



# PERSPECTIVES DE RÉDUCTION MASSIVE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE DUES À L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE ET L'UTILISATION DE PRODUITS ISSUS DU RAFFINAGE ET DE LA PÉTROCHIMIE



*Think tank indépendant dédié à la croissance, à la  
compétitivité et à la prospérité*

EDITION  
AVRIL 2022

# AVANT-PROPOS

Lorsque l'on évoque le pétrole, on pense immédiatement aux carburants des véhicules. On estime donc que l'on pourra s'en passer prochainement grâce aux batteries électriques et à l'hydrogène. Pourtant, au-delà des carburants, il y a peu de matériaux de la vie de tous les jours qui ne soient pas issus du raffinage ou de la pétrochimie : plastiques, fibres textiles, adhésifs, détergents, cosmétiques, médicaments, emballages alimentaires, tuyaux, flacons et tout simplement les lubrifiants absolument indispensables au bon fonctionnement de toutes les machines que nous utilisons. Il faut également avoir en tête tout le potentiel des carburants bas carbone que peuvent utiliser les infrastructures existantes pour leur production (raffineries) et leur distribution (dépôts et stations-service) et peuvent être incorporés dans la plupart des moteurs thermiques existants.

En cela, l'activité de raffinage est stratégique pour un pays. C'est un enjeu de souveraineté, économique et militaire. Maintenir cette activité sur notre sol est vital pour notre pays.

Cette activité industrielle de souveraineté doit cependant intégrer l'impératif climatique : elle doit réduire ses émissions de gaz à effet de serre et viser la neutralité carbone à l'horizon 2050. Il sera difficile d'y parvenir sans la mise en place d'infrastructure de CSC (capture et stockage de carbone). Il s'agit d'une nouvelle infrastructure essentielle au même titre que les réseaux électriques, les gazoducs et oléoducs, les autoroutes, les voies navigables, que les pouvoirs publics doivent planifier.

Une autre voie consisterait à produire l'hydrogène nécessaire au raffinage par électrolyse. Mais cette option requiert une électricité abondante et bon marché qui pourrait faire défaut avec les attermoissements de notre politique énergétique. Il faut saluer à cet égard la nouvelle relance de la construction de centrales nucléaires annoncée par le Président de la République, mais qui mettra du temps à produire ses effets.

La crise internationale majeure Russie / Ukraine a des conséquences immédiates sur l'ensemble du mix énergétique mettant en avant des enjeux de souveraineté. Elle rend encore plus urgente et pertinente les recommandations de la Fondation Concorde formulées dans cette note.

Philippe Ansel  
Chef économiste de la Fondation Concorde

Note réalisée par Luc DOMERGUE, Ingénieur, MBA HEC, membre du Comité scientifique de la Fondation Concorde, et Timothée WAXIN, enseignant-chercheur à l'EMLV Business School – De Vinci Research Center (DVRC), rédacteur

Les auteurs remercient les experts de la Fondation Concorde et les personnes rencontrées dans le cadre de ce travail, tout particulièrement Pierre-Franck Chevet et Christian Gollier.

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	3
1. LE RAFFINAGE : UNE INDUSTRIE DE SOUVERAINETÉ.....	5
2. COMMENT DÉCARBONER LE PROCESSUS DE RAFFINAGE .....	9
ANNEXE .....	15

# INTRODUCTION

Dans le contexte européen du pacte vert et de l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 – « demain » à l'échelle industrielle – le devenir des sites industriels nationaux à forte émission de carbone se pose avec acuité.

L'objectif de cette note, en prenant l'exemple du raffinage et de la pétrochimie, est de montrer à quel point il est urgent de :

- Prendre des décisions novatrices apportant à la fois une impulsion et une garantie des pouvoirs publics pour maintenir et développer les capacités de production existantes qui constitue un enjeu clé de souveraineté économique et militaire et représentent au moins 33.200 emplois\* ainsi qu'un gisement de compétences stratégiques ;
- Souligner que, pour atteindre le net carbone en 2050, ces sites industriels doivent définir dès à présent un itinéraire de décarbonation compatible année après année avec le maintien de leur compétitivité au plan international ;
- Explorer toutes les voies technologiques sans savoir à ce jour celles qui se concrétiseront réellement.

Nous émettons six recommandations :

**1** PRENDRE CONSCIENCE DE L'ENJEU DE SOUVERAINETÉ ÉCONOMIQUE ET MILITAIRE DES ACTIVITÉS DE RAFFINAGE

**2** METTRE EN PLACE LE MACF (MÉCANISME D'AJUSTEMENT CARBONE AUX FRONTIÈRES) POUR PROTÉGER LE RAFFINAGE EUROPÉEN DES IMPORTATIONS DE ZONES GÉOGRAPHIQUES NON ASSUJETTIES AUX DISPOSITIFS DE LUTTE CONTRE LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

**3** RÉDUIRE FORTEMENT LES IMPÔTS DE PRODUCTION POUR RÉTABLIR UNE SITUATION DE CONCURRENCE ÉQUITABLE POUR LE RAFFINAGE FRANÇAIS AU SEIN DE L'ESPACE ÉCONOMIQUE EUROPÉEN

**4** REFORMULER TRÈS RAPIDEMENT LA PPE (PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE) POUR ÉTABLIR UNE FEUILLE DE ROUTE CLAIRE EN FAVEUR D'UNE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ NUCLÉAIRE PROLONGÉE ET RENFORCÉE, SEULE À MÊME DE FOURNIR L'ÉLECTRICITÉ DÉCARBONÉE COMPÉTITIVE QUE NÉCESSITE LA TRANSITION CLIMATIQUE

