



...le rapport d'information

DÉCARBONATION DES TRANSPORTS : L'URGENCE DE CHOISIR

DÉVELOPPER DES FILIÈRES DE CARBURANTS ET D'HYDROGÈNE DURABLES

La mission d'information sur « le développement d'une filière de biocarburants, carburants synthétiques durables et hydrogène vert », demandée par le groupe Union Centriste (UC) dans le cadre de son droit de tirage annuel, s'inscrit dans la perspective de l'examen à venir du **projet de loi quinquennale sur l'énergie et le climat**, qui déterminera les futures programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et stratégie nationale bas-carbone (SNBC), ainsi que du **projet de loi de finances pour 2024**.

La décarbonation de l'économie constitue un **enjeu majeur pour lutter contre les dérèglements climatiques**, mais aussi pour **regagner en souveraineté énergétique**. La transition vers une économie et des transports décarbonés ne pourra pas se faire sans ces carburants et vecteurs énergétiques durables.

Le rapport de la mission présente les différents enjeux, en analysant les avantages et les limites des différentes technologies ainsi que les orientations qui se dessinent dans les transports, pour proposer une stratégie volontariste de développement des filières de biocarburants, de carburants synthétiques durables et d'hydrogène vert, articulée autour d'un **triptyque** : « **impulser, accompagner, simplifier** ».



auditions plénières



auditions en format
rapporteur



déplacements

**UN ENJEU MAJEUR, UN CADRE RÉGLEMENTAIRE INCERTAIN, À
CRISTALLISER**

Décarboner le secteur des transports est un enjeu majeur pour atteindre les objectifs de neutralité carbone à l'horizon 2050 et de réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2030 que se sont fixés la France et l'Union européenne.



Le secteur des transports est le **premier contributeur aux émissions de gaz à effet de serre de la France**, et ce depuis 1998. Ils représentaient 30 % des émissions nationales en 2021, soit 126 millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt CO₂ eq). C'est le seul secteur ayant vu ses émissions augmenter depuis 1990.



Au sein des émissions dues aux transports intérieurs, **le mode routier est responsable de la grande majorité des émissions**. Au total, 94,9 % des émissions (soit 119,6 Mt CO₂ eq) sont attribuables au transport routier, dont 53 % proviennent des voitures particulières, 27 % des véhicules lourds et 15 % des véhicules utilitaires légers. 74 % des émissions attribuables au secteur des transports sont générées par des véhicules à motorisation diesel.



En 2021, **501 térawattheures (TWh) d'énergie finale** ont été consommés par le secteur des transports, sur une consommation totale de 1 618 TWh (31 %).

Les transports sont le **premier secteur de consommation d'énergie finale**. Ils sont très dépendants des énergies fossiles et des importations d'énergie.

L'exigence de décarbonation de l'économie, et singulièrement du secteur des transports, représente ainsi un **enjeu environnemental**, mais aussi un **enjeu industriel et de souveraineté**.

Le recours aux biocarburants, aux carburants synthétiques durables et à l'hydrogène vert n'est qu'une partie de la réponse. Face aux difficultés liées à la concurrence des usages et à la disponibilité de la biomasse, de l'électricité et des matières premières, **il faudra en parallèle agir sur d'autres leviers**, comme l'efficacité énergétique, le report modal ou une modération des usages. Mais il est **impossible de se passer de ces carburants ou vecteurs énergétiques durables pour atteindre les objectifs ambitieux** que la France et l'Union européenne se sont fixés.

Confrontée aux conséquences de la guerre en Ukraine sur l'approvisionnement énergétique de l'Europe et à la compétition mondiale en matière de technologies vertes (Chine, États-Unis...), l'Union européenne a tâtonné pour proposer un cadre réglementaire qui a fait - et continue de faire - l'objet de discussions difficiles, sur fond de divergences stratégiques entre États membres, notamment quant à la nécessaire reconnaissance de l'énergie nucléaire comme une légitime source décarbonée pour ces carburants et vecteurs énergétique durables. Le **sentiment de « transition désordonnée »** qui en résulte ne favorise pas l'investissement. Parallèlement, le cadre national, qui devra intégrer les nouvelles réglementations européennes, sera revu dans le cadre de la loi quinquennale sur l'énergie et le climat.

