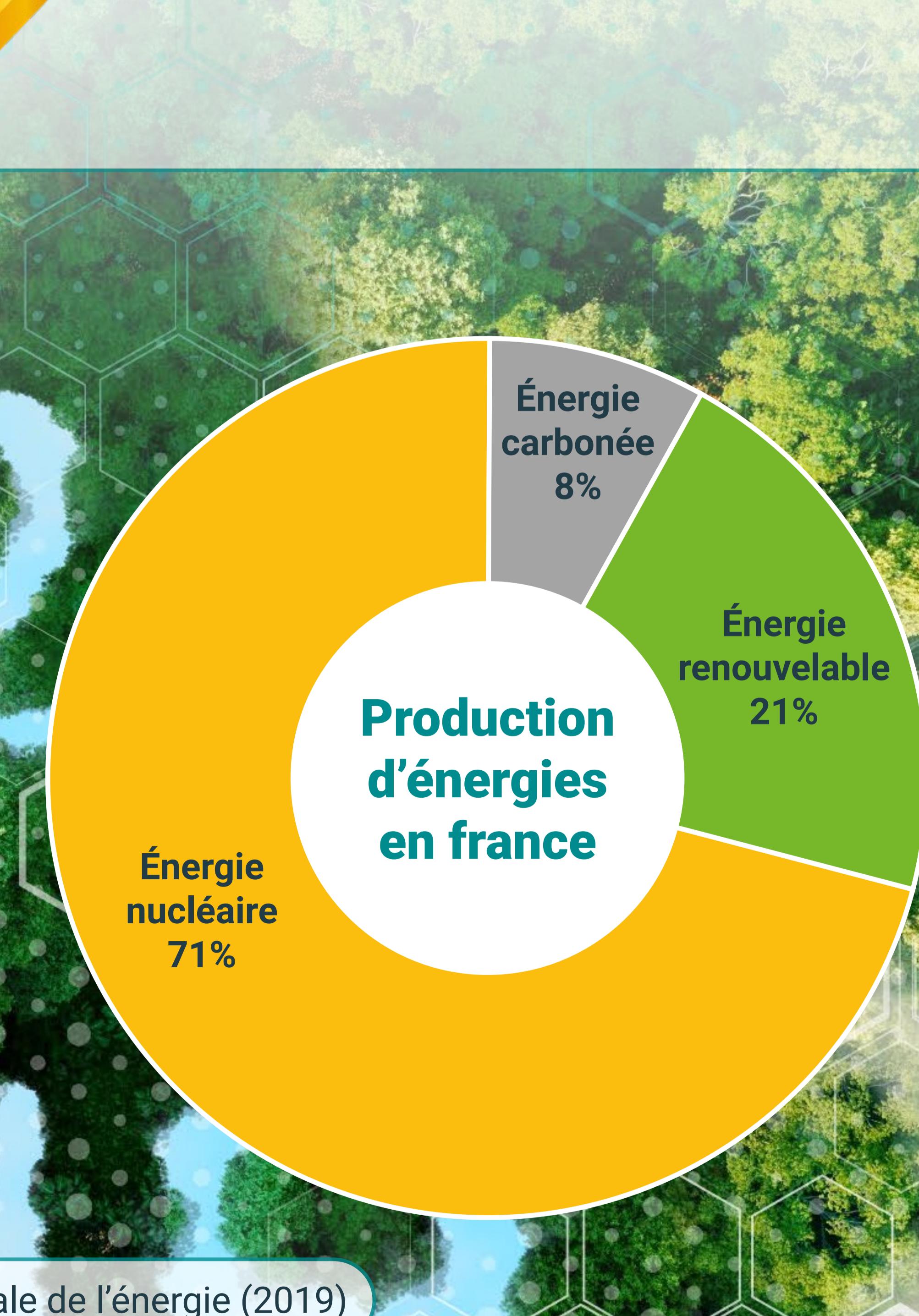
