

Avec la participation de



FICHES ÉNERGIES ALTERNATIVES

ALTERFI : HYDROGÈNE



SOMMAIRE

1. Caractéristiques 5

1.1 Généralités	5
1.2 Bilan environnemental	5
1.3 Production d'hydrogène par électrolyse	7
1.4 Coût de production	7
1.5 Densité énergétique et stockage de l'hydrogène	8
1.6 Utilisation dans les transports	9
1.6.1 Routier	9
1.6.2 Fluvial	11
1.6.3 Maritime	12
1.6.4 Ferroviaire	12
1.7 Accessibilité	15
1.7.1 Routier	15
1.7.2 Fluvial	17
1.7.3 Maritime	18
1.7.4 Ferroviaire	18

2. Cadre réglementaire 19

2.1 Contexte (positionnement dans les stratégies européennes et françaises)	19
2.1.1 Routier	21
2.1.2 Maritime	23

SOMMAIRE

2.1.3 Fluvial	24
2.1.4 Ferroviaire	24
2.2 Réception - Homologation	25
2.2.1 Routier	25
2.2.2 Fluvial	26
2.2.3 Maritime	27
2.3 Réglementation sécurité	28
2.3.1 Réglementation Matières Dangereuses (TMD - ADR)	28
2.4 ZFE-m	34
2.5 Zones à circulation différenciée	35

3. Fiscalité énergie / carburant 36

3.1 Taxes sur l'électricité	36
3.2 TIRURET	36

4. Aides publiques 37

4.1 Routier	37
4.1.1 Aides nationales	37
4.1.2 Aides locales	42
4.2 Fluvial	42
4.2.1 Aides nationales	44

SOMMAIRE

4.3 Maritime	44
--------------	----

5. Rétrofit 45

5.1 Routier	45
-------------	----

5.1.1 Réglementation rétrofit électrique avec pile à combustible	45
--	----

5.1.2 Aides financières	46
-------------------------	----

5.2 Fluvial	48
-------------	----

5.2.1 Aides financières	49
-------------------------	----

5.3 Maritime	51
--------------	----

5.3.1 Aides financières	51
-------------------------	----

6. Synthèse des avantages - Inconvénients 52

1. Caractéristiques

1.1 Généralités



Dans le secteur des transports, l'hydrogène peut être utilisé pour produire de la chaleur dans un moteur à combustion interne ou pour produire de l'électricité dans une pile à combustible. La combustion de l'hydrogène dans les 2 cas ne produit que de l'eau mais son impact environnemental principal résulte en amont lors de sa production.

L'hydrogène gazeux issu d'un électrolyseur fonctionnant à partir d'EnR autres que la biomasse est un RFNBO. Il en sera de même d'autres carburants liquides tels que l'ammoniac, le méthanol et les e-fuels s'ils sont produits à partir de cet hydrogène, lui-même issu d'EnR.

1.2 Bilan environnemental



Selon son mode de production et son contenu CO₂ final on classe l'hydrogène sous différentes appellations. L'article L. 811-1 du Code de l'énergie distingue :

- **L'hydrogène renouvelable** (anciennement hydrogène vert) est l'hydrogène produit soit par électrolyse en utilisant de l'électricité issue de sources d'énergies renouvelables, soit par toute une autre technologie utilisant exclusivement une ou plusieurs de ces mêmes sources d'énergies renouvelables et n'entrant pas en conflit avec d'autres usages permettant leur valorisation directe. Dans tous les cas, son procédé de production émet, par kilogramme d'hydrogène produit, une quantité d'équivalents dioxyde de carbone inférieure ou égale à un seuil.

- **L'hydrogène bas-carbone** (anciennement hydrogène jaune ou bleu) est l'hydrogène dont le procédé de production engendre des émissions inférieures ou égales au seuil retenu pour la qualification d'hydrogène renouvelable, sans pouvoir, pour autant, recevoir cette dernière qualification, faute d'en remplir les autres critères.

- **L'hydrogène carboné** (anciennement hydrogène gris) est l'hydrogène qui n'est ni renouvelable, ni bas-carbone.



Le **seuil** évoqué dans l'article L. 811-1 du Code de l'énergie, fixant le niveau maximum d'émission carbone nécessaire à la fabrication de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone, n'a pas encore été précisé par la voie réglementaire. Il sera certainement conforme au seuil fixé dans la directive européenne RED III (Dir. 2018/2001 modifiée par la Dir. 2023/2413, art. 29 bis) pour les « carburant renouvelable d'origine non-biologique » (RFNBO, not. l'hydrogène renouvelable) : réduction des émissions de GES de 70 % par rapport à un comparateur de 94 gCO₂eq/MJ (gazole), correspondant à un seuil de 3,38 kgCO₂eq/kg H₂ (ou 28gCO₂/MJ H₂).

Ce seuil d'émissions devra être respecté, non seulement lors de la production de l'hydrogène, mais également lors de son utilisation, en tenant compte des émissions associées aux étapes entre sa production et son utilisation (stockage et transport).

Cette règle résultera de la prochaine modification de l'article L. 811-1 par le projet de loi portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'Union européenne en matière d'économie, de finances, de transition écologique, de droit pénal, de droit social et en matière agricole (15 novembre 2023).

Les bilans WtW de l'hydrogène relatifs à son mode de production sont résumés dans le tableau ci-dessous.

	Production/ Distribution	Livraison en station	gCO ₂ eq / kg H ₂	gCO ₂ eq / MJ H ₂ PCI	Sources
Vaporeformage Gaz Naturel	Europe	comprimé 8 Mpa	13,9	116	JEC
	Europe	liquéfié	15,8	132	JEC
	Europe + CCS	comprimé 8 Mpa	4,8	40	ADEME
Vaporeformage bio méthane	France	comprimé	2,63	22	ADEME
Électrolyse (rendement 65 %)	photovoltaïque	comprimé	3,22	27	ADEME
	éolien	comprimé	0,95	8	ADEME
	mix Europe	comprimé	25,2	175	JEC
	mix France	comprimé	4,27	36	(EU) C (2023) 1086

Dans un moteur thermique, les températures de combustion d'hydrogène plus élevées devraient entraîner des émissions de NOx plus importantes qu'il s'agira de post traiter. La mise au point du moteur thermique à hydrogène ne semble pas mature pour le moment et fait encore l'objet de travaux de mise au point.

La pile à combustible présente les avantages

d'un meilleur rendement théorique, de l'absence d'émissions polluantes et du confort de la traction électrique. Cependant, en ce qui concerne le bilan énergétique et CO₂ final, il faut noter que le rendement d'une pile à combustible varie beaucoup avec son point de fonctionnement et seules des simulations précises de consommations d'hydrogène en fonction de l'usage final permettront de conclure précisément.

1.3 Production d'hydrogène par électrolyse



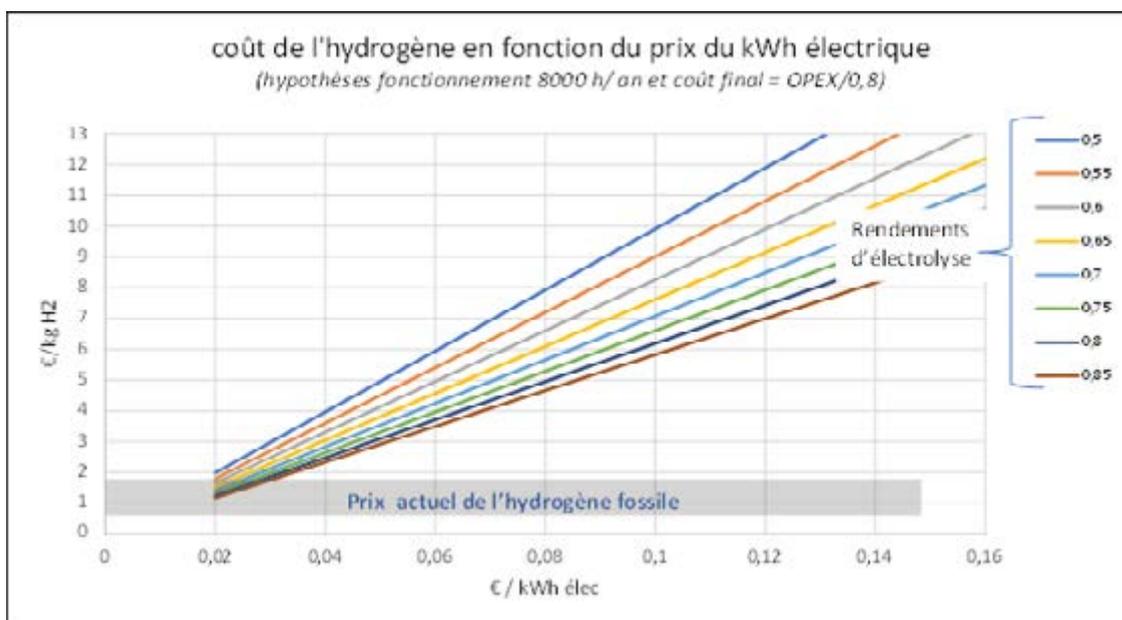
L'électrolyse de l'eau est un processus chimique fortement consommateur d'énergie. Selon son rendement, compris entre 65 et 75 %, il faut compter de 61 à 53 kWh d'électricité consommée par kg d'hydrogène produit.

Contenu énergétique PCI	32.97	kWh/kgH ₂
Électrolyse de l'eau (rendement 0.65 vs PC5)	61	kWh/kgH ₂
	1.83	MJélec/MJ H ₂
Consommation d'eau pour l'électrolyse	9	kgH ₂ O/kgH ₂
Énergie de compression H ₂	0.10	MJ/MJ H ₂
Énergie de liquéfaction H ₂	0.30	MJ/MJ H ₂
Électrolyseur 1 GW (8 000 h/an)	131	ktH ₂ /an
	1.18	Mt H ₂ O/an

1.4 Coût de production



Pour une production continue et optimisée, il est couramment admis que le coût de l'électricité représente 80 % du coût final de l'hydrogène. Le graphe ci-dessous montre qu'un prix de l'électricité inférieur à 30 €/MWh est nécessaire pour descendre au niveau du prix de l'hydrogène fossile.



Coûts de l'hydrogène en fonction du prix du kWh électrique et du rendement d'électrolyse

De nombreux travaux de recherche portent sur l'adaptabilité des électrolyseurs aux variations de puissance des réseaux électriques liées aux énergies renouvelables. En effet, ces variations de puissance affectent grandement le rendement et la durée de vie des électrolyseurs.

D'autre part, un faible taux d'usage de l'ordre de 4 000 heures (lié à la disponibilité de l'énergie) vs 8 000 heures pour un fonctionnement en continu contribuera à augmenter fortement la part du CAPEX et donc le prix final de l'hydrogène.

1.5 Densité énergétique et stockage de l'hydrogène



L'hydrogène, compte tenu de la taille de sa molécule (et corrélativement de sa température de liquéfaction extrêmement basse -253 °C), présente une énergie volumique très faible. La taille des réservoirs nécessaire pour couvrir l'autonomie d'un trajet ne permet pas son usage dans le domaine maritime et limite son usage à des trajets relativement courts.

La liquéfaction bien que très dispendieuse en énergie (environ 30 % de l'énergie embarquée) et source de perte par boil-off est souvent obligatoire.

Pour comparaison les contenus énergétiques d'un litre de gazole, d'un litre d'hydrogène liquide et d'un litre d'hydrogène gazeux sous 700 bars, sont respectivement de 9 kWh, 2.4 kWh et 1.4 kWh.

Gazoduc :

- Une première solution pour éviter le stockage concerne l'injection d'hydrogène dans les réseaux de gaz naturel à hauteur de 6 % en volume (projet GRYHD et Jupiter 1 000 en cours) ; une cible de 10 % est proposé à l'horizon 2030.
- Des projets de gazoduc dédiés à l'hydrogène ont récemment fait l'objet de signatures de contrats, entre la France et l'Espagne (H₂MED) ou entre l'Allemagne, le Danemark et la Norvège, et devraient voir le jour d'ici 2028.

Stockage à 700 bars :

- L'énergie de compression représente environ 10 % de l'énergie stockée sous forme d'hydrogène comprimé.
- Il est communément admis une capacité de 1 kWh H₂/litre de réservoir.
- Quantum communique sur une capacité 1,2 kWh/l de réservoir et 1,5 kWh/kg (chiffres variables en fonction de la taille et la technologie du réservoir).
- Pour un transport routier, 28 tonnes de réservoir permettent de transporter 0,955 tonne d'hydrogène comprimé (source JEC).

Stockage à l'état liquide :

- L'énergie de liquéfaction représente environ 30 % de l'énergie stockée sous forme d'hydrogène liquide.
- Environ 1,3 kWh /litre de réservoir (résultat variable en fonction de la taille et la technologie du réservoir).
- Pour un transport routier 24 tonnes de réservoirs permettent de transporter 3,5 tonnes d'hydrogène liquide (source JEC).

1.6 Utilisation dans les transports

1.6.1 Routier



Avec un volume de stockage disponible estimé à 2 000 litres, il est possible d'embarquer des capacités de stockage de 32, 54 et 72 kg d'H₂ en utilisant respectivement l'hydrogène comprimé à 350 bars, 700 bars ou liquéfié (voir tableau ci-dessous). En combinant ces capacités à la consommation moyenne de 9 kg d'H₂/100 km pour un poids lourd de 19 tonnes on obtient les autonomies ci-dessous.

Technologie de stockage	Capacité maximale de stockage embarquée (kg)	Autonomie	
		Technologie actuelle	Technologie future
350 bars	32	370	500
700 bars	54	600	800
Liquide	72	800	1 000

Si l'hydrogène comprimé semble actuellement être la voie privilégiée de stockage, Daimler a récemment expérimenté l'alimentation de pile à combustible à partir de 2 réservoirs d'hydrogène liquide avec pour objectif de couvrir à terme une autonomie de 1 000 km.

Toutefois, on rappelle que le stockage sous forme d'hydrogène liquide nécessite de dépressuriser régulièrement le réservoir en admettant une certaine quantité de fuite de

gaz dans l'atmosphère (boil-off) de l'ordre de 1 à 5 % du contenu du réservoir par jour; un tel système de stockage nécessite donc de maximiser l'utilisation du moyen de transport dans le temps.