Il est temps de choisir, de fixer un cadre clair, une stratégie d'ensemble, tout en préservant une agilité face aux évolutions technologiques. Nous devons clarifier le cadre d'ensemble, simplifier et accompagner les entreprises et les ménages.

UN PANORAMA DE TECHNOLOGIES ET DE FILIÈRES TRÈS CONTRASTÉ

La transition vers des transports décarbonés implique de **prendre en compte le temps de la recherche et de la transition industrielle** : de fait, les différentes technologies ne sont pas au même stade de maturité industrielle et soulèvent chacune des débats techniques ou scientifiques.



Les règles européennes actuelles, en cours de révision, limitent à 7 % de la consommation d'énergie des transports routier et ferroviaire la part des biocarburants de première génération, c'est-à-dire des biocarburants, bioliquides et biocombustibles produits à partir de cultures destinées à l'alimentation humaine ou animale.

À l'inverse, elles fixent des objectifs croissants de contribution des biocarburants avancés et du biogaz à l'intégration de l'énergie renouvelable dans le secteur des transports : 0,2 % en 2022, 1 % en 2025 et 3,5 % en 2030, au moins.

Les **biocarburants de première génération**, qui donnent lieu à de nombreux débats, sont une **source de résilience pour l'agriculture française** et une **filière industrielle mature** (environ 29 000 emplois), contrairement à la deuxième et à la troisième génération, qui soulèvent des enjeux de mobilisation de la biomasse et de passage du stade de la recherche ou de démonstrateur au stade industriel.



La production d'hydrogène est majoritairement réalisée par le procédé de vaporeformage d'énergies fossiles, qui nécessite l'exposition du charbon ou du gaz à très haute température.

La consommation française d'hydrogène, importante notamment dans l'industrie pétrolière et chimique, s'établit à environ 900 000 tonnes par an et est responsable de 9 Mt de CO₂ par an.

À l'échelle européenne, **seuls 4 % de la production d'hydrogène sont issus d'électrolyseurs**. La stratégie française de l'hydrogène prévoit de **déployer 6,5 GW d'hydrogène décarboné par électrolyse d'ici 2030**. La stratégie européenne vise 40 GW et 10 Mt de production d'hydrogène renouvelable d'ici 2030, auxquels s'ajouteraient 10 Mt d'importations d'hydrogène renouvelable à la même échéance. L'utilisation de l'hydrogène soulève également de nombreux débats, touchant à la fois au rendement de la technologie par rapport à l'électrification directe, à des enjeux techniques et à des problématiques de sécurité.

Les carburants de synthèse sont produits à partir d'une **recombinaison d'hydrogène et de dioxyde de carbone ou d'azote**. Selon les combinaisons utilisées et les usages visés, on parle : d'e-ammoniac, pour ceux produits à partir d'hydrogène et d'azote, destinés notamment aux secteurs du transport et de la chimie ; d'e-méthane, pour ceux produits à partir d'hydrogène et de CO₂, destinés notamment aux secteurs du transport (sous sa forme liquide) ou du chauffage (sous sa forme gazeuse) ; d'e-méthanol, pour ceux produits à partir de l'hydrogène et du CO₂, destinés notamment aux secteurs du transport et de la chimie ; d'e-carburants paraffiniques, pour ceux produits à partir de l'hydrogène et du CO₂, destinés à la décarbonation des carburants routier (e-essence et e-gazole) et aérien (e-kérosène).

Compte tenu du paquet « Ajustement à l'objectif 55 », ces carburants synthétiques, qui présentent des propriétés identiques ou proches de celles des dérivés du pétrole et du gaz, seront amenés à croître les prochaines années. Ils supposent toutefois une **grande quantité d'électricité et de CO₂**, celui-ci devant également répondre à des critères de durabilité.

Dans tous ces domaines, la recherche avance rapidement. Il importe de préserver une neutralité technologique et une capacité d'adaptation dans le temps. Ces carburants durables étant tous plus coûteux que la base fossile utilisée aujourd'hui, l'un des enjeux essentiels du développement de ces filières consiste à réduire le coût de production de ces carburants avancés et à trouver un équilibre économique satisfaisant au niveau national.