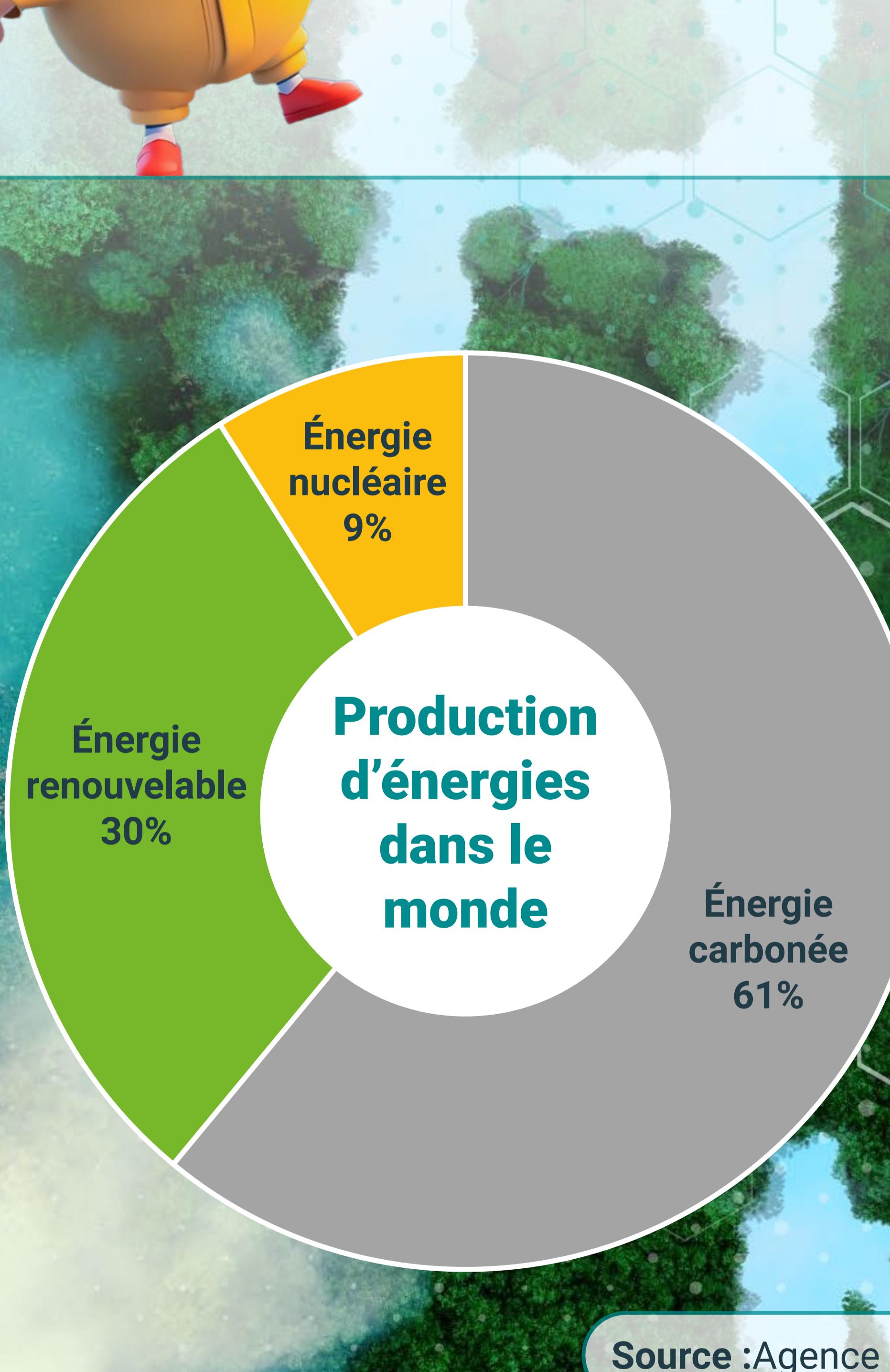