---

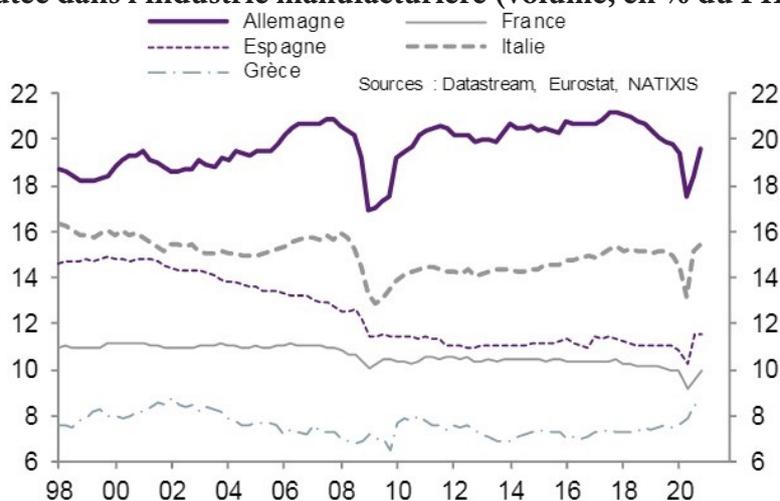
\* Source : OPCO 2i, Panorama des branches professionnelles 2020, branche des industries pétrolières (qui couvre les activités d'extraction, de raffinage ainsi qu'une partie des activités de la pétrochimie et de la distribution des carburants et combustibles).

**5** METTRE EN PLACE DES INFRASTRUCTURES DE CAPTURE ET STOCKAGE DE CO<sub>2</sub>, QUI CONSTITUENT UNE NOUVELLE INFRASTRUCTURE ESSENTIELLE AU MÊME TITRE QUE L'ÉLECTRIFICATION, LES GAZODUCS ET OLÉODUCS, LES AUTOROUTES, LES VOIES NAVIGABLES...

**6** DÉFINIR UNE TRAJECTOIRE DE MONTÉE EN PUISSANCE DES CARBURANTS LIQUIDES BAS CARBONE POUR QUE L'UNION EUROPÉENNE PUISSE ATTEINDRE SON OBJECTIF EN 2050

Les recommandations 2 à 5 sont génériques pour l'industrie française. Elles forment un socle indispensable pour éviter que la poursuite de l'objectif de neutralité carbone à l'horizon 2050 n'accroisse encore davantage la grande désindustrialisation du pays. La France est en effet le pays le plus désindustrialisé de la zone euro après la Grèce.

#### Valeur ajoutée dans l'industrie manufacturière (volume, en % du PIB volume)



Au contraire, ce socle de mesures est en mesure de rebâtir l'industrie décarbonée et compétitive dont le pays a besoin pour renouer avec la prospérité.

# 1. LE RAFFINAGE : UNE INDUSTRIE DE SOUVERAINETÉ

L'utilisation du pétrole ne se limite pas aux uniquement aux carburants des véhicules. D'ailleurs, les batteries électriques et l'hydrogène ne permettront pas de s'en passer prochainement. Au-delà des carburants, il y a peu de matériaux de la vie de tous les jours qui ne soient pas issus du raffinage ou de la pétrochimie.

## Principaux produits de raffinage du pétrole brut

Gaz d'hydrocarbures	Utilisations	Gaz d'hydrocarbures	Utilisations
Gaz liquéfiés	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gaz</li> <li>■ Gaz carburant pour moteurs</li> <li>■ Gaz d'éclairage</li> <li>■ Ammoniac</li> <li>■ Engrais synthétiques</li> <li>■ Alcools</li> <li>■ Solvants et acétone</li> <li>■ Plastifiants</li> <li>■ Résines et fibres pour plastiques et textiles</li> <li>■ Peintures et vernis</li> </ul>	Matières premières pour l'industrie chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Produits du caoutchouc</li> </ul>
Noir de carbone	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Encres d'imprimerie</li> <li>■ Industrie du caoutchouc</li> </ul>		

<i>Distillats légers :</i>			
Naphtas légers	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Oléfines</li> <li>■ Solvants et diluants</li> <li>■ Matières premières pour l'industrie chimique</li> </ul>	Naphtas intermédiaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Essence aviation et automobiles</li> <li>■ Solvants de nettoyage à sec</li> </ul>
Gazole	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Charge de craquage</li> <li>■ Huile de chauffage et carburant diesel</li> <li>■ Combustible pour la métallurgie</li> <li>■ Huile d'absorption pour l'extraction du benzène et de l'essence</li> </ul>	Naphtas lourds	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Carburateurs militaires et kérosène</li> <li>■ Carburants pour tracteurs</li> </ul>