En raison de ses coûts énergétique et financier et de la contrainte de la logistique de l'hydrogène liquide, l'hydrogène comprimé restera sans doute un candidat plus adapté aux flottes d'importance modérée à rayonnement local et national.

Projets en cours :

Moteur thermique :

Quelques constructeurs expérimentent la solution HICE (Hydrogen Internal Combustion Engine) en Europe avec KEYOU (Allemagne) ou le projet européen HYICE avec BMW, Man et Ford.

Hyundai développe un moteur à combustion interne de 11 litres d'une puissance de 300 kW (402 chevaux), qui pourrait être disponible à l'horizon 2025. D'autres constructeurs (Cumins...) ont des projets similaires qui pourraient déboucher sur des productions en série à court terme.

Pile à combustible :

Le rendement théoriquement plus élevé et l'absence d'émission de NOx d'une pile à combustible positionne de manière privilégiée cette technologie. Tous les constructeurs européens de poids lourds prévoient un développement des piles à combustible pour la 2^{nde} moitié de la décennie avec des ambitions d'autonomie de l'ordre de 1 000 km.

- **IVECO** avait annoncé livrer en 2024 ses premiers clients français avec des poids lourds PAC Nikola Tre FCEV. Ces tracteurs, rechargeables en 20 mn, annonçaient une autonomie allant jusqu'à 800 km. Il semble que cette collaboration IVECO/NIKOLA ait pris fin (Bulletin des Transports et de la Logistique n° 3946 du 30 octobre 2023, p. 611).
- **VOLVO TRUCKS** annonce des véhicules lourds fin 2027-début 2028.
- **MERCEDES** développe le GenH₂ Truck embarquant une PAC et deux réservoirs d'hydrogène liquide stocké à - 237 °C, ce qui lui confère une autonomie de 1 000 km. Il pourrait être commercialisé fin 2027.
- **HYVIA** (coentreprise entre Renault Group et Plug Power) a lancé le Renault Master H2-Tech.
- **HYLIKO** depuis l'été 2024 HYLIKO met à la disposition de Point P un porteur plateau-grue de 26 t (rétrofité) et un tracteur 44 t (châssis RENAULT Trucks rétrofité) dans le cadre d'une offre globale (maintenance et approvisionnement en H2 vert).
- **QUANTRON** (entreprise allemande) propose un tracteur, le QHM FCEV Aero, qui peut parcourir 700 à 1 500 kilomètres avec un plein d'hydrogène.
- **HYUNDAI** propose le **Hyundai XCIENT Fuel Cell**. Configuré en 350 bars, ce camion porteur à hydrogène offre jusqu'à 400 km d'autonomie avec un plein d'hydrogène.

1.6.2 Fluvial



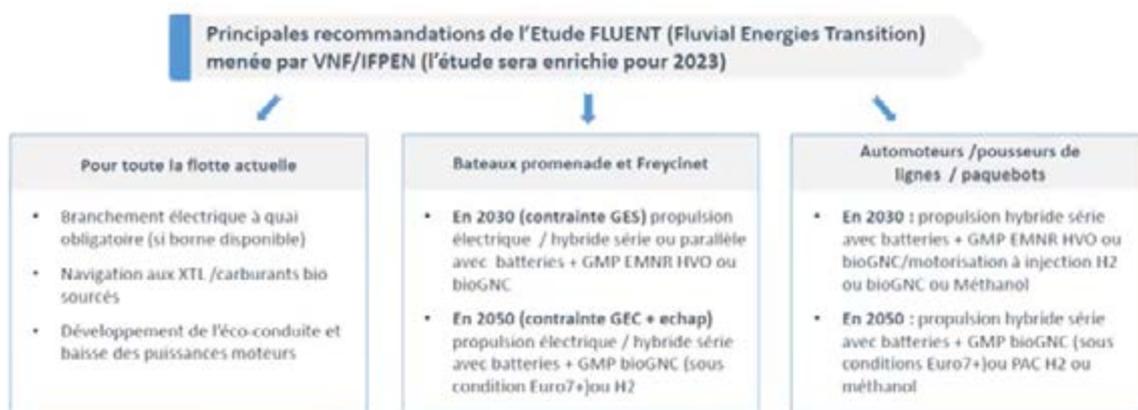
L'utilisation de l'hydrogène dans le secteur fluvial n'en est qu'au stade expérimental.

Dans la continuité du projet PROMOVAN, qui concluait à l'intérêt d'une architecture hybride pour économiser 10 à 15 % de carburant, le projet PROMOVAN H₂ cherche à intégrer les piles à combustible H₂ pour assurer le rôle de générateur électrique.

Dans le cadre du consortium FLAGSHIPS, Sogestran Group a équipé un automoteur d'une pile de 400 kW (le ZULU 06 stationné au Havre).

Norled (Norvège) équipe un ferry de 110 passagers avec 3 piles de 200 kW.

L'hydrogène est considéré comme une solution à long terme (2050) pour décarboner le transport fluvial.



Source : Étude FLUENT VNF/IFPEN

1.6.3 Maritime



Le volume de stockage de l'hydrogène nécessaire aux transports maritimes longue distance ne permet pas de développer une propulsion à l'hydrogène.

Les solutions potentielles concerneront des e-carburants (de densité énergétique plus élevée) produits à partir d'hydrogène renouvelable ou bas-carbone tels que le e-ammoniac (3,2 MWh/m³), le e-méthanol (4,3 MWh/m³) ou les e-fuel (9 MWh/m³).

La compagnie norvégienne Norled a inauguré le premier ferry à hydrogène liquide au monde, le MF Hydra, alimenté par une pile à

combustible et fourni en hydrogène par Linde. Mais il s'agit plus de navigation intérieure que de navigation maritime.

Par contre, l'hydrogène peut être utilisé dans une pile à combustible pour subvenir au réseau de bord en substitution des groupes électrogènes classiques, notamment lorsque le bateau est au mouillage à proximité de zones résidentielles.

1.6.4 Ferroviaire



Le volume de stockage de l'hydrogène nécessaire aux transports maritimes longue distance ne permet pas de développer une propulsion à l'hydrogène.

Du fait de son maillage fin du territoire et ses nombreuses infrastructures ou surfaces disponibles de stockage, le réseau ferré est un très bon candidat pour la mise en place d'une logistique de l'hydrogène.

Le rapport du député B. Simian sur « le verdissement des matériels roulants du transport ferroviaire en France » (novembre 2018) promeut activement cette filière énergétique et publie une carte des lignes

susceptibles d'accueillir une expérimentation hydrogène ; en Normandie et Ile-de-France, seule la ligne Fécamp - Le Havre a été proposée.

Dans le cadre de cette enquête, Alstom et Bombardier ont été audités et détaillent leur stratégie respectivement pour la technologie pile à combustible et la technologie batterie. Ces 2 technologies présentent, en France, des bilans tout à fait bénéfiques par rapport au gazole.

Déploiement actuel et projets en cours :

En France, 12 rames Regiolis H₂ sont en fabrication par Alstom et seront livrées aux régions en 2025 ; leur traction électrique est assurée à 100 % par une pile à combustible. Une rame pré-série a effectué ses premières circulations sur réseau ouvert en France sur la ligne Tours-Loches début février 2023. Disposant d'une autonomie de 600 km, ces rames pourront transporter 220 passagers.

En Allemagne, ont été mis en service en août 2022 cinq trains à pile à combustible sur la ligne Cuxhaven-Buxtehude, dans le nord-ouest de l'Allemagne longue de 126 km ; 15 trains de passagers diesel seront à terme remplacés par le modèle Coradia iLint de **Alstom**. Ces trains seront rechargés quotidiennement sur une station hydrogène déployée par Linde, partenaire du projet. Dotée d'une capacité de 1 600 kilos H₂ par jour, celle-ci est présentée comme l'une des plus grandes stations au monde. Cependant, en 2024, cette expérimentation rencontre de multiples difficultés (pannes à répétition, manque de pièces de rechange et manque de maturité de la technologie).

SIEMENS va également opérer son prototype Mireo Plus H en Allemagne.

Cependant une étude commandée par le Land de Baden-Württemberg (Allemagne) et publiée en octobre 2022 conclut que l'électrification des lignes ferroviaires existantes, ou l'option pour des trains hybrides à batteries seraient bien moins coûteuses, que le remplacement des modèles actuels par des trains à pile à combustible.

Nous citons cette conclusion du rapport qui nous semble ici pertinente : « Le choix dépend largement des usages et des profils de charge du système énergétique de propulsion, eux-mêmes liés aux caractéristiques des lignes ferroviaires sur lesquelles le matériel est amené à circuler. Pour de très longs trajets, de grandes vitesses, des lignes en forte déclivité, il est peu probable que des solutions de type hydrogène s'imposent.

Mais les perspectives restent largement ouvertes pour les autres usages (trains régionaux, tram-train et trains de manœuvre notamment). »



Les solutions technologiques les plus intéressantes seront donc le fruit d'un compromis entre différents paramètres liés aux infrastructures, aux coûts de maintenance, à l'autonomie au prix de l'électricité réseau et au prix de l'hydrogène décarboné.

Tirant les enseignements de cette étude, et après avoir lancé avec Alstom une flotte de trains à pile à combustible avec un total de 14 rames en circulation, LNVG (propriété du gouvernement de Basse-Saxe) a finalement choisi de se tourner vers l'électrique à batteries pour équiper ses lignes non électrifiées (juillet 2023).

Enfin une remarque du rapport de B. Simian ouvre la voie à une synergie intéressante :

« Depuis la réforme de 2008, les grands ports maritimes sont gestionnaires de leur réseau ferroviaire. En outre, des opérateurs ferroviaires de proximité interviennent dans ces ports. Des industries de raffinage, pétrochimiques, chimiques mais aussi sidérurgiques sont localisées dans les zones industrialo-portuaires de ces grands ports maritimes. Elles produisent de l'hydrogène gris qui peut être produit en excès. Il existe donc une réelle opportunité pour l'expérimentation d'une locomotive fret à hydrogène dans ces grands ports maritimes. Les ports pourraient constituer un terrain d'expérimentation d'une telle locomotive dont l'utilisation pourrait être ultérieurement élargie en fonction des résultats obtenus et en utilisant de l'hydrogène vert. La France pourrait être ainsi précurseur dans le domaine. »



1.7 Accessibilité

1.7.1 Routier



Aux Pays-Bas, dans le cadre du projet européen HyTrucks, Air Liquide, le port d'Anvers et le réseau de stations DATS 24 du groupe de distribution Coruyt mettront en place, d'ici 2025, un réseau pour alimenter en hydrogène près de 300 à 1 000 camions aux Pays-Bas, en Belgique et en Allemagne.

Shell New Energies s'est aussi associé à Daimler Truck pour créer un réseau d'avitaillement en hydrogène reliant les grands sites de Daimler à ses propres sites de production et aux ports de Rotterdam, Cologne et Hambourg. Air Liquide, pour sa part, a été retenu par Daimler Truck pour fournir un système de ravitaillement mobile

en hydrogène et établir les futures normes internationales.

TotalEnergies et Air Liquide vont créer une coentreprise pour développer un réseau de stations H₂ sur les grands corridors stratégiques de France, Benelux et Allemagne.

France :

Sur le territoire national, France Hydrogène mise sur un réseau de 212 stations en 2026, contre 58 aujourd'hui, et de près de 1 000 en 2030 : 747 pour les véhicules légers ou les utilitaires, et plus de 170 pour les poids lourds.

S'il y a en région **Normandie** une dizaine de bornes hydrogène (de faible capacité 20 kg/jr), une seule station, à Évreux, peut délivrer 50kg/jr (station multi-énergie EAS-HyMob du Veil-Évreux).

En **Ile-de-France**, il y a actuellement neuf stations hydrogène, dont trois stations 700 bars (Les Loges-en-Josas, Paris 8^e, Saint-Denis), une station 350 bars au MIN de RUNGIS, quatre stations bi-pression 350-700 bars (Issy-les-Moulineaux, Paray-Vieille-Poste, Orly, Roissy).

Les entreprises commencent à proposer des offres globales incluant les véhicules et l'approvisionnement (par livraison d'H₂ ou installation d'une station de recharge) : HYLICO, STELLANTIS + ENGIE.

Le Havre, (projet LH2) et Rouen (projet RVH2) sont lauréats de l'appel à projets « Ecosystèmes territoriaux hydrogène » porté par l'ADEME.

Dans son Livre blanc de 2022, France Hydrogène relève que la réglementation limite actuellement le haut débit à 120 gH₂/s et n'autorise pas le haut débit pour les véhicules 700 bar. Elle préconise donc que cette norme évolue au niveau européen afin de favoriser une recharge plus rapide des réservoirs et maximiser la fluidité dans le ravitaillement des véhicules, afin d'atteindre l'objectif d'une vitesse de remplissage équivalente au gazole ([France Hydrogène, Quelles perspectives pour le poids lourd électrique à hydrogène pour le transport de marchandises ? 2022](#)).

Au niveau européen :

Selon la Stratégie de l'hydrogène pour une Europe climatiquement neutre (2020), c'est dans le segment des véhicules utilitaires lourds que la probabilité d'un déploiement de masse précoce des véhicules fonctionnant à l'hydrogène est jugée la plus grande. Par conséquent, pour la Commission européenne, l'infrastructure de ravitaillement en hydrogène devrait, dans un premier temps, s'adresser en priorité à ce segment.

Cependant, à l'heure actuelle, les points de ravitaillement en hydrogène ne sont déployés que dans quelques États membres et ne sont en grande partie pas adaptés aux véhicules utilitaires lourds. Les véhicules fonctionnant à l'hydrogène ne peuvent donc pas circuler partout dans l'Union.

Selon l'Association des constructeurs européens (ACEA), pour atteindre les objectifs fixés par l'UE en termes de réduction

des émissions de GES des véhicules utilitaires lourds neufs (- 45 % en 2030) il faudrait avoir en circulation à cette étape 330 000 poids lourds électriques à batterie (BEV) et 70 000 fonctionnant avec une pile hydrogène (FCEV). À comparer avec l'existant aujourd'hui (3 600 camions BEV + 65 FCEV). Ce qui nécessiterait 50 000 points de recharge électrique à haute puissance (minimum 350 kW) dont 35 000 au standard MCS (Mégawatt) + 2 000 stations hydrogène dimensionnées pour délivrer chacune deux tonnes par jour d'hydrogène, ou 700 en capacité de fournir six tonnes au quotidien.