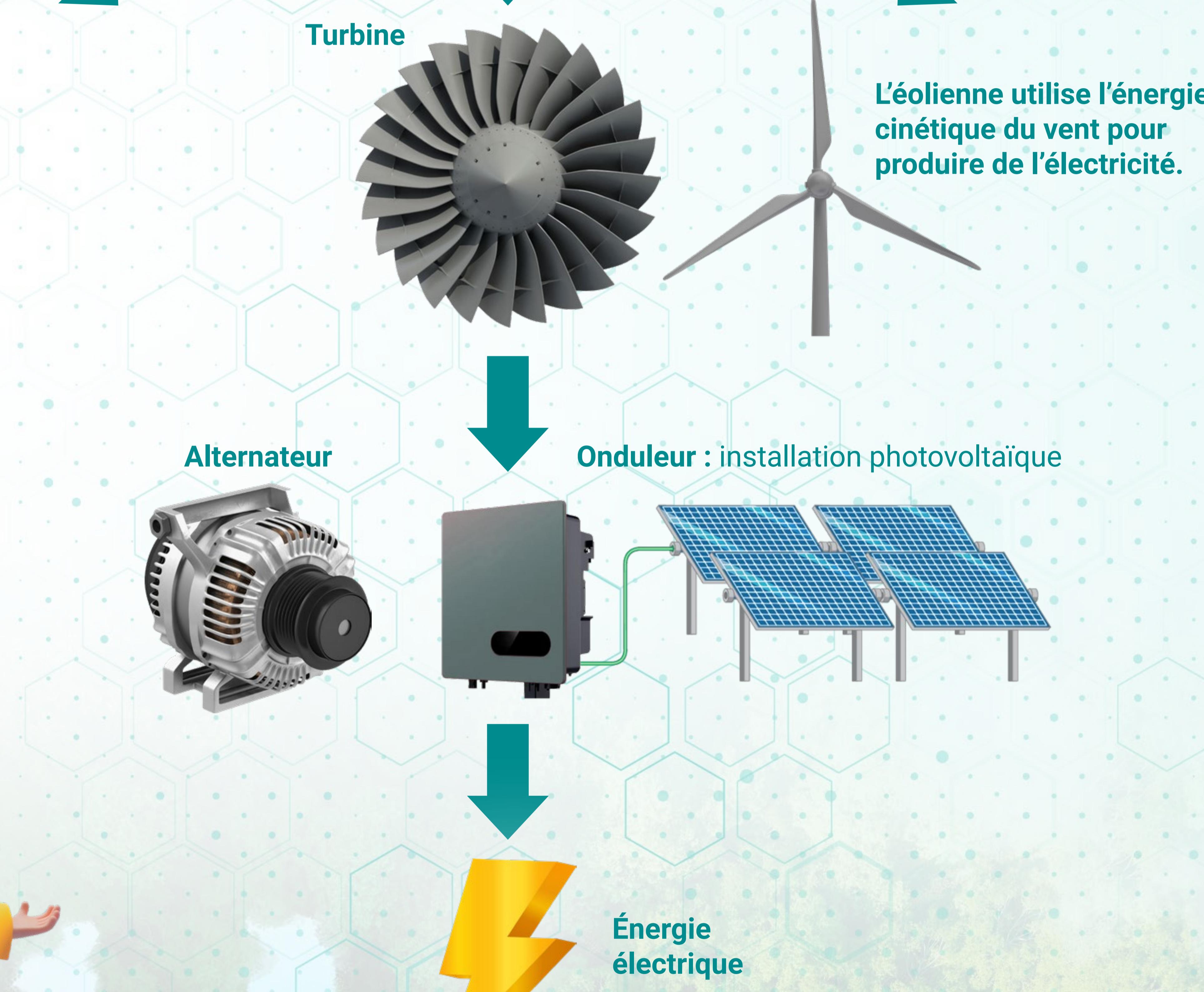