<i>Distillats lourds :</i>			
<b>Huiles de lubrification</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Huile pour transformateur et huile à broche</li> <li>■ Huiles pour moteurs et pour essieux</li> <li>■ Huiles pour machines et compresseurs</li> <li>■ Huiles pour turbines et huiles hydrauliques</li> <li>■ Huiles pour transmission</li> <li>■ Huiles d'isolation pour machines et câbles</li> <li>■ engrenages et moteurs à vapeur</li> <li>■ Huiles pour traitement des métaux, huiles de coupe et de meulage</li> <li>■ Huiles de refroidissement et huiles antiroilles</li> <li>■ Huiles pour échangeurs de chaleur et pour encres d'imprimerie</li> <li>■ Graisses et produits lubrifiants</li> </ul>	<b>Huiles techniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■</li> <li>■</li> <li>■</li> </ul> <p>Huiles pour textiles Huiles médicinales et cosmétiques Huile blanche pour l'industrie de l'alimentation</p>
<b>Paraffines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Industrie du caoutchouc</li> <li>■ Produits pharmaceutiques et cosmétiques</li> <li>■ Industries de l'alimentation et du papier</li> <li>■ Bougies et allumettes</li> </ul>		
<i>Résidus :</i>			
<b>Bitumes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bitumes routiers</li> <li>■ Matériaux pour toitures</li> <li>■ Lubrifiants asphaltiques</li> <li>■ Isolation et protection de fondations</li> <li>■ Produits en papier imperméable à l'eau</li> </ul>	<b>Pétrolatum</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vaseline</li> <li>■ Produits cosmétiques et capillaires</li> <li>■ Antiroilles et lubrifiants</li> <li>■ Produits d'enrobage de câbles</li> </ul>
<b>Fioul résiduel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Huile pour chaudière et fioul pour procédé</li> </ul>		

<i>Sous-produits du raffinage :</i>			
<b>Coke</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Électrodes et combustible</li> </ul>	<b>Soufre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Produits chimiques</li> </ul>
<b>Sulfonâtes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Émulsifiants</li> </ul>	<b>Acide sulfurique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Engrais synthétiques</li> </ul>
<b>Hydrogène</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Reformage des hydrocarbures</li> </ul>		

Cette liste impressionnante d'utilisations permet de comprendre le rôle clé de l'activité de raffinage d'hydrocarbures dans l'économie d'un pays : cette activité irrigue et conditionne en amont une grande partie de l'activité industrielle. C'est également un enjeu de souveraineté militaire : une armée ne peut et ne pourra se passer avant très longtemps d'un approvisionnement en kérosène pour son aviation, en carburants pour ses véhicules, et également tout simplement en lubrifiants.

A long terme, la pétrochimie pourrait connaître des perspectives nouvelles avec le bio-raffinage du végétal.

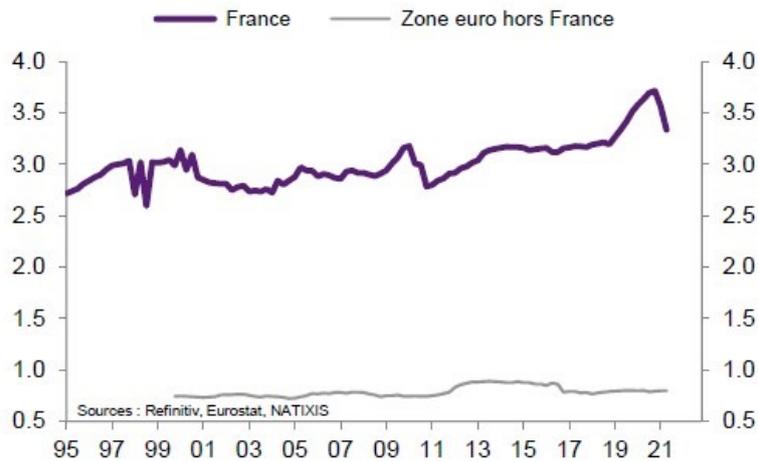
## 1 PRENDRE CONSCIENCE DE L'ENJEU DE SOUVERAINETÉ ÉCONOMIQUE ET MILITAIRE DES ACTIVITÉS DE RAFFINAGE

Cependant, comme toute activité industrielle, le raffinage français est confronté à une concurrence internationale inévitable entre les raffineries européennes soumises aux politiques de réduction de CO<sub>2</sub> initiées par la CEE et celles d'autres zones géographiques, comme le Moyen-Orient, qui ne sont pas soumises aux mêmes obligations. Le MACF (Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières) que la présidence française de l'Union européenne espère faire progresser sur le principe au printemps 2022 est un moyen efficace de rétablir des conditions de concurrence équitables avec le raffinage hors UE. Le MACF taxe les importations de produits à plus haute intensité de carbone, en fonction de leur contenu en CO<sub>2</sub> et ce, conformément aux règles du commerce international, afin d'éviter que les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre consentis par l'UE ne soient neutralisés par l'importation de produits fabriqués dans des pays qui ne luttent pas contre les émissions de CO<sub>2</sub>. C'est ce qu'on appelle les fuites de carbone.

## 2 METTRE EN PLACE LE MACF (MÉCANISME D'AJUSTEMENT CARBONE AUX FRONTIÈRES) POUR PROTÉGER LE RAFFINAGE EUROPÉEN DES IMPORTATIONS DE ZONES GÉOGRAPHIQUES NON ASSUJETTIES AUX DISPOSITIFS DE LUTTE CONTRE LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Au niveau européen, les raffineries françaises sont pénalisées, comme toutes les autres industries, par des taxes spécifiques, les impôts de production, ne leur permettant pas de lutter à armes égales.

### Impôts de production des entreprises (en % du PIB valeur)



Les impôts de production représentent près de 3% de PIB soit 70 milliards d'euros de charges supplémentaires qui pèsent principalement sur les secteurs industriels par rapport aux autres pays européens. Les entreprises françaises payent six fois plus d'impôts à la production que les entreprises allemandes, plus que tous les Etats membres de la zone euro réunis ! Cela représente un prélèvement supplémentaire de plus de 8% sur la valeur ajoutée des entreprises industrielles.