Or, il n'existe aujourd'hui que quelques dizaines de bornes à haute puissance dédiées aux camions en Europe. Sur les 250 stations d'avitaillement en hydrogène, toutes ne sont pas en capacité de recevoir des poids lourds.

Règlement AFIR (Alternative Fuels Infrastructures Régulation) :

Bien qu'il ait perdu de son ambition par rapport à sa version initiale, le nouveau **règlement AFIR (Règlement (UE) 2023/1805 du 13 septembre 2023)** renforce les obligations nationales d'implantation de stations de ravitaillement en hydrogène. Les États membres doivent en effet veiller « à ce que, sur leur territoire, un nombre minimal de stations de ravitaillement en hydrogène ouvertes au public soient déployées au plus tard le 31 décembre 2030 » (art. 6.1).

31 décembre 2030 :

- Des stations de ravitaillement en hydrogène ouvertes au public, d'une **capacité de 1 t/jour** (la Commission avait proposé 2 t) et équipées d'un distributeur d'au moins 700 bars à un **intervalle maximal de 200 km** (la Commission proposait 150 km et le Parlement 100 km) le long du réseau central du RTE-T (axes majeurs). La réduction d'au maximum 50 % de la capacité de la station est permise le long des routes dont le trafic journalier moyen annuel total est inférieur à 2 000 véhicules utilitaires lourds et sur lesquelles le déploiement de l'infrastructure ne se justifie pas quant aux coûts avantages socio-économique

- Au moins une station de ravitaillement en hydrogène ouverte au public dans chaque **nœud urbain** (idéalement dans des pôles multimodaux). Le propriétaire de la station devra veiller à ce que la station soit conçue de manière à pouvoir être utilisée par des véhicules utilitaires légers et des **véhicules utilitaires lourds**.

Le règlement n'a pas retenu la proposition initiale d'imposer la mise à disposition **d'hydrogène liquide** tous les 450 km (400 km pour le Parlement européen). La Commission fera le point sur l'utilisation potentielle de l'hydrogène dans un rapport qu'elle devra présenter au plus tard le 31 décembre 2024.

Ce rapport devra réévaluer le règlement AFIR au regard de la nécessité de préconiser une capacité plus élevée pour les stations hydrogène, de la nécessité de préciser des objectifs en matière d'infrastructures de ravitaillement en hydrogène liquide, ainsi que la date de renforcement des exigences relatives au déploiement de stations de ravitaillement en hydrogène sur le **réseau global du RTE-T**.

1.7.2 Fluvial



Dans ce secteur, l'utilisation de l'hydrogène étant à un stade expérimental, l'avitaillement se fait actuellement par l'embarquement d'un conteneur d'hydrogène. Le cadre réglementaire de l'avitaillement reste à adapter à l'usage de cette énergie.

Il n'existe pas de réglementation spécifique pour l'avitaillement par camion. Il est interdit d'avitaillement directement par bateau et l'avitaillement du bateau à partir d'une station est soumis à la rubrique ICPE 1416 spécifiquement créée pour l'avitaillement des camions.

La disposition possible de réservoirs d'hydrogène fréquente et régulière le long des berges reliés entre eux par un pipeline d'hydrogène pourrait faciliter l'avitaillement des navires fluviaux.

Encore une fois, et compte tenu de la faible énergie volumique de l'hydrogène, le compromis volume de réservoir, durée d'avitaillement sera un facteur clé pour le choix de ce carburant ; seule une étude au cas par cas des usages pourra permettre de conclure quant à son intérêt. Le passage en zone urbaine ZFE pourrait profiter de ce type de motorisation électrique pour des questions non seulement de pollution mais également de silence.

Règlement AFIR (Alternative Fuels Infrastructures Régulation) :

S'il fixe des spécifications techniques relatives aux points de ravitaillement et au soutage de l'hydrogène gazeux (comprimé) ou liquéfié pour bateaux de navigation intérieure (points de ravitaillement, soutage), le règlement AFIR (Règlement (UE) 2023/1805 du 13 septembre 2023) ne fixe pas

d'obligations en matière d'infrastructure pour la fourniture d'hydrogène aux bateaux fluviaux. Il se contente (tout comme l'avait fait la directive AFI) d'encourager les États membres à implanter des stations dans des hubs multimodaux accessibles à d'autres modes de transport.



1.7.3 Maritime



Règlement Européen AFIR (Alternative Fuels Infrastructures Régulation) : La version définitive du règlement n'a pas conservé l'obligation initialement prévue pour les États membres de veiller à ce qu'un nombre approprié de points de ravitaillement en hydrogène soient mis en place dans les ports maritimes du réseau central du RTE-T pour répondre à la demande du marché à court et à long terme et permettre la circulation des navires de mer sur l'ensemble du réseau central du RTE-T.

Il prévoit seulement que le cadre d'action national, qui doit être soumis à la Commission européenne, devra comporter un aperçu de l'état d'avancement, des perspectives et des mesures prévues en ce qui concerne le déploiement des infrastructures dans les ports maritimes aux fins de ravitaillement des navires en carburants alternatifs, et notamment en hydrogène.

Il fixe également les spécifications techniques relatives aux points de ravitaillement et au soutage de l'hydrogène gazeux (comprimé) ou liquéfié pour les navires. Le cadre réglementaire de l'avitaillement des navires de mer et des bateaux de navigation intérieure en hydrogène reste à élaborer en fonction des techniques d'avitaillement qui seront retenues après expérimentation.

1.7.4 Ferroviaire



Règlement Européen AFIR (Alternative Fuels Infrastructures Régulation) : Si le règlement AFIR (Règlement (UE) 2023/1805 du 13 septembre 2023) constate que le développement des technologies hydrogène peut représenter un intérêt pour décarboner le transport ferroviaire, il ne fixe pas d'objectifs contraignants en matière d'infrastructures de ravitaillement, mais requiert des États membres d'évaluer les possibilités de développement de technologies et de systèmes de propulsion au moyen de carburants alternatifs, pour les tronçons ferroviaires qui ne peuvent pas être complètement électrifiés pour des raisons techniques ou de rentabilité, destinés notamment aux trains propulsés à l'hydrogène ou alimentés par batterie et, le cas échéant, les éventuels besoins en matière d'infrastructure de recharge et de ravitaillement (art. 13 et 14).



2. Cadre réglementaire

2.1 Contexte (positionnement dans les stratégies européennes et françaises)



Union Européenne : L'hydrogène est privilégié par les stratégies énergétiques européennes (Pacte Vert pour l'Europe de décembre 2019 et Stratégie Hydrogène de juillet 2020).

Selon ces stratégies, la Commission européenne estime que la part de l'hydrogène (renouvelable) dans le mix énergétique européen devrait passer des 2 % actuels à 13 ou 14 % d'ici 2050. Pendant la deuxième phase (2024-2030) de la trajectoire envisagée par la Commission européenne dans sa Stratégie hydrogène, l'objectif est de parvenir à installer au moins 40 gigawatts d'électrolyseurs produisant de l'hydrogène renouvelable d'ici à 2030 et de produire jusqu'à 10 MT d'hydrogène renouvelable dans l'UE. L'utilisation de l'hydrogène sera progressivement étendue à de nouveaux secteurs, dont la sidérurgie, les poids lourds, le transport ferroviaire et certaines applications de transport maritime.

L'hydrogène sera encore essentiellement produit à proximité de l'utilisateur ou à proximité des sources d'énergie renouvelables, dans des écosystèmes locaux. Lors d'une troisième phase, à partir de 2030 et à l'horizon 2050, les technologies à l'hydrogène renouvelable devraient parvenir à maturité et être déployées à

grande échelle pour atteindre tous les secteurs difficiles à décarboner jusqu'alors.

Les systèmes et technologies hydrogène, d'une part, et les batteries d'autre part, constituent deux des chaînes de valeur stratégiques identifiées par le Strategic Forum for Important Projects of Common European Interest, ce qui ouvre la voie à la réalisation de Projet Important d'Intérêt Européen Commun (PIIEC ou IPCEI) : des projets de nature industrielle offrant une réelle opportunité de massification à l'échelle européenne car impliquant les entreprises d'au moins deux Etats membres.

Dans le cadre des deux vagues de PIIEC retenus en 2022 (Hy2Tech et Hy2Use), plusieurs projets français ont été validés, dont certains auront des incidences sur la mobilité hydrogène (ex : ALSTOM pour le ferroviaire, FAURECIA pour les réservoirs, Hyvia et PLASTIC OMNIUM pour développer l'industrialisation de véhicules utilitaires à hydrogène et de piles à combustible, SYMBIO pour les piles à combustibles).

2.1.1 Routier



Le recours à l'hydrogène (véhicules électriques avec pile à combustible, e-fuels) pour la propulsion des véhicules lourds routiers constitue une alternative énergétique possible selon la réglementation européenne qui prévoit une réduction drastique des émissions d'ici 2035.

Union Européenne :

Les politiques européennes prévoient une baisse progressive des émissions des véhicules neufs et la fin des véhicules utilitaires légers thermiques en 2035.

Véhicules utilitaires légers neufs :

Règlement (UE) 2023/851 du 19 avril 2023 (paquet Fit for 55) :

- Objectif 2025 : baisse de 15 % des émissions,
- Objectif 2030 : baisse de 50 % des émissions,
- Objectif 2035 : baisse de 100 % des émissions = fin de la vente des véhicules essence, diesel et hybrides.

Véhicules utilitaires lourds neufs :

Règlement (UE) 2024/1610 du 14 mai 2024 (paquet Fit for 55) :

- Objectif 2030 : baisse de 45 % des émissions,
- Objectif 2035 : baisse de 65 % des émissions,
- Objectif 2040 : baisse de 90 % des émissions. Des exceptions : véhicules utilisés dans les secteurs minier, agricole, sylvicole, etc.

France :

Loi Climat Résilience (2021) :

Fin de la vente des véhicules lourds neufs affectés au transport de personnes ou de marchandises et utilisant majoritairement des énergies fossiles, d'ici 2040 (modif. art. 73 de la LOM).

Programmation pluriannuelle de l'énergie :

Les objectifs de la PPE2 en matière de véhicules légers et lourds à hydrogène sont loin d'être atteints à ce jour. La PPE3 est en cours de préparation.

Objectifs d'augmentation de la consommation d'hydrogène et les mesures pour les atteindre

	2023	2028
Démonstrateur de puissance power-to-gas	1 à 10	10 à 100
Taux d'incorporation d'hydrogène décarboné dans l'hydrogène industriel (%)	10 %	20 % à 40 %
Véhicules utilitaires légers à l'hydrogène (nombre)	5 000	20 000 à 50 000
Véhicules lourds à hydrogène (nombre)	200	800 à 2 000

Source : Programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2023 2024-2028

PPE 3 et SDMP 3 en cours d'élaboration :

Pour le transport routier de fret, l'Etat mise en premier lieu sur « une trajectoire d'électrification ambitieuse du parc poids lourds ».

Les PPE et SDMP 3 ne sont pas encore actées mais le Projet de Plan national intégré en matière d'énergie et de climat - PNIEC (oct. 2023) fixe un scénario cible de référence (« scénario AMS » : avec mesures supplémentaires), qui est le scénario de référence visant à parvenir à nos objectifs de réduction des émissions. Ce scénario AMS cible 51 % de VUL électriques vendus en 2030 (près de 100 % en 2035 dont 2 à 3 % à hydrogène) et 50 % de PL électriques ou hydrogène dans les ventes neuves en 2030 (68 % en 2035), déploiement des infrastructures de recharge afférentes.

Pour les mobilités lourdes, le recours à l'hydrogène pourra constituer « une alternative dans des cas ciblés ».

2.1.2 Maritime



Union Européenne : Le Règlement FuelEU Maritime 2023/1805 (issu du paquet Fit for 55) fixe des objectifs en matière de réduction des émissions par les navires (Règl. FuelEU Maritime 2023/1805).

- 2 % à partir du 1^{er} janvier 2025
- 6 % à partir du 1^{er} janvier 2030
- 14,5 % à partir du 1^{er} janvier 2035
- 31 % à partir du 1^{er} janvier 2040
- 62 % à partir du 1^{er} janvier 2045
- 80 % à partir du 1^{er} janvier 2050.

L'UE souhaite notamment par ce règlement encourager la production (pour l'heure coûteuse) et l'utilisation des RFNBO (Renewable Fuels of Non Biological Origin - Carburants renouvelables d'origine non biologique : e-méthanol, e-diesel, e-ammoniac) qui sont « dotés d'un grand potentiel pour introduire les énergies renouvelables dans le mélange de combustibles de soute utilisés dans les transports maritimes ». Ainsi, pour le calcul de l'intensité GES de l'énergie consommée à bord par un navire, un coefficient multiplicateur permettant de comptabiliser deux fois l'énergie provenant des RFNBO pourra être utilisé jusqu'en 2033 pour récompenser les navires utilisant des RFNBO.

En outre, s'il devait être constaté en 2031 que la part des RFNBO dans l'énergie annuelle consommée à bord des navires est

inférieure à 1 %, un sous-objectif de 2 % s'appliquera à ces carburants dans l'énergie utilisée annuellement à bord d'un navire à partir du 1er janvier 2034 (sauf si d'ici le 1^{er} janvier 2033 leur part dépasse les 2 %). L'article 5§5 du règlement prévoit cependant que ce sous-objectif de 2 % n'entrera pas en vigueur si la disponibilité des RFNBO est insuffisante, si leur distribution géographique est inégale ou tout simplement si leur prix est trop élevé (art. 5§5).

La nouvelle Directive RED 3 prévoit que les États devront « s'efforcer » - objectif non contraignant - à ce que la part des RFNBO atteigne au moins 1,2 % de la quantité totale d'énergie fournie au secteur maritime à partir de 2030 (Dir. 2018/2001 modifiée par la Dir. 2023/2413, art. 25, §1).



2.1.3 Fluvial



Le secteur fluvial est contraint par les engagements internationaux de la France de réduire ses émissions.