Dans une centrale nucléaire, grâce à la fission des noyaux des atomes d'uranium, l'énergie nucléaire est convertie en chaleur.

Énergies renouvelables :
solaire, éolienne,
hydraulique, géothermique



Une centrale géothermique génère de l'électricité en exploitant la chaleur terrestre.



Source : Agence internationale de l'énergie (2019)

L'HYDROGÈNE VERT COMBUSTIBLE DU FUTUR

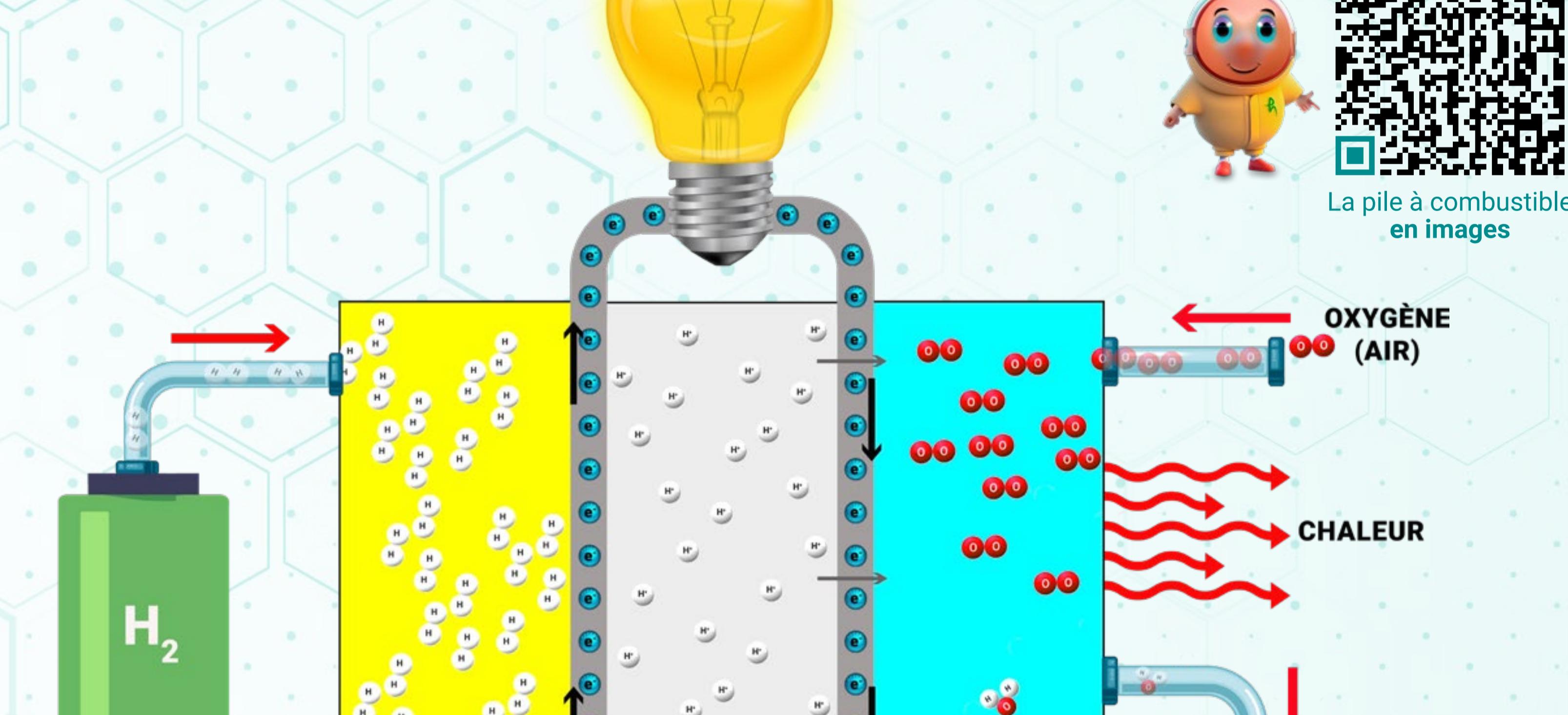


L'hydrogène présente un intérêt énergétique majeur. Le développement de cette filière repose en partie sur la technologie de la pile à combustible.