Dans ce contexte, les différentes filières de transport ont mené leurs propres réflexions, débouchant sur des feuilles de route de décarbonation qui intègrent les dernières contraintes réglementaires européennes.

Après des débats sur la pertinence d'un choix technologique plutôt que d'un objectif de décarbonation laissant aux industriels les moyens de l'atteindre, la **filière automobile** s'oriente désormais massivement vers l'électrification directe pour les véhicules légers, même si une clause de revoyure est prévue en 2026. L'électricité devrait également jouer un rôle important dans la décarbonation des véhicules de transport lourds, même si elle n'est pas en mesure de répondre à tous les besoins ou cas d'usage. Au regard des enjeux globaux de mobilisation de la biomasse et de disponibilité de l'électricité, l'intérêt de l'électrification directe réside dans son excellent rendement énergétique. Les biocarburants peuvent néanmoins jouer un rôle important pour accompagner la transition et accélérer la décarbonation de ce secteur.

L'électricité et l'hydrogène sont une priorité pour la **filière ferroviaire** à long terme, mais les biocarburants apparaissent comme une solution de décarbonation privilégiée à court et moyen termes.

Du côté de la **filière aéronautique**, les carburants d'aviation durables – biocarburants et carburants de synthèse – constituent un moyen puissant de décarbonation de l'aérien et la priorité claire de la filière, compte tenu des enjeux physiques posés par l'aviation. L'électrification et l'hydrogène peuvent répondre à certains besoins mais, en l'état des capacités technologiques, ne peuvent apparaître comme des solutions de court terme pour les longs courriers, qui représentent l'essentiel des émissions.

Les options apparaissent ouvertes pour la **filière maritime**, d'autant plus complexe à décarboner qu'elle comprend une grande diversité de bateaux, dont les fonctions et tailles peuvent considérablement différer d'un bâtiment à l'autre, et qui correspondent souvent à des prototypes. Selon le scénario principal de décarbonation de la filière, les biocarburants pourraient assurer une transition entre l'énergie fossile et les e-carburants qui devraient se développer à partir de 2030 et représenter un peu plus de 70 % des volumes en 2050. Le gaz naturel liquéfié (GNL) fossile pourrait être progressivement remplacé par du bioGNL puis du e-GNL, avec un développement plus tardif du méthanol en raison de l'absence d'infrastructures et de navires compatibles actuellement.

Quant au **secteur fluvial**, l'activité touristique s'orienterait vers l'électrification, tandis que l'activité fret, qui présente un grand intérêt sur le plan du report modal, s'orienterait vers l'hybride avec une propulsion électrique, les moteurs électriques ou hydrogène ne répondant pas encore aux besoins d'usage. Le recours aux biocarburants présente ainsi un intérêt important pour faciliter la transition, compte tenu de la longue durée de vie des bateaux.

LA FRANCE DOIT ADOPTER UNE STRATÉGIE OFFENSIVE POUR SE POSITIONNER AU BON NIVEAU DANS LA COMPÉTITION MONDIALE ET PERMETTRE UNE TRANSITION ACCEPTABLE SUR LE PLAN SOCIAL

La France dispose indéniablement de **nombreux atouts**, en termes de mix électrique décarboné, de volume de biomasse mobilisable, en dépit d'incertitudes sur la biomasse sylvicole dans le contexte du réchauffement climatique, de capacités de recherche et industrielles, ainsi que d'infrastructures et de facilités logistiques

Ces atouts sont précieux alors que **les besoins en électricité vont connaître une croissance exponentielle** : selon les dernières évaluations de RTE, la consommation d'électricité pourrait s'élever entre 580 et 640 térawattheures (TWh) dès 2035, alors que le scénario médian de l'étude précédente « Futurs énergétiques en 2050 » prévoyait une consommation de 655 TWh en 2050 seulement.