- Règlement (UE) 2016/1628 concernant les exigences relatives aux limites d'émission de gaz et de particules polluantes et à la réception par type des moteurs à combustion interne pour engins mobiles non routiers (dit « Règlement EMNR »). Ce règlement fixe des limites d'émissions polluantes pour les moteurs mis sur le marché et installés pour une construction neuve ou une remotorisation.
- Déclaration de Mannheim du 17 octobre 2018 (CCNR) : Réduction de 35 % des émissions polluantes (CO₂, particules, oxyde d'azote, etc.) à l'horizon 2035 par rapport à 2015 et dépollution totale à l'horizon 2050.
- Pacte Vert : Réduction de 90 % des GES dans le secteur des transports à l'horizon 2050,

avec une première étape de réduction de 55 % des émissions de CO₂ en 2030 (Fit for 55).

L'usage de l'hydrogène pour la propulsion n'en est qu'au stade expérimental et n'est pas privilégié à court terme par les feuilles de route européenne ou française, lesquelles privilégient plutôt des énergies de transition telles que le bioGNV, les HVO-XTL, ou l'électricité pour le stationnement à quai (cf. étude FLUENT, VNF & IFPEN).

Avec l'électricité, l'hydrogène avec pile à combustible est plutôt envisagé comme une solution à long terme (horizon 2050).

2.1.4 Ferroviaire



Les trains bi-modes électrique/hydrogène figurent parmi les différentes solutions envisagées par la prochaine SDMP 3 en cours d'élaboration.



2.2 Réception - Homologation

2.2.1 Routier



Les règles de réception des véhicules lourds M (passagers) et N (marchandises) fonctionnant à l'hydrogène sont aujourd'hui fixées.

La réglementation européenne a en effet été modifiée en 2009 afin de permettre l'homologation des véhicules fonctionnant à l'hydrogène (Règlement (CE) n° 79/2009 du 14 janvier 2009 concernant la réception par type des véhicules à moteur fonctionnant à l'hydrogène ; Règlement d'exécution (UE) n° 406/2010 spécifiant le détail des exigences applicables et des essais et les procédures de réception par type des véhicules à hydrogène et de leurs composants).

Depuis juillet 2022, le règlement (CE) 79/2009 et son règlement d'application 406/2010 ont été remplacés par le **règlement ONU R134**¹

qui est une référence au niveau mondial, en particulier dans l'espace économique européen (ECE). Il est issu des travaux du WP29 de l'ONU (UNECE).

Le Règlement ONU R134 n'étant cependant pas aussi complet que le règlement européen 79/2009, il est complété par le **Règlement d'exécution (UE) 2021/535** qui contient des spécifications relatives aux systèmes de stockage d'hydrogène liquide et aux matériaux utilisables pour le système de stockage d'hydrogène.

¹ Règlement n° 134 de la Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU) – Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules automobiles et de leurs composants en ce qui concerne les prescriptions de sécurité des véhicules fonctionnant à l'hydrogène

2.2.2 Fluvial



Les prescriptions techniques applicables à l'utilisation de l'hydrogène pour la propulsion des bateaux de navigation intérieure découlent des standards élaborés par le Comité européen pour l'élaboration de standards dans le domaine de navigation intérieure (CESNI) qui adapte régulièrement l'ES-TRIN (Standard européen établissant les prescriptions techniques des bateaux de navigation intérieure).

Le CESNI travaille depuis 2020 à l'adaptation de l'ES-TRIN à l'utilisation de l'hydrogène : usage de piles à combustibles, stockage de l'hydrogène à bord, avitaillement par rack (pas par flexible). Pour l'heure, **seules des prescriptions concernant les systèmes de propulsion ou auxiliaires utilisant des piles à combustible ont été élaborées** et figurent dans l'ES-TRIN 2023/1 entré en vigueur le 1^{er} janvier 2024. Il manque encore des prescriptions sur le **stockage de l'hydrogène à bord**.

Dans l'attente de l'élaboration définitive de l'ensemble des prescriptions techniques permettant l'usage de motorisation fonctionnant avec l'hydrogène, il est possible de s'appuyer sur la réglementation GNL de l'ES-TRIN.

Les autorités nationales peuvent faire **une demande de dérogation** auprès des instances internationales, soit sur le fondement de l'article 2.20 du Règlement de visite des bateaux du Rhin (RVBR, CCNR) soit sur celui des articles 25 et 26 de la directive (UE) 2016/1629 établissant les prescriptions

techniques applicables aux bateaux de navigation intérieure. Il faut ensuite demander à la DRIEAT et à la DGITM l'autorisation de cette dérogation à l'ES-TRIN.

Cette dérogation permettra la navigation dans une zone géographique réduite ou dans des zones portuaires. (C. transp., art. D. 4220-4 et arrêté du 20 août 2019 relatif à la délivrance de titres de navigation sur une zone de navigation restreinte). Elles s'appuient sur l'avis d'organismes certifiés (ex : Bureau Veritas) pour valider cette demande.

La demande de dérogation concernant un projet innovant doit être transmise par le demandeur dans le cadre de la déclaration préalable de mise en chantier, avant lancement des travaux de construction ou de modification du bateau, engin flottant ou établissement flottant.

En l'absence de normes établies, ces processus alternatifs d'homologation basés sur l'étude des risques impliquent **des coûts élevés et des délais importants**.



2.2.3 Maritime



L'utilisation de l'hydrogène pour la propulsion des navires, notamment ceux de grande taille, pose d'importants problèmes techniques (notamment au niveau de l'espace nécessaire au stockage sur les navires au long cours) et de sécurité.

En 2017, est entré en vigueur le **Recueil IGF** (International Code of Safety for Ship using Gases or other Low-Flashpoints Fuels, 2016) élaboré par l'OMI et dédié aux navires utilisant des gaz ou autres combustibles à faible point d'éclair. Cependant, même si cette réglementation intègre l'hydrogène sans le nommer, elle contient **principalement des règles applicables au GNL** utilisé comme combustible.

L'utilisation de l'hydrogène comme combustible et des piles à hydrogène (HFC - Hydrogen Fuel Cell) n'est pas explicitement couverte par les règles de l'OMI. Les lacunes réglementaires s'appliquent à la fois à la propulsion (principale ou auxiliaire) ainsi qu'à l'utilisation des HFC pour le chauffage, le refroidissement et d'autres fins de production d'électricité.

Des règles relatives à d'autres combustibles à faible point d'éclair comme l'hydrogène (piles à combustible), les alcools méthylique/éthylique ou les diesels à faible point d'éclair devraient y être ajoutées au fur et à mesure qu'elles seront élaborées par l'OMI. Des travaux sont actuellement en cours et des directives intérimaires relatives à la sécurité des navires qui utilisent des installations électriques à pile à combustible sont en cours d'élaboration par l'OMI (Sous-comité du transport des cargaisons et des conteneurs - CCC).

Un premier Guide de bonnes pratiques pour l'approbation et la certification des navires utilisant l'hydrogène comme combustible est paru en décembre 2020 et permet d'orienter les acteurs dans leurs projets en définissant des méthodes pour l'approbation et la certification des projets ainsi qu'une liste de prescriptions fonctionnelles.

Selon le code IGF, en l'absence de dispositions normatives spécifiques, l'utilisation d'autres combustibles à faible point d'éclair, y compris l'hydrogène, peut être approuvée sur la base d'une « **conception alternative** » :

Code IGF chapitre 2; 2.3.2 :

« Les combustibles, appareils et organisation des systèmes de combustible à bas point d'éclair peuvent soit :

- 1) s'écarter de celles énoncées dans le présent code, ou
- 2) être conçu pour l'utilisation d'un carburant qui n'est pas spécifiquement abordé dans ce code.

Ces combustibles, appareils et organisations peuvent être utilisés à condition qu'ils satisfassent à l'objectif et aux exigences fonctionnelles concernés et garantissent un niveau de sécurité équivalent des chapitres concernés. »

Cette conception alternative doit être évaluée selon les modalités prévues par la Convention SOLAS (SOLAS II-1/55), c'est-à-dire par une approche fondée sur les risques et approuvée par les autorités maritimes nationales. Les circulaires de l'OMI élaborées au niveau du Comité maritime et de sécurité, MSC. 1/Circ. 1212 et MSC. 1/Circ.1455 fournissent des conseils pour exécuter le processus de conception alternative.

Le processus de conception alternatif est actuellement le seul moyen d'approbation des navires à HFC à usage maritime. Ce processus implique des coûts élevés, une incertitude réglementaire et des retards (estimation de plus d'une année supplémentaire pour l'approbation, par rapport à d'autres technologies plus établies).

S'agissant de la partie **pile à combustible**, l'OMI prévoit son encadrement par la **note**

réglementaire NR547 du Bureau Veritas sur les systèmes à pile à combustible à bord des navires (Ships using fuel cells, janvier 2022).

Elle couvre les exigences de sécurité pour les navires utilisant tout type de technologie de pile à combustible, fournissant des règles pour l'agencement et l'installation des systèmes d'alimentation par pile à combustible et la fourniture d'énergie électrique.

Elle décrit les exigences relatives à la conception, à la construction et à l'installation de systèmes de piles à combustible pour assurer que la sécurité du navire est maintenue. L'objectif est d'identifier et d'atténuer les risques pour les personnes à bord, l'environnement et l'intégrité structurelle des navires.

2.3 Réglementation sécurité

2.3.1 Réglementation Matières Dangereuses (TMD - ADR)



Hydrogène utilisé pour la propulsion du véhicule (exemption de l'ADR) : Les prescriptions de l'ADR ne s'appliquent pas au transport des gaz contenus dans les réservoirs ou bouteilles de combustible d'un véhicule effectuant une opération de transport et qui sont destinés à sa propulsion ou au fonctionnement d'un de ses équipements (frigorifiques par exemple) utilisé ou destiné à une utilisation durant le transport (ADR 2023, vol. 1 : 1.1.3.2.a. Exemptions liées au transport de gaz). Les gaz peuvent ainsi être transportés dans des réservoirs ou des bouteilles de combustibles fixes, directement reliés au moteur ou à l'équipement auxiliaire ou dans des récipients sous pression transportables qui sont conformes aux dispositions réglementaires appropriées. La capacité totale des réservoirs ou bouteilles de combustible d'une unité de transport ne doit pas dépasser la quantité d'énergie (MJ) ou la masse (kg) correspondant à un équivalent énergétique de 54 000 MJ (1 500 litres).

NOTA 1 : La valeur de 54 000 MJ pour l'équivalent énergétique correspond à la limite du 1.1.1.3 a (1 500 litres). En ce qui concerne la teneur énergétique des carburants, voir le tableau suivant :

Combustible	Teneur énergétique
Diesel	36 MJ/litre
Essence	32 MJ/litre
Gaz naturel/Biogaz	35 MJ/Nm ³ ^a
Gaz de pétrole liquéfié (GPL)	24 MJ/litre
Éthanol	21 MJ/litre
Biodiesel	33 MJ/litre
Émulsion	32 MJ/litre
Hydrogène	11 MJ/Nm ³ ^a

^a 1 Nm³ désigne un normo mètre cube, soit la quantité de gaz occupant 1 m³ dans les conditions de températures et de pression suivantes : 0 °C et 1,01325 bar (0,101325 MPa)

ADR 2023, vol. 1 : 1.1.3.2.a. Exemptions liées au transport de gaz

Il semble que cette limite ne pose pas de difficultés par rapport aux quantités d'hydrogène présentes dans les réservoirs ou dans les bouteilles à bord des véhicules lourds qui circulent actuellement (7 kg pour les véhicules légers, 40 kg pour les véhicules lourds).

Transport de matières dangereuses par véhicule hydrogène :

Les véhicules à motorisation hydrogène ne sont pas autorisés ADR. Seules les technologies gaz (depuis 2017) et biocarburants sont actuellement compatibles avec le transport de matières dangereuses.

Afin de permettre l'utilisation de camions à hydrogène pour le transport de marchandises dangereuses, un groupe de travail européen au sein de l'ADR a été lancé pour réaliser l'analyse de risques et définir les mesures de maîtrise de risques nécessaires à un transport en toute sécurité. L'article 1.5.1. de l'ADR autorise néanmoins les Etats contractants à convenir directement entre eux (accord multilatéral) d'autoriser certains transports sur leur territoire en dérogation temporaire aux prescriptions de l'ADR, à condition que la sécurité n'en soit pas compromise. La durée de la dérogation temporaire ne doit pas dépasser 5 ans à compter de la date de son entrée en vigueur.

Un tel accord multilatéral (M357 - Use of hydrogen powered AT and FL vehicles) a été conclu à l'initiative du Luxembourg le 11 avril 2024. Il est valable jusqu'au 1^{er} juillet 2025.

Selon cet accord, les véhicules correspondant aux catégories AT et FL peuvent utiliser des moteurs à combustion d'hydrogène et des piles à combustible à hydrogène pour transporter des marchandises dangereuses autorisées conformément au 9.1.3 (certificat d'agrément ADR délivré par l'autorité compétente du pays d'immatriculation), si les prescriptions techniques énumérées par l'accord sont respectées. L'accord multilatéral M357 est valable tant pour les véhicules à pile à combustible que pour les véhicules à moteur à combustion interne à hydrogène. Il n'est applicable que dans les pays qui ont signé l'accord.

Trois États (Luxembourg, Pays-Bas et république de Saint-Marin) ont signé cet accord, mais pas la Belgique (où ce sont les régions qui sont compétentes en matière d'ADR), ni la France.

L'entreprise luxembourgeoise HAESAERTS (groupe ALTREA LOGISTICS) a ainsi été autorisée à utiliser un camion à double carburation diesel-hydrogène (moteur à carburation interne) de CMB-Tech pour le transport de produits chimiques.

Les normes de transport d'hydrogène vont être amenées à changer avec l'entrée en vigueur de la nouvelle norme EN 17339 (Bouteilles à gaz transportables - Bouteilles et tubes entièrement bobinées en matériaux composites carbonés pour l'hydrogène) qui s'applique aux bouteilles destinées à être montées de manière permanente dans un châssis (par exemple, un cadre ou une remorque) avec une pression d'épreuve d'au moins 300 bar.