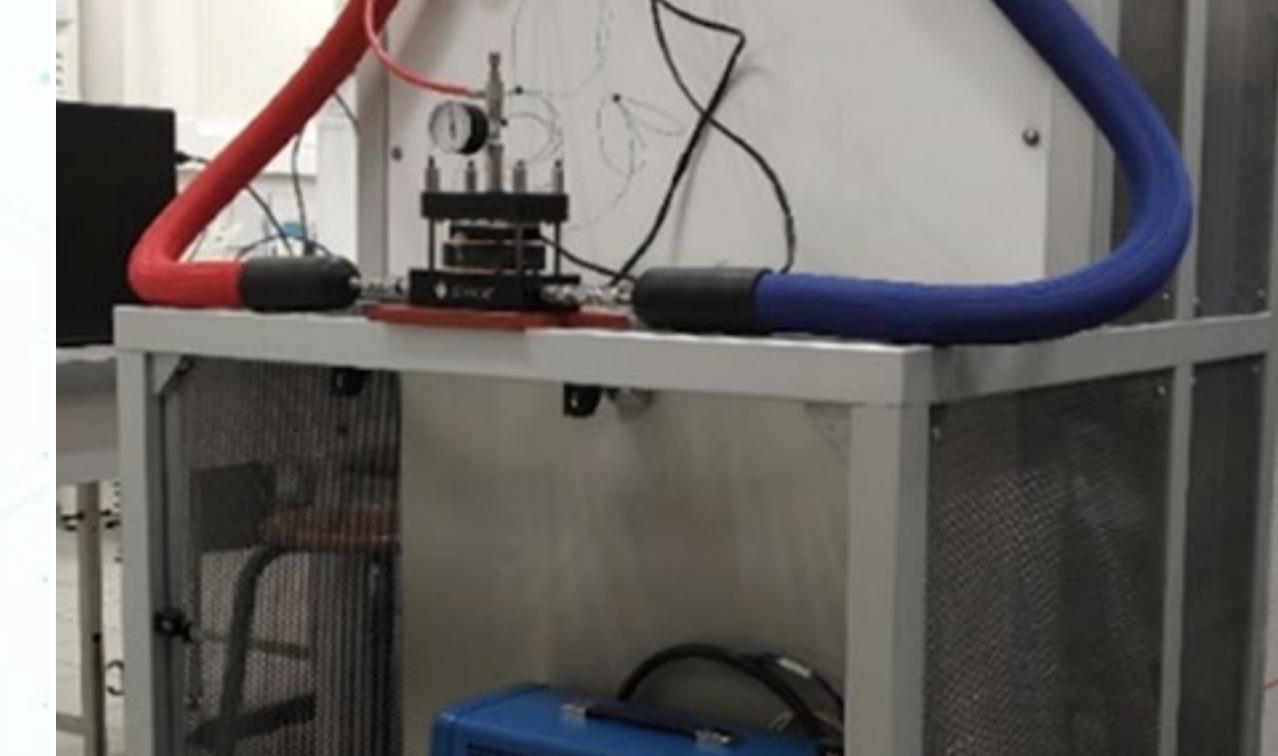
Pour faire fonctionner la pile, divers combustibles, tels que le gaz naturel, des alcools ou encore l'hydrogène, peuvent être employés, selon la température de fonctionnement.

L'hydrogène et la pile à combustible

En injectant de l'hydrogène et de l'air, la pile à combustible convertit directement l'énergie des réactions chimiques en électricité, tout en générant de la chaleur et de l'eau.



La pile à combustible H₂/Air à l' IC2MP



Les recherches ont débuté dès la fin des années 80 au laboratoire.