Or, avec le développement de la voiture électrique, les besoins en carburants sont appelés à baisser ce qui amènera à réduire les capacités raffinage européen par la fermeture de sites. Du fait des différences de compétitivité et de rentabilité induites par la surcharge des impôts de production, la France risque de concentrer les fermetures de capacités de raffinage sur son territoire.

**3** RÉDUIRE FORTEMENT LES IMPÔTS DE PRODUCTION POUR RÉTABLIR UNE SITUATION DE CONCURRENCE ÉQUITABLE POUR LE RAFFINAGE FRANÇAIS AU SEIN DE L'ESPACE ÉCONOMIQUE EUROPÉEN

## 2. COMMENT DÉCARBONER LE PROCESSUS DE RAFFINAGE

Le raffinage est fortement émetteur de CO<sub>2</sub>, à hauteur de 8 millions de tonnes par an, en particulier via la production et l'utilisation de l'hydrogène (H<sub>2</sub>). Aujourd'hui, l'hydrogène pour l'industrie est produit quasi intégralement en l'extrayant du gaz naturel sous l'action de la vapeur d'eau surchauffée. Ce vaporeformage du méthane, après désulfuration du gaz naturel, se fait en deux étapes à haute température (entre 700°C et 1.000°C) où sont rompues les liaisons de l'hydrogène (dans l'eau avec l'oxygène, dans le méthane avec le carbone). A la sortie du vaporéacteur, l'hydrogène pur est séparé du CO<sub>2</sub> qui peut être capturé, et d'un mélange en excès de CO, de méthane et de vapeur d'eau (syngas) qui est utilisé pour fournir la chaleur utile au vaporeformage.

Dans cette perspective, la décarbonation de la production d'hydrogène est un enjeu clé pour décarboner le raffinage.

### LA DÉCARBONATION DE LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE

La production d'H<sub>2</sub> française s'élève à 0,9 million de tonnes par an (75 millions de tonnes dans le monde) et représente 2,5% des émissions de CO<sub>2</sub> du pays. La décarbonation de la production d'hydrogène est donc un enjeu climatique particulièrement important. Le gouvernement a lancé un grand plan qui doit permettre à la France de devenir un acteur mondial de l'hydrogène à l'horizon 2030. Il s'agit non seulement de produire de l'hydrogène décarboné rentable, mais aussi de développer des usages économiquement viables, notamment dans la mobilité.

L'objectif est de construire une filière française de l'hydrogène décarboné, leader dans le monde permettant d'économiser 6 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> en 2030.

Le premier objectif vise à décarboner les usages industriels de l'hydrogène en particulier ceux du raffinage par une production par électrolyse de l'eau.

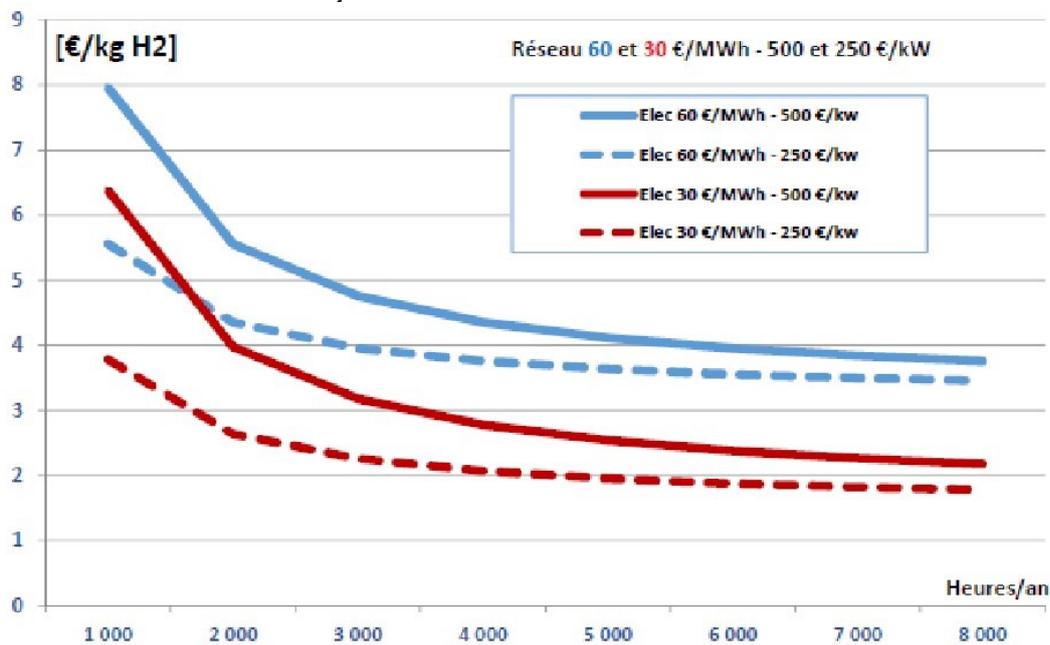
A l'heure actuelle, l'ensemble de l'industrie utilise l'**hydrogène gris** qui est fabriqué par procédés thermochimiques avec du gaz naturel. De son côté, le raffinage co-produit et autoconsomme de l'hydrogène. En théorie, différentes solutions lui permettent de décarboner la production d'H<sub>2</sub> :

- **L'hydrogène vert** qui est fabriqué par électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant uniquement d'énergies renouvelables, donc de manière intermittente en fonction de l'intensité du vent et de l'ensoleillement. Cette option ne peut donc pas être envisagée par l'industrie pétrolière qui a besoin d'un approvisionnement en hydrogène continu pour ses raffineries ;
- **L'hydrogène jaune**, plus spécifique à la France, qui est fabriqué par électrolyse comme l'hydrogène vert, mais l'électricité provenant essentiellement de l'énergie nucléaire permet cet approvisionnement en continu ;

- **L'hydrogène bleu**, qui est fabriqué de la même manière que l'hydrogène gris, à la différence que le CO<sub>2</sub> émis lors de la fabrication sera capté pour être réutilisé ou stocké.