Maintenance :

La maintenance (dépôts, ateliers, garages) des véhicules roulant à l'hydrogène doit se faire dans le respect de la réglementation ATEX introduite dans le code du travail. Celle-ci implique la réalisation d'une étude spécifique des risques d'explosion sur les différents postes de travail (station de remplissage, atelier de maintenance, remisage, etc.).

L'étude conduit :

- À la mise en place de mesures techniques et organisationnelles qui sont implémentées sur les sites et consignées dans le Document Unique d'Evaluation des Risques (DUER).

- À la définition de zones ATEX où peuvent apparaître des atmosphères explosives. Celles-ci peuvent être temporaires en fonction des opérations réalisées. Ces zones seront repérées et balisées sur le site.

En outre, s'applique la réglementation ICPE : Rubrique n° 2930 (ateliers de réparation et d'entretien de véhicules et engins à moteur) Cette rubrique n'est pas spécifique aux véhicules à hydrogène. Elle a été modifiée en 2020 pour faire passer du régime de l'autorisation au régime de l'enregistrement les ateliers d'une surface supérieure à 5 000 m².

Réparation et entretien de véhicules et engins à moteur

Surface de l'atelier > 5 000 m²

Enregistrement

Surface de l'atelier > 2 000 m² mais < 5 000 m²

Déclaration avec contrôle

Rubrique n° 2930

La rubrique n° 2930 prend en compte le risque hydrogène : plan général des ateliers et des stockages indiquant les différentes zones de danger, interdiction du remplissage des véhicules dans les ateliers, installations d'explosimètres déclenchant des alarmes, une coupure de l'alimentation électrique et l'ouverture des ventilations basses et hautes, l'évacuation du personnel et l'appel des services de secours.

Régime de la déclaration : Arrêté du 04/06/2004 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n° 2930.

Régime de l'enregistrement : Arrêté du 12/05/2020 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations relevant du régime de l'enregistrement au titre de la rubrique n° 2930.

Réglementation tunnels :

Il n'existe pas de réglementation nationale restreignant l'accès aux tunnels des véhicules lourds fonctionnant à l'hydrogène. Les éventuelles restrictions émanent des préfetures et des gestionnaires d'infrastructures. Cependant, l'hydrogène présente des risques d'inflammation et d'explosion plus élevés que les carburants classiques (plage d'inflammabilité et d'explosivité plus étendue, énergie d'inflammation plus faible).

Particulièrement préoccupants en tunnel, ces risques doivent être mieux cernés, qu'ils concernent l'hydrogène à l'intérieur du

réservoir ou l'hydrogène libéré par déclenchement des thermofusibles. Des travaux préparatoires à une normalisation sont en cours au niveau européen (projet HyTunnel-CS).

Il conviendra de clarifier dans quelles conditions et pour quelles classes de tunnel, des véhicules lourds à hydrogène (également des bus) peuvent y circuler. L'Etat français s'y est engagé dans l'engagement pour la croissance verte (ECV) Hydrogène dans la mobilité routière signé le 29 mai 2019. Le CETU, l'INERIS et l'AFHYPC travaillent sur ces sujets.

Stationnement :

Les questions de la sécurité en cas de stationnement des véhicules à hydrogène ne sont pas encore stabilisées. L'arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public ne comporte pas de dispositions spécifiques aux véhicules à hydrogène.

Un Guide pratique relatif à la sécurité incendie dans les parcs de stationnement couverts ouverts au public (Guide PS) est régulièrement mis à jour par la Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises, mais il concerne les véhicules légers.



Même si le stationnement des véhicules hydrogène n'est pas interdit dans les parcs de stationnement couverts, à l'heure actuelle, le remisage de véhicules hydrogène en parking public couvert est déconseillé (recommandation du Guide PS de janvier 2018). Les services du Ministère de l'Intérieur (DGSCGC) préconisent, dans l'attente d'un retour d'expérience plus important sur le comportement de ces véhicules en cas d'incendie dans un parc couvert ou d'essais spécifiques, que les véhicules à hydrogène ne stationnent pas dans les parcs couverts et que les exploitants de véhicules respectent cette règle. Il convient de faire évoluer cette position. Une action en ce sens est d'ailleurs en cours par l'AFHYPAC auprès de la DGSCGC.

Le remisage en parking privé souterrain n'est pas impossible mais il doit être envisagé avec la même approche que la maintenance des véhicules hydrogène, c'est-à-dire avec une étude du risque ATEX et une éventuelle adaptation du parking.

Dans l'ECV Hydrogène et mobilité routière, l'Etat s'est engagé à étudier les possibilités et modalités éventuelles du stationnement en parcs couverts au vu du REX (essais de feu) sur le comportement des véhicules hydrogène en cas d'incendie ou d'essais spécifiques démontrant la limitation des risques, en liaison avec le GT réglementation de l'AFHYPAC. Le CETU et l'INERIS travaillent sur ces sujets.

Réglementation TMD (ADN) :

L'utilisation de l'hydrogène comme carburant à bord des bateaux de navigation intérieure n'est pas autorisée par l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieure (ADN) :

- « Il est interdit d'utiliser des moteurs fonctionnant avec un combustible dont le point éclair est inférieur ou égal à 55 °C. Sauf s'il s'agit de systèmes de propulsion et de systèmes auxiliaires satisfaisant aux prescriptions du chapitre 30 et de la section 1 de l'annexe 8 de l'ES-TRIN » (ADN, 7.1.3.31);
- « Seuls les moteurs à combustion interne utilisant un carburant à point éclair supérieur à 55 °C sont admis.

Cette disposition ne s'applique pas aux moteurs à combustion interne qui font partie d'un système de propulsion ou d'un système auxiliaire. Ces systèmes devant satisfaire aux prescriptions du chapitre 30 et de la section 1 de l'annexe 8 de l'ES-TRIN » (ADN, 9.1.0.31.1).

Pour transporter des marchandises dangereuses avec un bateau fonctionnant avec de l'hydrogène, il est donc nécessaire de demander au Comité de sécurité de l'ADN et au Comité d'administration de l'ADN d'examiner une demande de dérogation.

Fluvial :

Le Comité européen pour l'élaboration de standards dans le domaine de la navigation intérieure (CESNI) a indiqué travailler à l'élaboration de recommandations en matière de compétences nécessaires pour les bâtiments utilisant de l'hydrogène.

Des lignes directrices ont déjà été approuvées en 2024 pour les bâtiments équipés d'une alimentation électrique pour la propulsion, et ceux utilisant le méthanol comme combustible.

2.4 ZFE-m



Les véhicules hydrogène sont classés Crit'Air 0 (ou verte). Des zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) ont été créées dans les territoires les plus pollués, et notamment dans les métropoles de Rouen et du Grand Paris. Ces ZFE-m devraient se multiplier à partir de 2024 dans les agglomérations (ou unités urbaines) de plus de 150 000 habitants, notamment Le Havre et Caen.

ZFE-m Métropole Rouen Normandie :

Arrêté N° 24.060 du 11 juin 2024 abrogeant l'arrêté du 29 juillet 2022 :

Périmètre de la ZFE : Amfreville-la-Mi-Voie, Bihorel, Bois-Guillaume, Bonsecours, Darnétal, Déville-lès-Rouen, Le Grand-Quevilly, Le Mesnil-Esnard, Notre-Dame-de-Bondeville, Le Petit-Quevilly, Rouen, Saint-Léger-du-Bourg-Denis, Sotteville-lès-Rouen.

Véhicules interdits : notamment les véhicules utilitaires légers de catégorie N1 ($\leq 3,5$ t), N2 ($> 3,5$ t et ≤ 12 t) et N3 (> 12 t), classés Crit'Air 4, 5 et « non classés ».

Période d'interdiction : 7j/7, 24h/24.

L'arrêté prévoit :

- Des exemptions permanentes (véhicules de transports exceptionnels ou de grumes),
- Des dérogations temporaires à caractère individuel (12 mois renouvelable deux fois) pouvant être demandées en raison des délais de livraison ou des caractéristiques très particulières de certains véhicules,
- Un « Pass ZFE-m 24h » autorisant les véhicules Crit'Air 4 et 5 et les véhicules non classés à circuler 24 fois par année civile pendant une journée calendaire dans la ZFE de la MRN.

ZFE-m Métropole du Grand Paris :

Périmètre de la ZFE : Paris intra-muros, le boulevard périphérique et les bois de Vincennes et de Boulogne, communes incluses dans le périmètre de l'A86 (A86 exclue).

Véhicules interdits : notamment les véhicules utilitaires légers de catégorie N1 ($\leq 3,5$ t), N2 ($> 3,5$ t et ≤ 12 t) et N3 (> 12 t), classés Crit'Air 4, 5 et « non classés ».

Période d'interdiction :

- VUL : de 8h à 20h, du lundi au vendredi,
- Poids lourds : de 8h à 20h, 7j/7.

Exemptions permanentes :

- Véhicules d'approvisionnement des marchés (détenir une autorisation de la commune),
- Véhicules frigorifiques dont le certificat d'immatriculation porte la mention FG TD (fourgon à température dirigée).

Initialement, il était prévu d'interdire dans la ZFE-m du Grand Paris les véhicules Crit'Air 3 le 1^{er} juillet 2023 et les véhicules Crit'Air 2 en 2024. Cependant, l'interdiction des véhicules Crit'Air 3 devrait être reportée à début 2025 comme le prévoit l'échéancier légal.

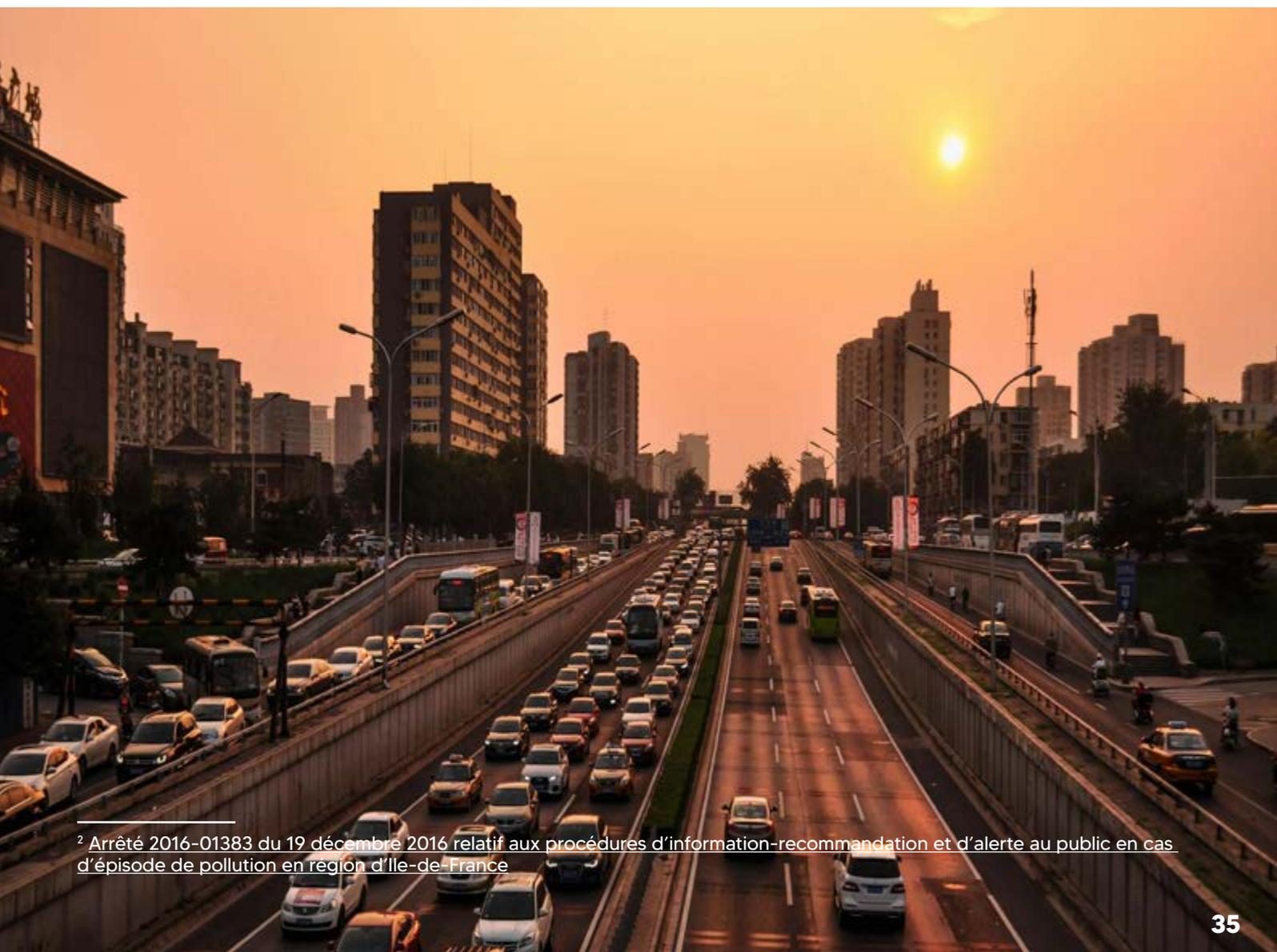
2.5 Zones à circulation différenciée



Seulement en cas de pic de pollution, mais sur le même périmètre que celui de la ZFE-m, le préfet peut décider de prendre des mesures de restriction de circulation (C. env., art. L. 223-1), notamment en se basant sur la vignette Crit'Air (zone de circulation différenciée - ZCD).

L'arrêté interpréfectoral adopté pour la Seine-Maritime permet d'interdire temporairement la circulation des véhicules Crit'Air 3, 4 et 5. Il permet donc au préfet d'aller au-delà de ce que prévoit actuellement la ZFE-m de la Métropole de Rouen Normandie qui n'exclut

pas les Crit'Air 3. Pour sa part, l'arrêté adopté pour l'Île-de-France² ne fixe aucune limite puisqu'il prévoit que la mesure de restriction peut viser une ou plusieurs classes de véhicules telles que définies à l'arrêté du 21 juin 2016.