Amélioration de la méthode de synthèse des matériaux



Réduction des métaux critiques dans les électrodes

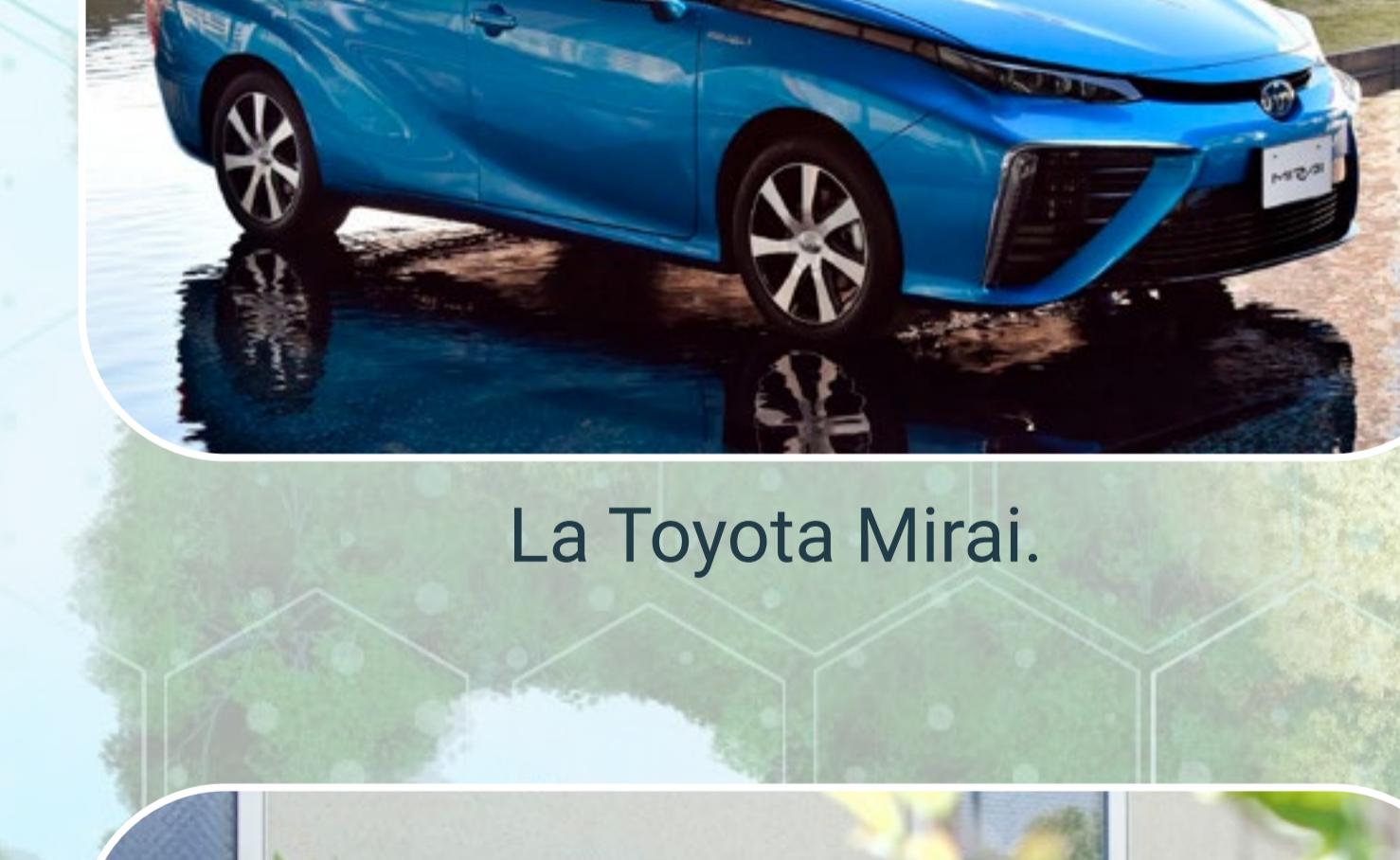


Augmentation de la performance de la pile

Les applications de l'hydrogène

La pile à combustible à hydrogène peut être utilisée pour alimenter en électricité différents systèmes :

- stationnaire (habitations)
- mobile (voitures, motos, bus, camions, bateaux...)



La Toyota Mirai.



Le CaetanoBus H2.City, développé avec Toyota, promet jusqu'à 400 km d'autonomie avec un plein.



Pile à combustible pour l'habitat ENE-Farm (Panasonic) au Japon.



Prototype H2K des entreprises françaises H2 Motronics et Tecmas Racing Team.

