

## Les principaux supports énergétiques de la transition fluviale

Un rapide tour d'horizon des options énergétiques mobilisables pour le transport fluvial permet d'en préciser les caractéristiques.

Architecture	Type de motorisation	Vecteurs énergétiques		
Conventionnelle	Combustion	Gasoil non routier (GNR)	Biocarburants (B100 - HVO - éthanol)	Gaz (méthane, H <sub>2</sub> ) Liquides (GTL/BTL)
Électrique	Batterie Pile à combustible	Électricité Hydrogène	Méthanol	
Hybride	Combinaison des solutions précédentes			

**Le GNR (gasoil non routier)** est le carburant universel actuel, avec une consommation annuelle de 35 000 tonnes dans le bassin de la Seine. Il offre une bonne densité énergétique, pour un usage facile à température et pression ambiantes. Son impact environnemental est négatif au regard des émissions de GES et de polluants locaux. Pour en réduire les effets délétères à motorisation constante, les distributeurs sont invités à y incorporer une part croissante de biocarburants (dispositif TIRUERT<sup>1</sup>).

**Le HVO (Hydrotreated Vegetable Oil)** est un biocarburant issu d'huiles hydrotraitées, avec une réduction de 90 % des émissions de CO<sub>2</sub>, pour un surcoût de 10 à 15 % par rapport au gasoil<sup>2</sup>. Obtenu à partir de déchets d'origine animale ou végétale, l'HVO est miscible avec le GNR dans diverses proportions. Liquide dans des conditions normales de température et de pression, il est facilement transportable par citerne ou oléoduc. La ressource est toutefois limitée et met le fluvial en concurrence avec le transport aérien.

**Le B100 (biodiesel à 100 % végétal)** n'est pas miscible avec le gazole conventionnel, mais peut être utilisé dans certains moteurs existants s'ils sont adaptés. Avec une bonne stabilité dans les conditions normales, il présente néanmoins des risques de développement de bactéries et de champignons. Son usage permet de réduire de 60 % les GES et de 80 % les particules fines. Son bilan est nettement moins bon pour les oxydes d'azote (NOx, +10 à +64 %). Son principal inconvénient est une production en concurrence directe avec des usages alimentaires.

**Le gaz naturel et le bio-GNV** : sous une forme liquéfiée (GNL ou GTL - Gas-To-Liquid) ou comprimée (GNC), le gaz naturel émet des particules et du CO<sub>2</sub> lors de sa combustion, bien que dans des proportions moindres que le gasoil. Dans la perspective de zéro émission à l'échappement, il est donc exclu d'une option de long terme, mais occupe une fonction temporaire d'énergie de substitution, notamment dans sa version bio-GNV. Outre la gestion plus complexe de la manutention se pose la question de l'encombrement du stockage de cette énergie à bord. Le volume de GNC est entre 3,5 et 4,2 fois plus important par rapport au gasoil pour une énergie équivalente, et de l'ordre de 1,8 pour le GNL.

**L'éthanol** est employé sur certains navires de plaisance de petites dimensions et suit une réglementation proche de l'essence.

**Le méthanol (CH<sub>4</sub>O)** est l'une des options majeures retenues pour la décarbonation du transport maritime. Sa synthèse verte (e-méthanol) est énergivore et suppose la consommation d'hydrogène renouvelable<sup>3</sup>.

Comme combustible, il requiert une adaptation minimale des moteurs existants. Son usage dans une pile à combustible n'émet ni oxydes d'azote (NOx) ou oxydes de soufre (SOx), ni particules fines. Il présente l'avantage d'une bonne densité énergétique. Liquide sous température et pression ambiantes, il est de fait plus maniable qu'un gaz. En revanche, il s'avère toxique pour les eaux continentales, alors qu'il est réputé se disperser vite dans les océans en cas d'incident. À l'échelle de l'Europe fluviale, les acteurs rhénans cherchent à le promouvoir comme carburant de référence auprès de la Commission centrale de navigation sur le Rhin (CCNR).

**L'ammoniac liquide (NH<sub>3</sub>)** se rapproche du méthanol, avec une molécule qui exige beaucoup d'énergie pour sa synthèse<sup>4</sup>. Son addition à d'autres carburants fossiles (notamment le diesel) améliore la performance de ces derniers d'un point de vue technique et environnemental. Produit courant dans l'industrie chimique, notamment pour les engrais, il semble écarté comme carburant fluvial du fait de sa grande toxicité.

**La batterie** présente une forme d'électrification directe. La puissance mobilisable est une contrainte qui impose d'énormes batteries à bord (donc très lourdes et très coûteuses), qui rendent d'abord envisageable son usage pour les bateaux de promenade ou de plaisance et pour les unités fluviales de service attachées à un port où la recharge fréquente est facile. Cette technique assure un plus grand confort (absence de fumées et suppression des vibrations). Le stockage d'électricité par batteries exige en revanche un équipement de quai puissant et donc bien connecté au réseau de distribution. Une option de batteries conteneurisées interchangeables pourrait limiter les contraintes de temps de recharge<sup>5</sup>.

**La pile à combustible (hydrogène)** présente une seconde option électrique. Elle a recours à l'oxydation de l'hydrogène, qui produit une tension électrique et de l'eau. Le bilan environnemental local est excellent dès lors que l'hydrogène est vert. Ses limites sont un rendement énergétique globalement faible et un coût logistique élevé lié aux caractéristiques mêmes de la molécule d'hydrogène. Une variante d'usage est la combustion directe du gaz dans le moteur, avec là aussi un faible rendement et l'émission de NOx. Mais à plus long terme, la banalisation de la production d'hydrogène associée à une forte baisse de son coût est susceptible de modifier la donne. Restent néanmoins des questions pratiques. Pour un automoteur de 130 m, il faut prévoir 1 700 kg d'hydrogène afin de parcourir les 244 km entre Le Havre et Gennevilliers dans le sens montant, et 1 200 kg dans le sens descendant. Aujourd'hui, une telle quantité trouve sa limite technique dans les dispositifs de stockage dans un conteneur citerne qui embarque 1 000 kg d'hydrogène, ce qui nécessite au moins un soutage supplémentaire pour assurer un trajet complet.

1. Créée par la Loi de finances 2022, la taxe incitative relative à l'utilisation d'énergie renouvelable dans les transports (TIRUERT) vise principalement à accroître la part incorporée des énergies renouvelables dans les carburants.  
 2. Le HVO coûte 1,7 €/l, contre 1,41 €/l pour le gasoil non routier (GNR). La consommation totale de l'ensemble de la flotte du groupe Cemex (matériaux de construction), par exemple, est de l'ordre du million de litres de GNR. Les volumes sont donc largement insuffisants pour couvrir les besoins potentiels du transport fluvial régional.  
 3. Le CH<sub>4</sub>O est un produit de synthèse obtenu par mélange de CO, CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub> sous des pressions extrêmement élevées allant de 50 à 220 atmosphères et des températures atteignant 450 °C.  
 4. À des pressions comprises entre 100 et 300 bars et des températures de l'ordre de 300-550 °C.  
 5. Projet européen H2020, « Current Direct – Swappable Container Waterborne Transport Battery », 2021-2023.