² Arrêté 2016-01383 du 19 décembre 2016 relatif aux procédures d'information-recommandation et d'alerte au public en cas d'épisode de pollution en région d'Île-de-France

3. Fiscalité énergie / carburant

Il n'existe pas aujourd'hui de fiscalité spécifique (TICPE) à l'hydrogène utilisé comme carburant.

3.1 Taxes sur l'électricité



Le coût de l'hydrogène produit par électrolyse dépend à 80 % du coût des kilowattheures (kWh) électriques qui sont injectés dans l'électrolyseur, et notamment des taxes.

La fiscalité de l'électricité utilisée pour l'électrolyse et par les utilisateurs électro-intensifs, apparaît favorable dans la mesure où elle prévoit pour ces derniers des exemptions ou des taux réduits de Taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité (TICFE) ou encore une réduction du Tarif d'utilisation du réseau public d'électricité (TURPE).

3.2 TIRURET



Cette taxe pénalise les fournisseurs de carburants s'ils ne mettent pas à la vente des énergies renouvelables dans les offres de carburants.

L'hydrogène est favorisé par cette taxe puisque l'hydrogène renouvelable (depuis 2023, LF 2022) et l'hydrogène bas-carbone (depuis 2024, LF 2023) sont pris en compte dans le calcul du taux d'incorporation de renouvelable dans les offres de carburant (minoration de la TIRURET). L'hydrogène renouvelable bénéficie en outre d'une double comptabilisation (coefficient multiplicatif 2). Ce traitement fiscal a un impact sur le prix de l'hydrogène « à la pompe ».

4. Aides publiques

4.1 Routier

4.1.1 Aides nationales



L'acquisition de véhicules électriques fonctionnant avec une pile à combustible et de l'hydrogène est encouragée par les dispositifs fiscaux ou les aides existantes, bien que le bonus écologique ait été supprimé en 2023 pour les véhicules lourds.

Taxe d'immatriculation :

Depuis la loi de finances pour 2020, sont exonérées de la taxe régionale les délivrances de certificats d'immatriculation portant sur des véhicules (PTAC \geq 2,6 t) dont la source d'énergie est exclusivement l'électricité, l'hydrogène ou une combinaison des deux (CGI, nouv. art. 1012 bis - III).

Malus écologique :

Le véhicule hydrogène n'est pas concerné par le malus écologique.

Dispositif du suramortissement en cas d'acquisition de véhicules neufs :

Texte : CGI, art. 39 decies A

Principe : Le dispositif du suramortissement permet de déduire fiscalement un montant supérieur au prix d'achat pour compenser le surcoût à l'achat. Plus précisément, il permet aux entreprises soumises à l'impôt sur les sociétés ou à l'impôt sur le revenu de déduire de leur résultat imposable une fraction de la valeur d'origine, hors frais financiers, de leurs investissements éligibles.

Il s'applique à l'acquisition d'un véhicule neuf qui utilise exclusivement une ou plusieurs des énergies énumérées par l'article 39 decies A du Code général des impôts, notamment l'hydrogène.

Véhicules concernés : Il concerne l'acquisition de véhicules de plus de 2,6 tonnes de PTAC et s'applique aussi aux véhicules neufs faisant l'objet d'un contrat de crédit-bail ou d'un contrat de location avec option d'achat (LOA).

	PTAC entre 2,6 et 3,5 t	PTAC > 16 t	PTAC entre 3,5 et 16 t
Suramortissement	20 %	40 %	60 %
Amortissement total	120 %	140 %	160 %

Le dispositif a été prorogé jusqu'en 2030 par la Loi Climat et Résilience. Extension, à partir de 2024, du dispositif du suramortissement au rétrofit ou à l'acquisition/la location d'un véhicule rétrofité (voir rubrique Rétrofit).

Bonus écologique (véhicules neufs) :

Texte : Code de l'énergie art. D. 251-1-1

Principe : Cette aide est accordée pour l'achat ou la location longue durée (≥ 2 ans) de certains véhicules neufs utilisant l'électricité ou une **combinaison électricité/hydrogène** comme source exclusive d'énergie.

Véhicules notamment concernés :

- **Camionnette** utilisant l'électricité, l'hydrogène ou une combinaison des deux comme source exclusive d'énergie (C. énergie, art. D. 251-1-1).
- **VUL** : Véhicule de catégorie N2 bénéficiant d'une dérogation de poids et d'un PTAC $\leq 3,5$ t) utilisant l'électricité, l'hydrogène ou une combinaison des deux comme source exclusive d'énergie (C. énergie, art. D. 251-1-1).

Soulignons que les véhicules lourds (catégories M3 et N3) ne bénéficient plus du bonus écologique depuis le 1^{er} janvier 2023.

Autres conditions : Pour bénéficier du bonus écologique, le véhicule acheté ou loué doit être immatriculé en France dans une série définitive et il ne doit pas être cédé avant un certain délai qui dépend de sa catégorie. Par exemple, pour les camionnettes ou les véhicules de catégorie N2, il ne doit pas être cédé dans l'année suivant la date de facturation du véhicule ou de versement du premier loyer ni avant d'avoir parcouru au moins 6 000 kilomètres.

Montant de l'aide : Camionnette et VUL (catégorie N2 bénéficiant d'une dérogation de poids et d'un PTAC $\leq 3,5$ t) : 40 % du coût d'acquisition TTC, augmenté le cas échéant du coût de la batterie si celle-ci est prise en location, dans la limite de :

- 5 000 € si le véhicule est acquis ou loué par une personne physique,
- 3 000 € si le véhicule est acquis ou loué par une personne morale.

Le montant de l'aide est majoré de 3 000 € lorsque le véhicule est acquis ou loué par une personne physique dont le revenu fiscal de référence par part est inférieur ou égal à 15 400 €.



Bonus écologique (véhicules d'occasion) :

Texte : Code de l'énergie art. D. 251-2

Principe : Cette aide était accordée jusqu'en février 2024 pour l'achat ou la location longue durée (≥ 2 ans) d'une camionnette ou d'un VUL d'occasion utilisant l'électricité ou une combinaison électricité/hydrogène comme source exclusive d'énergie.

Autres conditions :

- Le véhicule acheté ou loué doit avoir fait l'objet d'une première immatriculation depuis au moins deux ans à la date de facturation du véhicule ou de versement du premier loyer.
- Être immatriculé en France dans une série définitive.
- Ne pas appartenir à un membre du même foyer fiscal.
- Ne pas être cédé par l'acquéreur ou le titulaire d'un contrat de location dans les deux ans suivant la date de facturation du véhicule ou de versement du premier loyer.

Montant de l'aide : 1 000 €

Le bonus écologique « véhicule d'occasion » a été supprimé en février 2024 (Décr. 2024-102, art. 1-6).

Prime à la conversion :

Texte : Code de l'énergie : art. D. 251-4-1

Principe : La prime à la conversion est accordée pour l'achat ou la location longue durée (≥ 2 ans) d'une camionnette d'occasion utilisant l'électricité ou une combinaison électricité/hydrogène comme source exclusive d'énergie.

Véhicule mis au rebut : VP, camionnette ou VUL utilisant le gazole (immatriculé avant le 1^{er} janvier 2011) ou tout autre carburant (immatriculé avant le 1^{er} janvier 2006) acquis depuis au moins un an.

Montant de l'aide : Variable selon la source d'énergie du véhicule acquis et sa classe. Pour l'acquisition d'un véhicule utilisant l'électricité, l'hydrogène ou une combinaison des deux : de 4 000 € à 8 000 €. Majoration de 1 000 € si établissement dans une ZFE-m (C. énergie, art. D. 251-6).

Quel que soit le nombre de véhicules mis au rebut, l'acquisition ou la prise en location d'un véhicule ne peut donner lieu au versement que d'une prime à la casse (C. énergie, art. D. 251-4-4).



Appel à projets « Écosystèmes territoriaux hydrogène » :

Cet appel à projets s'adresse plutôt à des collectivités souhaitant développer un écosystème de production, distribution et usage mobilité de l'hydrogène, éventuellement avec des transporteurs ou des armateurs partenaires.

14 projets dévoilés en février 2023 (salon HyVolution). Notamment le projet H2PRO : Porté par deux filiales de Michelin (Watèa : location de VUL) et STELLANTIS (Free2Move), le programme H₂PRO a pour objectif le déploiement de plus de 650 véhicules utilitaires à hydrogène au sein des régions Auvergne-Rhône-Alpes et Ile-de-France.

Une deuxième relève a été faite en septembre 2023, l'annonce des lauréats est en attente.

Prêt à taux zéro :

Le « PTZ mobilités » a été créé à titre expérimental pour une durée de deux ans (2023-2025) par la loi Climat et Résilience d'août 2021 (art. 107).

Il concerne :

- Les personnes physiques (revenu fiscal de référence par part $\leq 14\,089$ € selon le dernier avis d'imposition disponible) ou morales (microentreprises de moins de 10 salariés (CA annuel ou total du bilan annuel du précédent exercice comptable ≤ 2 M€).
- Domiciliées ou exerçant une activité professionnelle dans ou à proximité d'une ZFE-m.

Il vise :

- Soit l'acquisition (ou la location longue durée ou avec option d'achat) d'un véhicule léger ($\leq 45\,000$ €) ou d'une camionnette (PTAC $\leq 2,6$ t., $\leq 60\,000$ €) à faibles émissions (≤ 50 g CO₂/km),
- Soit la transformation d'un véhicule léger ou d'une camionnette à motorisation thermique en véhicule à motorisation électrique à batterie ou pile à combustible (rétrofit électrique).

Attention, le véhicule acheté ou rétrofité ne peut être utilisé par une personne morale pour réaliser du transport de marchandises pour compte d'autrui. Le prêt pourra donc concerner notamment les véhicules d'artisans ou de commerçants ne faisant pas du transport public, ou bien encore les auto-entrepreneurs (non inscrits au RCS) faisant du transport public (ex : livraison de colis).



Appel à projets « Soutien aux projets d'investissements pour produire en France les véhicules routiers de demain et leurs composants » :

Le Gouvernement a décidé un soutien massif dans le cadre de France 2030 avec une enveloppe de 2,6 Mrd€ de nouveaux crédits, pour accompagner dans la durée les besoins de transformations profondes et rapides de la filière pour accélérer la transition vers le véhicule de demain, qui se veut décarboné, sobre, connecté, performant, autonome et accessible³.

Cet AAP vise notamment :

- **Volet 1** : À soutenir les projets de transition et de développement des capacités industrielles ainsi que l'installation de nouvelles usines ou micro-usines pour produire des véhicules légers (véhicules particuliers et utilitaires légers) et lourds (Engins routiers : bus, autocars, camions, bennes à ordures, etc.) électrifiés, connectés et/ou automatisés. Les motorisations compatibles avec ces véhicules sont les **motorisations électriques à batterie ou à hydrogène**. Ce volet pourra également couvrir des catégories de **rétrofit** de véhicules pertinentes (véhicules particuliers, utilitaires légers et véhicules lourds), dans la mesure où les porteurs démontrent la compétitivité de leur offre. Ce volet adresse en priorité les **profils constructeurs**, quelle que soit leur taille.
- **Volet 2** : À soutenir les projets de production des principaux composants et équipements du véhicule de demain. Notamment les composants des véhicules (en priorité les véhicules utilitaires ou lourds) hydrogène : ce volet soutiendra des projets visant la production de tels véhicules et de leurs composants clés, qu'il s'agisse des composants hydrogène pour une motorisation électrique, des composants électroniques associés ou de réservoirs.
- **Volet 3** : À soutenir les projets de production des **systèmes de recharge et d'avitaillement** pour les véhicules électriques à batterie et à **hydrogène**.

A notre connaissance, cet AAP n'a pas été reconduit en 2024.



³ Cahier des charges <https://www.bpifrance.fr/download/media-file/76790>

4.1.2 Aides locales



Région Ile-de-France : La Région Ile-de-France propose une aide aux petites entreprises (50 salariés maximum) ayant leur siège en région et dont le CA annuel n'excède pas 10 M€.

- Jusqu'à 1 500 € pour les deux-roues, trois-roues et quadricycles à moteur électrique.
- Jusqu'à 6 000 € pour les voitures, camionnettes et véhicules spécialisés, électriques ou à hydrogène, de moins de 3,5 tonnes.
- Jusqu'à 9 000 € pour les camions et tracteurs routiers de plus de 3,5 tonnes, électriques, à hydrogène ou GNV.

Le cumul d'aides publiques (État + Région) est plafonné à 50 % du prix d'achat du véhicule TTC. La subvention de la Région s'ajuste pour respecter le plafond.

Région Normandie : Dispositif Idée action « mobilité durable »

Bénéficiaires : Les collectivités territoriales et leurs groupements, entreprises (micro entreprise, TPE, PME, ETI et Grands groupes), associations à vocations économique, culturelle, sportive ou environnementale.

Véhicules concernés (Véhicules utilitaires (PTAC ≤ 3,5 t) :

- À prolongateur d'autonomie pour lequel la source de production électrique est mixte, assurée à la fois par des batteries et une pile à combustible.
- Tout hydrogène pour lesquels l'alimentation électrique est exclusivement d'origine hydrogène.

Pour les véhicules hydrogène : 25 % du montant hors taxe du véhicule, plafonné à 50 000 € par véhicule.

Conditions :

- Acquisition (neuf et jamais immatriculé) ou location longue durée, avec ou sans option d'achat.
- Le bénéficiaire doit conserver dans son patrimoine le(s) véhicule(s) subventionné(s) pendant une période de 5 ans.

Ce dispositif ne peut être sollicité qu'une seule fois dans la limite de 5 véhicules par bénéficiaire. La Région propose aussi une aide à l'installation de stations de recharge publique ou multi-énergies (étude sur dossier).

Métropole Rouen Normandie :

Nb : La description des aides ne concerne que les entreprises.

La MRN propose des aides⁴ soit pour l'acquisition ou LDD (après mise au rebut d'un véhicule ancien) d'un véhicule électrique avec pile à combustible (PAC) soit pour le rétrofit électrique avec pile à combustible (PAC). **Pas d'aide pour les véhicules lourds (seulement les VUL), ni pour les PME.**

Bénéficiaires : Les micro-entreprises, (TPE - de 10 salariés Et CA < 2M€, commerçants non sédentaires domiciliés dans une des 71 communes de la métropole.