HYDROGÈNE ET AMMONIAC VERTS



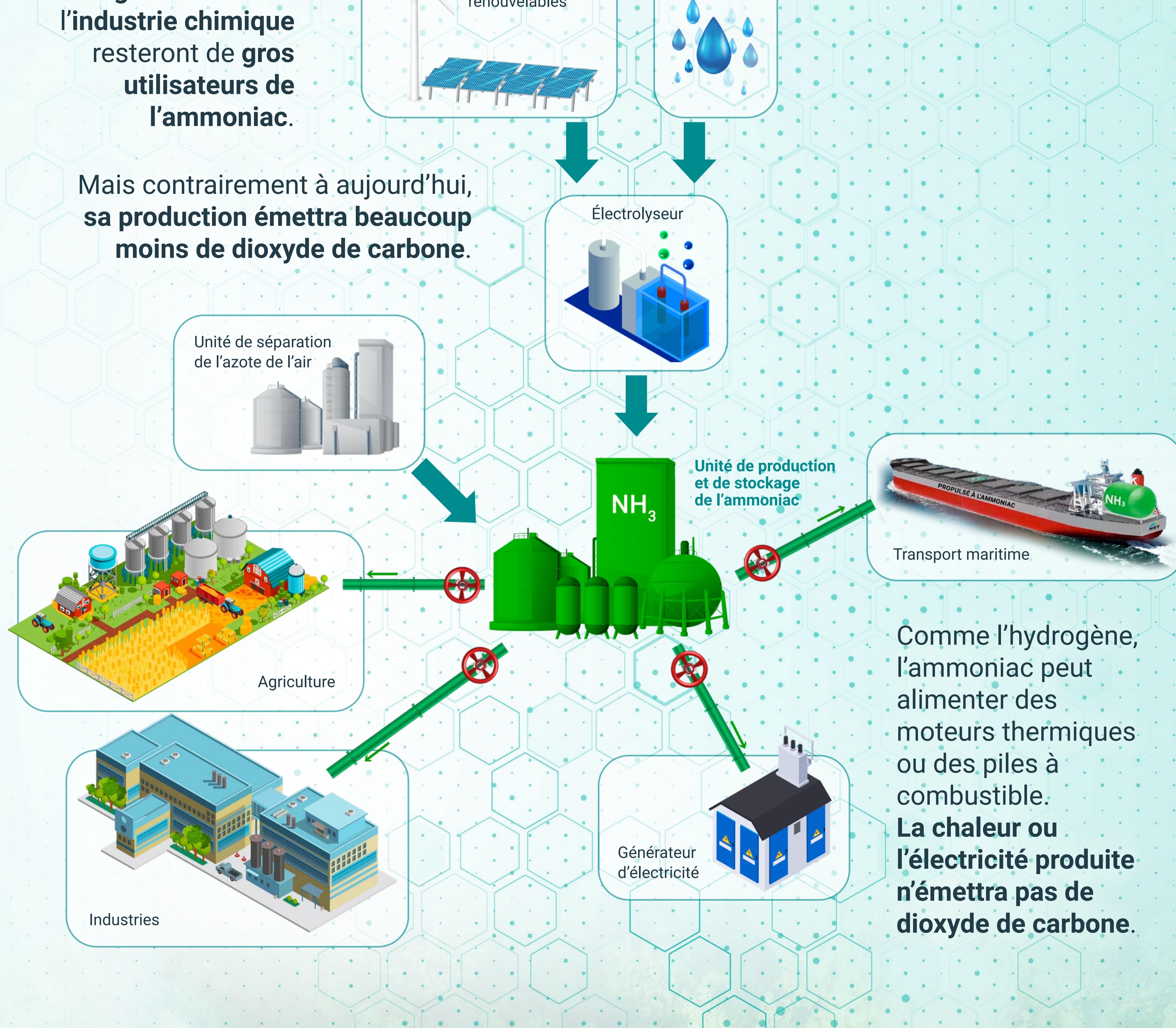
Un duo gagnant pour décarboner nos usages énergétiques !

Le développement de l'hydrogène vert rendra la production d'ammoniac beaucoup moins émettrice de gaz à effet de serre. L'ammoniac permettra de transporter et distribuer plus facilement l'hydrogène.

Ammoniac vert

Les secteurs de l'**agriculture** et de l'**industrie chimique** resteront de gros utilisateurs de l'ammoniac.

Mais contrairement à aujourd'hui, sa production émettra beaucoup moins de dioxyde de carbone.



Retour à l'hydrogène

Transport d'ammoniac



Transporter de l'ammoniac est plus facile et moins énergivore que transporter de l'hydrogène.

Décomposition



Une fois distribué, l'ammoniac peut être décomposé pour récupérer l'hydrogène.

Distribution de l'hydrogène



L'hydrogène sera alors disponible pour toutes ses futures applications : mobilité (voiture, bus, camion,...), stationnaire (chauffage), industrie (acier, cimenterie,...).

HYDROGÈNE ET AMMONIAC



Cette exposition a pour ambition de contribuer à l'information du public autour des questions liées à la transition énergétique via l'hydrogène et l'ammoniac.

Initiée par la **ville de Mignaloux-Beauvoir**, l'action a bénéficié du support scientifique des chercheurs de l'**Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers – IC2MP**, laboratoire de l'Université de Poitiers et du **Centre national de la recherche scientifique (CNRS)** et du soutien financier de la **Région Nouvelle Aquitaine** dans le cadre du **Programme d'animation d'Initiatives de culture scientifique, technique et industrielle**.

Ont participé à la réalisation de cette exposition :

- **Mairie de Mignaloux-Beauvoir**
Lilian HUARD, responsable de communication
- **Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers – IC2MP, Université de Poitiers/CNRS**
Nicolas BION, directeur de recherche au CNRS
Têko W. NAPPORN, directeur de recherche au CNRS
Dodzi ZIGAH, professeur des universités
Yves ALMECIJA, assistant ingénieur au CNRS- IC2MP
Elisabeth NAU, chargée de communication au CNRS - IC2MP