Mais que ce soit pour l'hydrogène « vert », « jaune » ou « bleu » se pose la question du coût : ils sont actuellement beaucoup plus élevés que l'hydrogène gris fabriqué par vaporeformage. Le coût de l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau est aujourd'hui de 5 à 6 euros par kg, soit environ quatre fois supérieur au coût de l'hydrogène gris. Cependant, la hausse actuelle du prix du gaz, si elle se confirmait, augmenterait sensiblement son prix. Des baisses du coût d'investissement des électrolyseurs conjuguées à des coûts bas de l'électricité peuvent laisser espérer des coûts de production de l'hydrogène décarboné plus proches des coûts de l'hydrogène gris.

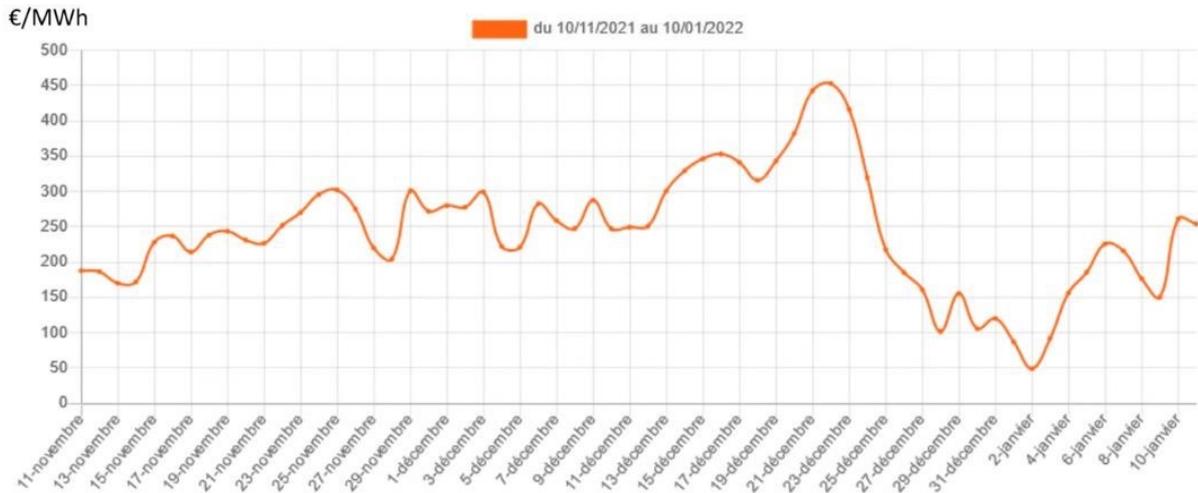
### Coût de production de l'hydrogène en fonction du prix de l'électricité, du coût de l'électrolyseur et de sa durée annuelle de fonctionnement



Source : IFPEN

Obtenir des coûts de production de l'hydrogène produit par électrolyse de l'eau compétitifs nécessite d'utiliser les électrolyseurs le plus longtemps possible pour amortir leur coût d'investissement élevé. C'est ce qui handicape l'hydrogène vert qui utilise de l'électricité renouvelable intermittente. Ces projections montrent que la production d'hydrogène par électrolyse est conditionnée par un prix de l'électricité compétitif, compris entre 30 et 60 euros par MWh, lesquels sont démentis par l'actuelle flambée des prix.

## Evolution du prix « spot » entre novembre 2021 et janvier 2022 : des fluctuations entre 50 et 450 euros/MWh



Source : Epex Spot

Cette flambée des prix comporte une composante conjoncturelle (arrêt non programmé de quatre réacteurs nucléaires dans une période hivernale classique, sans vent et peu ensoleillée, qui réduit drastiquement la production d'électricité renouvelable) mais également une importante composante structurelle de plusieurs ordres :

- Les fermetures des deux réacteurs nucléaires de Fessenheim, des centrales nucléaires allemandes à la fin 2022 et de deux réacteurs belges en 2022 et 2023 créent un déficit d'offre en électricité décarbonée pilotable qui sera long à résorber ;
- La part croissante d'électricité intermittente programmée par la politique énergétique européenne augmente structurellement le coût de la fourniture d'électricité qui devient de plus en plus risquée pour le fournisseur. Du fait de l'absence de stockage de l'électricité, ses prix réagissent de manière disproportionnée au moindre déséquilibre entre l'offre et la demande. Les prix peuvent atteindre des milliers d'euros par MWh ou devenir négatifs. C'est le marché de matières premières le plus volatil au monde. Etant de moins en moins sûrs de disposer de l'électricité nécessaire pour leurs clients au moment où ceux-ci en ont besoin, les fournisseurs ne peuvent qu'augmenter leurs prix pour assurer ce risque de fourniture. Cette production intermittente pénalise les industriels qui ont besoin d'une fourniture continue tout au long de l'année ;
- La flambée du prix du gaz découlant du conflit entre l'Ukraine et la Russie constitue un autre facteur terriblement aggravant, la production d'électricité par des centrales à gaz étant le complément indispensable aux productions d'électricité renouvelable.