Véhicule à remplacer : VUL (Catégorie N1 ≤ 3,5 t sur le certificat d'immatriculation ou Catégorie CTTE sur les anciennes cartes grises).

- **Si essence** : norme EURO 0 et 3 ou immatriculé avant le 1^{er} janvier 2006. Cela concerne les véhicules au regard des vignettes Crit'Air : non classé et Crit'Air 3.
- **Si diesel** : norme EURO 0 à 4 ou immatriculé avant le 1^{er} janvier 2011. Cela concerne les véhicules au regard des vignettes Crit'Air : non classé, Crit'Air 5, 4 et 3.

Le véhicule mis au rebut doit appartenir à l'entreprise depuis au moins un an.

Si remplacement : par un VUL électrique avec PAC (Crit'Air vert ou 0) neuf ou d'occasion (prix < 60 000 €) : aide de 2 000 €.

Si rétrofit électrique avec PAC : aide de 2 000 €

Le véhicule acheté ou rétrofité ne doit pas être cédé dans les 2 ans de l'acquisition ou du rétrofit. Aide limitée à 3 véhicules par bénéficiaire. Dans le cas de perception d'aides de l'État ou d'un autre organisme, l'aide de la Métropole Rouen Normandie se fera en complément à hauteur de 80 % maximum du montant HT du nouveau véhicule ou du coût du rétrofit.



⁴ Règlement d'attribution d'une aide financière pour les personnes morales, annexe à la délibération n° 7594 du Conseil Métropolitain, 31 janvier 2022

4.2 Fluvial

4.2.1 Aides nationales



[Voir rubrique Rétrofit.](#)

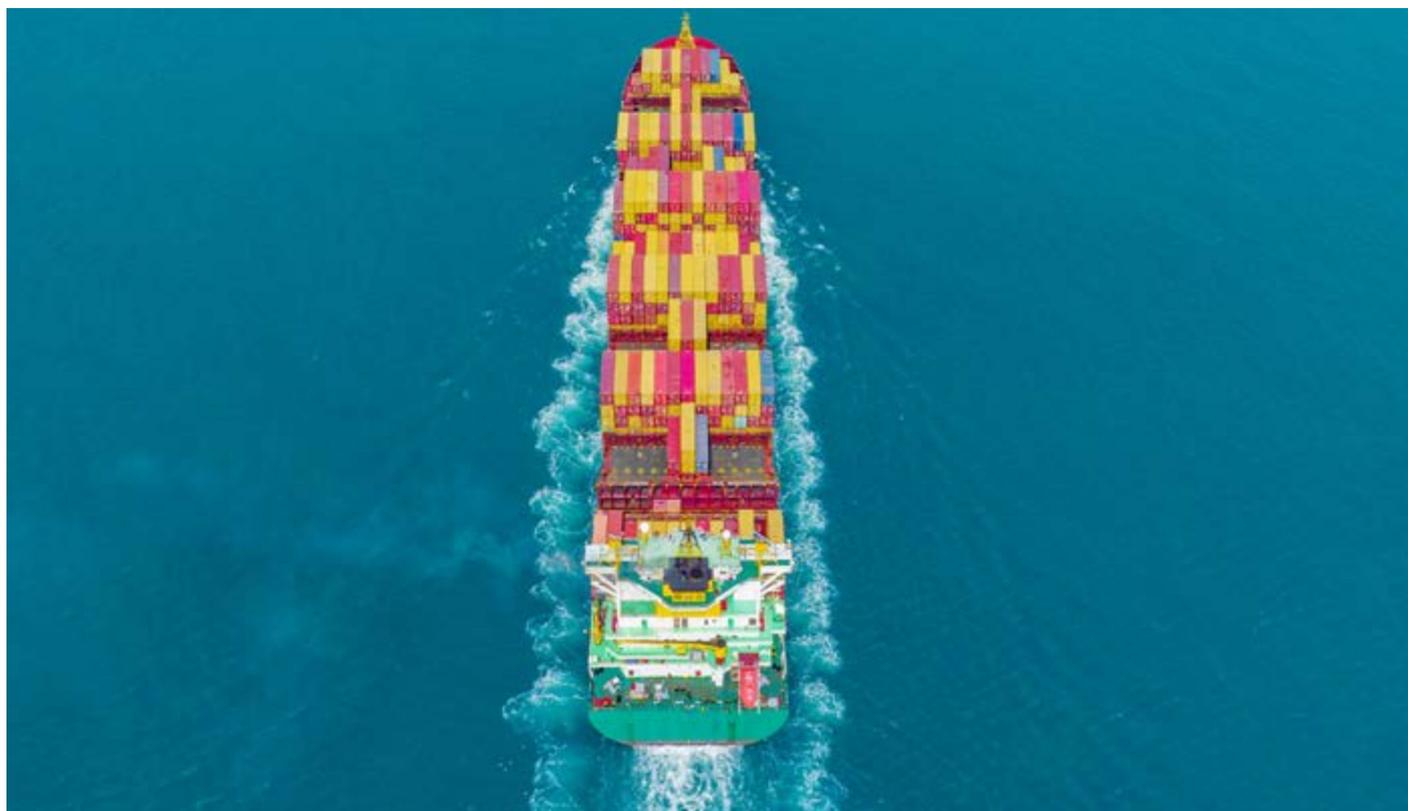
4.3 Maritime



Fonds d'intervention maritime (FIM) : Renouvelé en 2024, le FIM accompagne des projets à l'échelle locale et soutient le développement d'activités maritimes durables. Il comporte un Axe « Aménagement durable du littoral en faveur des activités maritimes » dont une thématique concerne les « Navires côtiers propres ».

Lauréat en 2022 : Navire transrade dit « Bateau bus » à motorisation hydrogène vert | Lorient (56).

Cependant, l'existence de ce fonds est remis en cause dans le projet de loi de finances 2025.



5. Rétrofit

5.1 Routier



Face à une offre ténue de camions hydrogène, des acteurs se tournent vers le rétrofit électrique-hydrogène des flottes existantes via des accords avec les constructeurs (ex : les français HYLIKO et e-Neo racheté par le groupe VENSYS). Les phases d'homologation des kits de rétrofit restent pour l'instant encore longues.

5.1.1 Réglementation rétrofit électrique avec pile à combustible



Depuis 2020, la réglementation permet la conversion des véhicules à motorisation thermique en motorisation électrique à pile à combustible ([arrêté du 13 mars 2020](#)). Cette réglementation a été améliorée en octobre 2023 afin de prendre en compte les retours d'expérience des premières homologations, et pour répondre aux demandes de la filière consultée en amont, en particulier sur les véhicules industriels lourds (cars, camions).

Elle introduit notamment une flexibilité plus importante sur le plan de la modification des dimensions et du poids du véhicule transformé et étend le rétrofit aux moteurs à combustion hydrogène.

C'est le CNRV (Centre national de réception des véhicules), organisme public du ministère français de la transition qui délivre les homologations pour la France.

Il est chargé, notamment, d'instruire et de délivrer les réceptions (c'est-à-dire les homologations) européennes par type de véhicules (appelées RCE et KS) et les réceptions des composants, systèmes et entités techniques distinctes des véhicules. C'est lui aussi qui délivre l'agrément pour le rétrofit.

Véhicules concernés : la plupart des véhicules de transport de personnes (catégorie M) ou de marchandises (catégorie N), ainsi que les véhicules à moteur à deux ou trois roues et quadricycles à moteur (catégorie L). La modification réglementaires intervenue en octobre 2023 permet désormais le rétrofit des véhicules spéciaux (VASP : dépanneuses, camping-car, véhicules accessibles aux personnes en fauteuils roulants, grues mobiles, etc.).

Le véhicule doit être immatriculé en France dans une série définitive, depuis au moins 5 ans par rapport à la date de conversion⁵ (2 ans pour les véhicules de catégorie L). Il peut être dérogé à ce délai de 5 ans en cas d'accord technique du constructeur du type de véhicule.

⁵ Au-delà de 5 ans, le véhicule n'est plus sous la « garantie constructeur », ce qui permet de rétrofiter le véhicule sans l'accord du constructeur. Le rétrofit gaz ne nécessite pas le respect de ce délai puisqu'il est régi par un autre process que celui de l'arrêté du 13 mars 2020. Dans ce cas, l'accord du constructeur est nécessaire.

La filière du rétrofit s'organise avec la création de la Coalition Rétrofit H₂ en janvier 2023 qui vise à créer un réseau de rétrofiteurs et garages de maintenance, attirer de 30 à 50 M€ d'investissement industriel, baisser les coûts via la massification des volumes (objectif : rétrofiter 10 000 camions/an en 2030 en France), promouvoir des commandes de camions rétrofités par des transporteurs engagés suivis par leurs clients chargeurs, et à mobiliser les pouvoirs publics pour adapter réglementation, la fiscalité et apporter des subventions.

Deux membres de cette coalition Rétrofit H₂, Hyliko et Safra, ont annoncé en septembre

2023 leur association afin de se doter d'une capacité de production industrielle de quelques dizaines d'unités par an à partir de 2024 et de l'accroître jusqu'à quelques centaines de véhicules par an.

Pour ce faire, Hyliko s'engage à fournir des camions poids lourds roulant au gazole aux usines de Safra à Albi (Tarn). Les véhicules y seront « dédiésésélisés », donc rétrofités, pour accueillir un groupe motopropulseur hybride à hydrogène conçu par Safra. Cette rénovation doit ensuite permettre leur livraison « dans un délai de six semaines chez les transporteurs clients de l'offre Hyliko ».

5.1.2 Aides financières



Les aides financières nationales au rétrofit électrique à batterie ou pile à combustible bénéficient principalement aux véhicules particuliers et aux véhicules utilitaires légers.



Prime au rétrofit électrique :

Depuis 2024, la prime au rétrofit électrique à batterie ou à pile à combustible **ne bénéficie plus aux véhicules lourds**, mais seulement aux voitures particulières, aux véhicules de catégorie M2 (plus de huit places assises et ayant un PTAC \leq 3,5 tonnes), aux camionnettes, aux **véhicules de catégorie N2 (transport de marchandises et ayant un PTAC \leq 3,5 tonnes)** et aux véhicules à moteur à deux ou trois roues et quadricycles à moteur. En 2024, cette prime a été étendue au rétrofit hybride rechargeable mais seulement en faveur des personnes physiques (décr. 2024-102, art. 1, 14°).

Montant de l'aide en cas de rétrofit électrique à batterie ou à pile à combustible (C. énergie, art. D. 251-5-1-II-1°) :

- Classe I : 40 % du coût de la transformation, dans la limite de 4 000 €
- Classe II : 40 % du coût de la transformation, dans la limite de 6 000 €
- Classe III : 40 % du coût de la transformation, dans la limite de 8 000 €

Majoration (1 000 €) pour :

- Bénéficiaire personne physique dont le domicile ou le lieu de travail est situé dans une commune dont une partie du territoire est située au sein d'une ZFE-m,
- Bénéficiaire personne morale justifiant d'un établissement dans une commune dont une partie du territoire est située au sein d'une ZFE-m.

Majoration cumulable avec aide locale similaire dans la limite de 2 000 €) (C. énergie, art. D. 251-6).

Dispositif du suramortissement vert :

Texte : CGI, art. 39 decies A - I bis

La loi de finances pour 2024 a étendu le dispositif du suramortissement au rétrofit des **véhicules (PTAC \geq 2,6 t)** passant d'une motorisation thermique à une motorisation électrique à batterie ou à pile à combustible à hydrogène. Cette déduction s'applique :

- Soit au coût de la transformation,
- Soit au coût de l'acquisition d'un véhicule rétrofité,
- Soit au coût de la location longue durée de tels véhicules rétrofités (crédit-bail, LOA ou location longue durée).

	PTAC entre 2,6 et 3,5 t	PTAC entre 3,5 et 16 t t	PTAC > 16
Suramortissement	20 %	60 %	40 %

Véhicules éligibles : ceux transformés, acquis ou loués entre le 1^{er} janvier 2024 et le 31 décembre 2030.

Prêt à taux zéro :

Texte : CGI, art. 39 decies A - I bis

Ce dispositif expérimental (2023-2024) d'un prêt ne portant pas intérêt et pouvant être consenti par les banques s'applique notamment à la transformation d'un véhicule léger ou d'une camionnette avec PTAC $\leq 2,6$ t à motorisation thermique en véhicule à motorisation électrique à batterie ou pile à combustible (rétrofit, Déc. n° 2023-330, 2 mai 2023). Le véhicule acheté ou rétrofité ne peut être utilisé par une personne morale pour réaliser du transport de marchandises pour compte d'autrui.

Il bénéficie uniquement aux :

- Personnes physiques (revenu fiscal de référence par part $\leq 14\ 089$ € selon le dernier avis d'imposition disponible) ou morales (microentreprises de moins de 10 salariés (CA annuel ou total du bilan annuel du précédent exercice comptable ≤ 2 M€),
- Domiciliées ou exerçant une activité professionnelle dans ou à proximité d'une ZFE-m.

5.2 Fluvial



Le rétrofit de la motorisation des bateaux existants pourrait représenter la solution la plus pertinente (pas d'offre de bateaux neufs).

Cependant, le rétrofit hydrogène n'en est qu'au stade expérimental et la réglementation n'est pas encore fixée (voir rubrique Réception-Homologation), ce qui implique une procédure lourde d'homologation ou d'autorisation « zone restreinte ». L'évolution de la réglementation européenne (prescriptions techniques ES-TRIN) devrait prochainement faciliter le rétrofit de la motorisation des bateaux existants.



5.2.1 Aides financières



PAMI 2023-2027 : Voies navigables de France (VNF) dans le cadre du Plan d'Aide à la Modernisation et à l'Innovation (PAMI) peut accorder des subventions à des projets d'adaptation des bateaux aux nouvelles exigences environnementales.

Le PAMI est cofinancé par VNF, l'Etat et d'autres partenaires comme les Régions IDF ou Normandie. Si le plan de l'aide s'articule autour de quatre volets différents, deux peuvent bénéficier à des projets de conversion à l'hydrogène (rétrofit). Il s'agit des :

- **Volet A** : « Améliorer la performance environnementale de la flotte » ; et
- **Volet D** : « Favoriser l'émergence de solutions innovantes ».

Pour le PAMI 2023-2027, les plafonds ont été relevés, avec des montants pouvant atteindre 500 000 € par projet, contre 300 000 € pour le précédent PAMI (2018-2022).

Exemple de projet financé : Projet Hybarge (financement d'une étude visant à adapter la solution hydrogène à des automoteurs Freycinet).

Suramortissement vert (CGI, art. 39 decies C) :

Equipements spécifiques utilisés pour la propulsion principale :

La transformation de la motorisation des bateaux de transport (marchandises et passagers) bénéficie du mécanisme de suramortissement qui permet au contribuable de déduire de son résultat imposable un pourcentage des coûts liés à l'installation des nouveaux équipements. Ce taux est fixé à 125 % pour les équipements, acquis à l'état neuf, permettant l'utilisation d'hydrogène comme énergie propulsive principale ou pour la production d'énergie électrique destinée à la propulsion principale (art 39 decies C-I-1e).

Ces équipements comprennent notamment la pile à combustible, les équipements de stockage et de compression de l'hydrogène, les moteurs électriques et les accumulateurs. Ils peuvent être installés sur des bateaux acquis neufs ou d'occasion ou utilisés par l'entreprise déjà en service.

Ce dispositif, adopté depuis la loi de finances pour 2019 est applicable aux équipements acquis jusqu'au 31 décembre 2024 (jusqu'au 31 déc 2023, modifié par PLF 2024).

Biens destinés à l'alimentation électrique durant les escales ou les biens destinés à compléter la propulsion principale par une propulsion décarbonée :

Le dispositif du suramortissement s'applique aussi (20 % des coûts supplémentaires immobilisés) aux équipements permettant au bateau de s'alimenter électriquement durant l'escale au moyen de moteurs auxiliaires utilisant une énergie décarbonée comme l'hydrogène (art. 39 decies C, I, 4°).

Ces biens recouvrent notamment :

- Les générateurs électriques à bord, servant au fonctionnement du navire ou du bateau à quai, alimentés par une énergie décarbonée comme l'hydrogène.

Certificats d'économie d'énergie (C2E) :

Pour l'heure, il n'existe pas de C2E en faveur du retrofit hydrogène mais seulement en faveur du retrofit électrique : remotorisation en propulsion électrique ou hybride (opération n° TRA-EQ-126).

À noter : Outre les aides, une plateforme dédiée aux opérateurs fluviaux souhaitant verdir leur flotte a été développée par E2F. Cette plateforme « GATE » accompagne les opérateurs fluviaux dans le verdissement de leur flotte en les mettant en relation avec

- Les batteries et les piles à combustible
Pour être éligibles, les équipements doivent être acquis neufs et installés sur des bateaux de transport de marchandises ou de passagers déjà en service.

Loi de finances 2024 : le taux de 125 % est passé à 115 % ou 75 % depuis le 1^{er} janvier 2024 selon que la propulsion est assurée à titre exclusif par de l'électricité ou à titre principal) pour les équipements, acquis à l'état neuf, permettant l'utilisation de l'hydrogène comme énergie propulsive principale ou pour la production d'énergie électrique destinée à la propulsion principale.

un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) pour les aiguiller à chacune des étapes de leurs projets de remotorisation de bateaux existants. L'AMO est le prestataire technique capable de gérer l'ensemble des dimensions du projet (batteries, moteurs électriques, management de l'énergie, suivi du chantier, prescriptions techniques détaillées, etc.). GATE s'inscrit dans le cadre du programme REMOVE « Report modal et verdissement des flottes de transport massifié » dans son volet d'accompagnement LOG-te.



5.3 Maritime

5.3.1 Aides financières



Suramortissement vert (CGI, art. 39 decies) : Les navires sont éligibles au même dispositif de suramortissement vert que les bateaux de navigation intérieure (voir ci-dessus). Sont exclues, les entreprises dont les résultats sont imposés selon le régime de la taxation au tonnage qui est déjà un régime fiscal très favorable.

La loi de finances de 2022 a supprimé la condition géographique consistant, pour les navires, à réaliser plus de 30 % du nombre de leurs escales dans des ports français, ou à passer plus de 30 % de leur temps de navigation dans la ZEE française.



6. Synthèse des avantages - Inconvénients

- L'hydrogène vert, produit par électrolyse à partir d'électricité renouvelable, présente un excellent pouvoir de décarbonation par rapport au gazole (-90 %).

- Volonté européenne de déploiement de l'électrolyse : installation de 6 gigawatts (GW) d'électrolyseurs pour la production d'un million de tonnes d'hydrogène renouvelable d'ici 2024 puis de 40 GW pour dix millions de tonnes d'ici 2030.

- Possibilité de circuler dans les zones ZFE

- Projets signés de pipeline d'hydrogène reliant divers pays européens (FR-ES et DE-DK)

- Si pile à combustible, retrofit possible sur les trains électriques existants

- Trains à hydrogène (pile à combustible) produits industriellement et d'ores et déjà en activité

- Filières automobile et poids lourds déjà fortement impliquées industriellement et qui tirent les prix des piles à combustibles vers le bas.

- Transport routier : l'hydrogène liquide permet d'envisager une autonomie de l'ordre de 1 000 km.

- Nombreux scénarios à l'étude permettant de diminuer le coût futur de l'hydrogène, touchant la taille et la fabrication des électrolyseurs, la réduction de catalyseurs à partir de métaux précieux, la chimie des membranes électrolytes et bénéficiant d'un taux d'apprentissage identique à celui du photovoltaïque.

- Un prix du CO₂ voisin de 250 €/t permettrait à l'hydrogène renouvelable ou décarboné de concurrencer l'hydrogène gris issu de la conversion d'hydrocarbures. Un prix entre 100 € et 200 €/t inciterait a minima au CCS en vue de passer de l'hydrogène gris à l'hydrogène bleu.

- Processus innovants pour produire de l'hydrogène propre permettant d'abaisser les coûts d'OPEX : pyrolyse du méthane (sans production de CO₂), Steam Reforming de bio méthane, électrolyse haute température à haut rendement.

- Le déploiement français de Small Modular Reactor permettrait l'alimentation de giga électrolyseurs à proximité (moins de perte énergétique sur le réseau) et une consommation locale (moins de perte énergétique dans les transports).

- L'hydrogène vert 100 % électricité renouvelable (hors filière hydraulique) n'est pas encore prête technologiquement et serait 2 à 3 fois plus cher que l'hydrogène bleu.

- Très faible énergie volumique compensée par des volumes de réservoir important = coût plus élevé et diminution du volume de marchandise embarquées.

- Logistique de distribution de l'hydrogène à mettre en place (approvisionnement, stockage, avitaillement).

- Perte énergétique importante pour le stockage sous forme comprimée (10 %) et sous forme liquéfiée (30 %).

- A plus de 20-30 USD/MWh électrique l'électrolyse (techno actuelle) n'est pas compétitive avec l'H₂ bleu.

- Compromis coût de production/ coût de transport : les grosses capacités de production d'électricité renouvelables se trouvent éloignées de l'Europe et nécessitent un coût d'acheminement élevé ; inversement de petites unités de productions locales plus chères permettraient de minimiser les coûts de transport.

- La réglementation européenne fixe une limite à l'hydrogène jaune (nucléaire).

- Stockage et consommation de l'hydrogène excédentaire dans les gazoducs déjà en place (6 % en volume en énergie et 10 % dans un proche avenir) ; cette utilisation de l'hydrogène ne nécessite pratiquement aucun coût supplémentaire d'infrastructure.

- Coût d'investissement (hors infrastructure) supérieur de 30 % vs train diesel et 20 % vs hybride

- Coût d'investissement (hors infrastructure) supérieur au moteur diesel (700 à 1 000 €/kW pour la pile à combustible vs 300 € pour le moteur diesel et 500 € pour un moteur hybride).

- Autre usage de l'hydrogène que celui de la pile à combustible : l'hydrogène fabriquée dans des pays riches en EnR pourrait être converti directement sur place en carburant plus dense en énergie (SAF, e-MeOH, e-diesel) pour être transporté vers les pays du Nord.

- L'hydrogène vert pourrait remplacer en priorité l'hydrogène gris (70 Mt/an) dans la chimie lourde (pétrole, NH₃) retardant sa disponibilité pour le transport.

Avantages :

- Zéro dégagement de Gaz à effet de serre (GES) pour la motorisation d'un véhicule (ne rejette que de l'eau).
- Accès aux ZFE.
- Temps de remplissage d'un réservoir d' H_2 pour un véhicule sensiblement identique à celui d'un véhicule essence ou au gazole.
- Autonomie pour un véhicule (600 km).

Inconvénients :

- Au niveau de la production : 95 % de l'hydrogène est actuellement produit à partir d'énergies fossiles (H_2 carboné), sa production est donc particulièrement polluante. Des projets de production d'hydrogène renouvelable existent notamment chez Air Liquid (Port Jérôme) et Total. Des entreprises françaises (ex : Lhyfe et Chantiers de l'Atlantique) ont lancé plusieurs plateformes de production d'hydrogène renouvelable offshore, la première au monde a été inaugurée en septembre 2022 au large de Saint-Nazaire. L'accès à l'hydrogène renouvelable et décarboné pour les mobilités sera néanmoins concurrencé par les besoins de décarbonation de l'industrie ou pour la fabrication de carburants maritimes ou aériens.
- Le combustible H_2 est un gaz très volatil (17 fois plus léger que l'air), de ce fait il s'enflamme beaucoup plus facilement que d'autres gaz au contact de l'oxygène, ce qui nécessite de renforcer l'étanchéité des circuits.
- Au niveau circulation : du fait de ce caractère très volatil, la circulation des véhicules H_2 pose des problèmes de sécurité dans les tunnels et en milieu confiné. Un rapport d'inspection du ministère de l'Économie (CGE) et de la Transition écologique (IGEDD), du 22 novembre 2022 sur la prévention des risques liés à la filière hydrogène, souligne qu'il est indispensable de fixer aussi rapidement que possible une doctrine concernant la sécurité dans les espaces confinés et les tunnels. Aux termes de ce rapport on ne peut exclure que la circulation des véhicules H_2 doive être interdite dans les tunnels ou nécessite d'adapter ces derniers.
- Au niveau stockage : le stockage de l' H_2 à haute pression (700 bars) est délicat.
- La technologie utilise des métaux rares, notamment pour la fabrication des batteries.
- Le prix très élevé de l'hydrogène (9 €/kg, deviendrait rentable à 4 €/kg).
- L'accessibilité et le coût des véhicules lourds électriques fonctionnant avec pile à combustible : encore au stade des prototypes, entre 450 000 € et 600 000 € pour un 44t. Le TCO dépend encore beaucoup des subventions publiques. Hors subventions, la rentabilité nécessite un usage quasi-continu du véhicule.

Opportunités :

- Au niveau européen, l'hydrogène a été inclus dans la liste des technologies « zéro net » (projet de règlement) qui feront l'objet d'un soutien spécifique au niveau européen.
- L'Europe et la France encouragent le développement d'une filière industrielle dédiée à la production d'hydrogène et de piles à combustibles.
- Contraintes européennes en matière de réduction des émissions par les véhicules (Règlement (UE) 2023/851 pour les véhicules légers + Règlement 2019/1242 en cours de modification pour les véhicules lourds), les bateaux et les navires (Règlement FuelEU Maritime 2023/1805).
- La réglementation européenne fixe des objectifs en matière d'utilisation par les navires des e-carburants produits à partir d'hydrogène renouvelable ou bas-carbone tels que le e-ammoniac, le e-méthanol ou les e-fuel.
- Au niveau français, l'utilisation des véhicules/bateaux/navires électriques avec pile à combustible est encouragée par les politiques publiques nationales et locales (appels à projets, aides financières et fiscales).

- La réglementation européenne a évolué en 2023 (Règlement AFIR) pour fixer aux Etats membres des objectifs (néanmoins modestes) d'implantation d'Infrastructures de ravitaillement en H₂ gazeux pour les véhicules routiers d'ici à 2030 : pour les véhicules de transport : une station d'une capacité de 1 t/jour équipée d'un distributeur d'au moins 700 bars à un intervalle maximal de 200 km le long du réseau central du RTE-T (axes majeurs) + 1 station dans chaque noeud urbain.
- Le cadre réglementaire de l'avitaillement des véhicules est fixé et en cours d'amélioration (rubrique ICPE 1416 pour les stations).

Menaces :

- Le statut de l'hydrogène bas-carbone (fabriqué par électrolyse à partir d'un mix énergétique pouvant inclure de l'électricité d'origine nucléaire) n'est pas encore fixé au niveau européen, ce qui peut freiner l'engagement d'acteurs économiques français dans la production d'un tel hydrogène. De ce statut dépendront notamment les aides européennes, ainsi que la prise en considération d'un tel hydrogène décarboné par les réglementations européennes.
- Le cadre actuel des aides à la production ne sécurise pas suffisamment les entreprises dans leurs investissements. Notamment, le dispositif de soutien à la production d'H₂ se fait attendre.
- Du fait de la lenteur de mise en place du cadre européen et international, le cadre français de la production et de l'utilisation de l'hydrogène dans la mobilité tarde également à se mettre en place. Notamment, les procédures d'homologation des véhicules/bateaux sont lourdes et coûteuses.
- Le cadre réglementaire de l'utilisation de l'H₂ par les bateaux de navigation intérieure et les navires de mer n'est pas encore fixé (en cours d'élaboration par le CESNI pour le fluvial et par l'OMI pour le maritime). Pour l'heure : régime de l'expérimentation ou procédure individuelle d'homologation par la CCNR pour le fluvial.
- Le cadre réglementaire de l'avitaillement des bateaux de navigation intérieure et des navires de mer doit encore être élaboré. Pour l'heure : embarquement d'un conteneur d'H₂.
- Infrastructures d'avitaillement : le Règlement AFIR n'impose aucun objectif pour les infrastructures H₂ pour le fluvial et le maritime.
- Un manque d'infrastructures d'avitaillement notamment pour les véhicules lourds, ce qui devrait s'améliorer avec l'entrée en vigueur du règlement AFIR.

Avec la participation de



Cette fiche a été réalisée par l'IDIT avec l'apport scientifique du CERTAM.