Seul le parc nucléaire français est en mesure de fournir une électricité décarbonée aux niveaux de prix requis pour développer une production d'H<sub>2</sub> par électrolyse avec des coûts de production de 48 euros/MWh selon la Commission de régulation de l'énergie.

Malheureusement, la France a mené depuis 2012 une politique de déconstruction de son système électrique, pourtant parmi les plus efficaces au monde. La PPE (Programmation Pluriannuelle de l'Énergie), initiée par François Hollande et poursuivie par Emmanuel Macron, a en effet programmé la fermeture anticipée de 14 réacteurs nucléaires qui produisent de l'électricité quand on en a besoin pour les remplacer par des énergies renouvelables qui produisent quand le vent souffle ou quand le soleil brille. Elle a fermé les deux réacteurs de Fessenheim (43 ans de durée de vie) et programmé la fermeture de 12 autres réacteurs entre 2025 et 2035. Ces centrales seraient arrêtées à 50 ans de durée de vie au maximum, alors que leur durée de vie est beaucoup plus importante : la moitié des réacteurs américains sont habilités à fonctionner pendant 80 ans, et leur prolongation à 100 ans est déjà visée.

Cette politique de l'énergie était « aberrante » : elle comptait sur le nucléaire pour assurer le secours de la production renouvelable ainsi que pour fournir une électricité bon marché et, dans le même temps, réduisait sa production en fermant des centrales. Emmanuel Macron a changé de position et s'est prononcé en faveur de la construction de six EPR ainsi que pour la prolongation de la durée de vie des réacteurs existants. Mais cette annonce, qui n'a pas été encore traduite en décision, intervient trop tardivement. Il faut plus de dix ans pour construire un EPR et la prolongation de la vie d'une centrale nucléaire doit se programmer cinq ans à l'avance. Ce sont des chantiers industriels d'une ampleur considérable qui font intervenir 3.000 salariés provenant de plusieurs centaines d'entreprises, qui en amont doivent être formés et obtenir des certifications. Les cycles de développement dans l'énergie s'inscrivent dans un temps long et très supérieur aux temps des cycles électoraux. Ils exigent de la continuité politique. On peut craindre que le pays manque d'électricité pour satisfaire des besoins considérablement accrus par la transition climatique. Il faut disposer de 50% de plus d'électricité décarbonée en 2050 pour assurer la transition climatique. Cela demande en réalité la construction de 20 EPR qui permettront de bénéficier d'un réel effet de série.

#### **4 REFORMULER TRÈS RAPIDEMENT LA PPE (PROGRAMMATION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE) POUR ÉTABLIR UNE FEUILLE DE ROUTE CLAIRE EN FAVEUR D'UNE PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ NUCLÉAIRE PROLONGÉE ET RENFORCÉE, SEULE À MÊME DE FOURNIR L'ÉLECTRICITÉ DÉCARBONÉE COMPÉTITIVE QUE NÉCESSITE LA TRANSITION CLIMATIQUE**

Cette feuille de route conditionne complètement la production d'H2 décarboné par électrolyse.

#### **BÂTIR DES INFRASTRUCTURES DE CAPTURE ET STOCKAGE DE CO2**

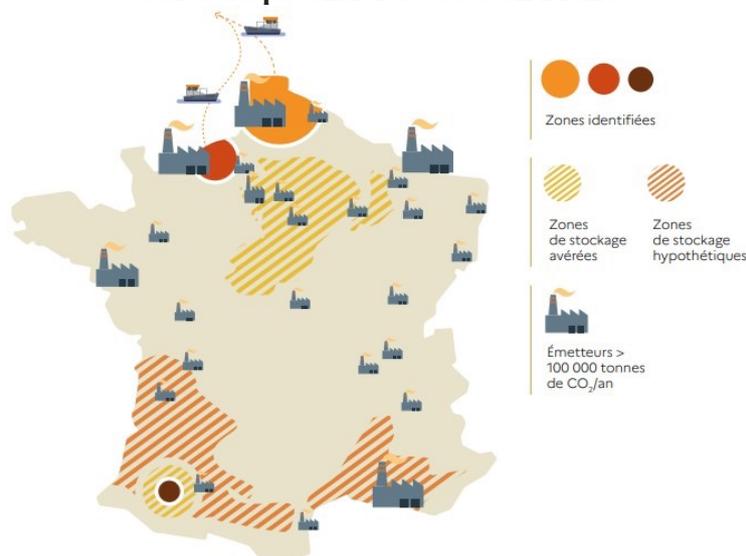
Le niveau élevé des incertitudes sur la disponibilité en électricité décarbonée pourrait hypothéquer le lancement d'investissements industriels lourds comme la production d'H2 par électrolyse qui sont conditionnés par un approvisionnement en électricité sûr et compétitif, sauf si la puissance publique apporte des garanties. Il serait donc imprudent de faire reposer la décarbonation du raffinage sur la seule production d'H2 par électrolyse.

Aussi, si de telles garanties n'étaient pas apportées, la Fondation Concorde préconise le recours à la capture / séquestration du CO<sub>2</sub> des raffineries françaises. La technologie du Captage et Stockage du Carbone (CSC ou en anglais CCS, Carbon Capture and Storage) consiste à capter le CO<sub>2</sub> dès sa source de production et à le stocker dans le sous-sol. La production d'hydrogène par réformage du gaz naturel en combinaison avec la technologie CSC (« hydrogène bleu ») offre un fort potentiel de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'industrie. L'hydrogène « bleu » devrait être moins cher à produire, même à moyen terme, tant que le coût de l'électricité décarbonée ne diminue pas de manière significative. Néanmoins, l'hydrogène bleu impliquera d'importants investissements en capital et un soutien politique pour faciliter son émergence sur le marché.

Hydrogènes bleu, jaune et vert sont tous des solutions à faible teneur en carbone. Par conséquent, ces technologies doivent être traitées sur un pied d'égalité (neutralité technologique), par exemple en ce qui concerne la valorisation des réductions des émissions de CO<sub>2</sub>, la fiscalité ou le soutien / les incitations aux projets de développement. L'hydrogène bleu présente l'avantage de pouvoir générer des émissions négatives lorsqu'il est produit à partir de matières premières (partiellement) renouvelables (biométhane ou bio-naphte).

L'analyse fait ressortir plusieurs zones sur lesquelles le CSC pourrait être déployé dans une logique de hub mutualisant les investissements et les coûts : autour des zones de Dunkerque, Rouen – Le Havre, Lacq et la vallée du Rhône / PACA. Ces zones permettent de viser des coûts aux alentours de 90 – 130 euros par tonne de CO<sub>2</sub> évitée. La puissance publique a un rôle d'aménageur fondamental à jouer pour mettre en place ces hubs de CSC ; hubs qui serviront à réduire les émissions de gaz à effet de serre des procédés industriels difficiles à décarboner (centrales électriques sur fossiles, ou biomasse, acier, ciment, incinérateurs de déchets...).

### Carte du potentiel de CSC en France



Source : ADEME

## 5 METTRE EN PLACE DES INFRASTRUCTURES DE CAPTURE ET STOCKAGE DE CO<sub>2</sub>, QUI CONSTITUENT UNE NOUVELLE INFRASTRUCTURE ESSENTIELLE AU MÊME TITRE QUE L'ÉLECTRIFICATION, LES GAZODUCS ET OLÉODUCS, LES AUTOROUTES, LES VOIES NAVIGABLES...

Il s'agit donc d'un grand investissement prioritaire à engager dès le prochain quinquennat en apportant toute l'impulsion de l'Etat et sa garantie pour les investisseurs.

### LA DÉCARBONATION DES CARBURANTS

De leur côté, en aval, les carburants liquides bas carbone recouvrent trois catégories de carburants :

- **Les biocarburants dits conventionnels ou de première génération** : ces biocarburants (éthanol, diester) sont déjà une réalité industrielle en France et sont incorporés à hauteur de 7 à 8% dans les carburants. Néanmoins, leur bilan environnemental est critiqué et leur développement est freiné par la réglementation européenne au motif que, étant issue de matières premières agricoles, leur production peut entrer en concurrence avec des usages alimentaires ;
- **Les biocarburants dits avancés ou de nouvelle génération** : on y distingue les biocarburants dits de 2ème génération, issus de coproduits ou de déchets d'origine agricole ou forestière afin de ne pas entrer en concurrence avec des usages alimentaires, et les biocarburants de 3ème génération, produits à partir d'algues ou de bactéries. Le développement de nouvelles technologies pour la production de biocarburants avancés à partir de ressources lignocellulosiques fait l'objet de travaux de R&D (avec pour la France la participation de l'IFPEN) ; le passage au stade industriel devrait intervenir avec l'entrée en production d'une usine en Croatie en 2023, tandis que différents projets sont annoncés en Europe ;
- **Les E-fuels** (dits aussi carburants électroniques ou carburants synthétiques) sont des carburants de synthèse issus de la recombinaison de l'hydrogène avec du CO<sub>2</sub>. Ils peuvent être produits de différentes manières. Dans le processus Power to Liquid (PtL), l'électricité issue de sources renouvelables (éoliennes, panneaux solaires...) est utilisée pour la production d'hydrogène vert, lequel est ensuite synthétisé avec du dioxyde de carbone capté de manière à obtenir un carburant liquide. Le Power and Biomass to Liquid (PBtL), quant à lui, est extrait du dioxyde de carbone provenant de la biomasse. Ces procédés n'ont pas encore été développés au stade industriel.

Il faut avoir conscience de tout le potentiel des carburants liquides bas carbone qui peuvent utiliser les infrastructures existantes pour leur production (raffineries) et leur distribution (dépôts et stations-service) et être incorporés dans la plupart des moteurs thermiques existants.

## 6 DÉFINIR UNE TRAJECTOIRE DE MONTÉE EN PUISSANCE DES CARBURANTS LIQUIDES BAS CARBONE POUR QUE L'UNION EUROPÉENNE PUISSE ATTEINDRE SON OBJECTIF EN 2050

# ANNEXE

## LE CAS DU TRANSPORT : SITUATIONS SECTORIELLES ET FEUILLES DE ROUTES DE DÉCARBONATION ENVISAGEABLES

### • **Transport maritime**

En matière de transition énergétique, des groupes français de transport maritime tels que CMA CGM (566 navires, 257 lignes maritimes et 31,5 milliards de dollars de chiffre d'affaires en 2020\*), Brittany Ferries et Corsica Linea développent leurs flottes propulsées au Gaz Naturel Liquéfié (GNL). A l'heure actuelle, le GNL est la solution la plus innovante pour favoriser la préservation de la qualité de l'air, en éliminant 99% des oxydes de soufre, 91% des particules fines et 92% des émissions d'oxydes d'azote. Un navire alimenté au GNL émet jusqu'à 20% de CO2 en moins qu'un navire équipé d'une motorisation au fuel.\*\*

Les armateurs continuent également à investir fortement dans des solutions alternatives telles que la propulsion assistée par le vent, les moteurs à hydrogène et les carburants verts. Le groupe CMA CGM est devenu, en 2019, le premier armateur au monde à tester avec succès l'utilisation d'un biocarburant marin à base d'huiles végétales recyclées et de résidus forestiers. CMA CGM a pris l'engagement de porter à, au moins 10%, la part des carburants alternatifs dans sa consommation d'ici 2023.

### • **Transport aérien**

Au niveau mondial, le transport aérien représente approximativement, suivant les études, 2% des émissions totales de gaz à effet de serre. Le changement climatique n'est pas lié à l'aviation, mais il y a une exigence de progrès. La question est de savoir comment remplacer le kérosène, qui est actuellement le carburant « roi », procurant une énergie très importante avec une masse très faible.

Le solaire n'est pas une solution techniquement envisageable. L'électrique peut fonctionner pour des petites machines ou des lignes courtes éventuellement. La pile à combustible sera pour la génération d'après, c'est-à-dire à partir de 2035 – 2040. En revanche, l'hydrogène est une solution attrayante pour le secteur bien que son coût soit plus cher et qu'il faille le produire avec une énergie raisonnablement propre et à un coût compétitif. L'avion propulsé à l'hydrogène ne sera disponible qu'en 2035 au mieux, et seulement pour les vols courts et moyens courriers.

A court et moyen termes, le transport aérien compte principalement sur les carburants alternatifs

\* Source : CMA CGM, Rapport annuel 2020.

\*\* Source : CMA CGM, communiqué de presse du 25 février 2021.

d'origine non pétrolière, les SAF (Sustainable Alternative Fuels) pour réduire ses émissions de CO<sub>2</sub>. Les moteurs actuels peuvent accueillir sans problème jusqu'à 50% de biocarburants « classiques », mais la production de ceux-ci est freinée par les problèmes de disponibilité des matières premières (huiles usagées, déchets agricoles et végétaux) : soit celles-ci sont insuffisantes en quantité ou sollicitées pour d'autres usages (cas des huiles usagées), soit leur collecte est difficile à organiser. Quant aux carburants de synthèse, leur production est encore très coûteuse et peu efficace (pertes de rendement, consommation élevée en électricité).

D'une manière générale, l'augmentation de la production des carburants alternatifs va impliquer des investissements lourds. Etant plus chers que le kérosène (jusqu'à huit fois pour les carburants de synthèse), la compensation de ce surcoût demandera des solutions (taxe ?) qui ne sont pas évidentes. En toute hypothèse, la mise en place d'un cadre réglementaire européen est nécessaire pour encourager la production et l'utilisation des SAF. Le plan RefuelEU proposé par la Commission en juillet 2021 devrait être adopté par les Etats membres et le Parlement européen en 2022, peut-être sous la présidence française.

En parallèle, un lourd travail de recherche et développement est mené sur les moteurs, visant à les rendre plus sobres et à leur permettre de produire de l'électricité à bord.

- **Transport routier**

L'avenir du moteur thermique est de plus en plus compromis par l'évolution de la réglementation. En France, la loi avait fixé à 2040 la fin des ventes des voitures qui en sont équipées, mais cette échéance pourrait être avancée à 2035 si les propositions de la Commission européenne de juillet 2021 sont adoptées. Elles visent en effet à ramener à zéro à cette date les émissions de CO<sub>2</sub> des voitures neuves, ce qui reviendrait à interdire de fait la vente de voitures neuves à moteur thermique ou hybride et à n'autoriser que les véhicules électriques ou à hydrogène. Il y a donc un chemin pour les carburants liquides bas carbone à cet horizon et au-delà, tant pour l'automobile que les poids lourds.

Face à cette réglementation de plus en plus contraignante, la plupart des constructeurs automobiles européens ont déjà entamé leur mutation vers l'électrique. Celle-ci sera coûteuse et ne sera pas indolore sur le terrain de l'emploi, notamment chez les sous-traitants.

Le développement des infrastructures de recharge est un des principaux défis soulevés par l'électrification de l'automobile. L'autoroute est clé dans la diffusion de la voiture électrique, avec d'ici la fin 2022 l'installation de bornes de recharges rapides. Le groupe Sanef favorise ainsi la circulation des véhicules électriques en interurbain grâce à la présence de bornes de recharges rapides pour véhicules électriques tous les 80 km sur les réseaux Sanef et Sapn. L'équipement de l'infrastructure passe par une surcapacité transitoire afin de rassurer les utilisateurs. L'objectif est que toutes les aires de service soient équipées et qu'il n'y ait pas de zones blanches.

Cette transition soulève deux problématiques : l'accueil de l'utilisateur (les bornes de recharge à haute puissance permettent qu'en 30 minutes la batterie soit rechargée jusqu'à 80%<sup>\*\*\*</sup>, d'où un aménagement à faire des stations et infrastructures et une gestion des périodes de pointe) et le modèle de financement (par l'abonné électrique et non par l'utilisateur autoroutier ; les investissements n'étant pas soutenables par une hausse des tarifs et pas finançables par les finances publiques).

Pour les poids lourds, les réflexions portent sur les modalités décarbonées. Les investissements sont d'une toute autre ampleur, avec trois technologies existantes : l'électrique, l'hydrogène (avec la question de sa fabrication et de son stockage) et les autoroutes par induction (avec des interrogations sur la faisabilité technique). Il faut aussi compter avec les carburants liquides bas carbone, une solution tout à fait adaptée aux véhicules lourds, d'aujourd'hui et de demain

---

<sup>\*\*\*</sup> Source : Sanef.