Ils seront également **précieux pour faire face à une compétition internationale particulièrement vive**, dans laquelle certains États comme les États-Unis ont mis en place des dispositifs de soutien (*Inflation Reduction Act – IRA*) qui apparaissent plus simples et plus attractifs pour les entreprises que ceux mis en place par l'Union européenne. Celle-ci se retrouve en outre desservie par certains choix réglementaires qui pénalisent de fait sa compétitivité par rapport aux choix faits par d'autres États et qui pourraient affaiblir certains pans de notre économie.

La mission considère donc qu'il faudra **réévaluer et rectifier certains dispositifs**, comme le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF), pour **ne pas pénaliser les industries françaises et européennes**. Ceci apparaît d'autant plus indispensable que **le coût élevé de la transition vers une économie décarbonée nécessitera une priorisation des choix d'accompagnement publics**, compte tenu des contraintes pesant sur les finances publiques nationales et européennes.

La mission juge nécessaire de **soutenir les investissements d'avenir et développer une approche globale, en mettant notamment en œuvre certaines mesures défendues par le Sénat** en matière d'accroissement de la production d'électricité décarbonée, et singulièrement nucléaire, d'accélération du raccordement aux réseaux électriques et de mobilisation du foncier. La transition écologique nécessite une approche globale cohérente, qui implique un meilleur dialogue entre filières et une plus grande prise en compte des initiatives et des contraintes des collectivités territoriales.

La vision planificatrice de l'État doit mieux se conjuguer avec les initiatives, les besoins et les contraintes des collectivités territoriales, qui jouent un rôle majeur dans le déploiement opérationnel des politiques publiques de décarbonation. Planifier est utile mais cela reste une démarche macroéconomique soumise à de nombreuses variables.

La mission appelle à **privilégier les usages les plus pertinents**, pour lesquels des substitutions se révèlent difficiles, en prenant en compte le rendement énergétique, le coût des technologies et l'efficacité environnementale des carburants ou vecteurs énergétiques.

Elle juge également nécessaire de **prévoir des mesures d'accompagnement industriel, économique et social**. Certaines filières nécessitent une transition adaptée et les citoyens ont le sentiment d'être confrontés à des injonctions contradictoires et à un coût toujours plus élevé de la décarbonation de leur quotidien (logement, transports...). L'évolution des prix des carburants et son acceptabilité sociale est à cet égard une source particulière de préoccupation pour la mission d'information, compte tenu des effets potentiels du nouveau cadre européen.

La mission juge également nécessaire de **clarifier les perspectives pour la filière des biocarburants**, notamment en consolidant voire en relevant le plafond de 7 % d'incorporation de biocarburants de première génération.

Enfin, **des simplifications sont nécessaires**. La France et l'Union européenne ont pris des longueurs d'avance mais la lourdeur de certaines procédures et la propension à taxer plutôt qu'à inciter apparaissent comme des handicaps.

La mission d'information formule ainsi 27 propositions pour donner des perspectives fortes aux filières des biocarburants, des carburants synthétiques durables et de l'hydrogène vert, qui nécessitent désormais de disposer rapidement d'un cadre clair et ambitieux.

LES PROPOSITIONS DE LA MISSION D'INFORMATION

Soutenir les investissements d'avenir et développer une approche globale

1. Face au besoin d'investissement massif et aux contraintes budgétaires, orienter les financements publics vers le lancement des filières pour créer les conditions de marchés matures, puis évaluer et ré-orienter l'effort public ;
2. Évaluer les pertes de recettes fiscales sur les énergies fossiles ;
3. Sur le plan national, établir un cadre de financement global de la décarbonation permettant une bonne complémentarité entre les modes de transport, sans entrer dans un débat sur la taxation d'une filière au bénéfice d'une autre ;
4. Assurer la relance effective et rapide de l'énergie nucléaire (instruction accélérée des autorisations, actualisation nécessaire de la PPE, préparation urgente de la loi quinquennale sur l'énergie et le climat) ;
5. Développer massivement l'hydrogène et les carburants de synthèse (simplifier, évaluer la captation et la valorisation du CO₂, instituer des contrats de long terme) ;
6. Accélérer les raccordements des projets liés à la transition énergétique aux réseaux de transport et de distribution d'électricité ;
7. Ajuster la politique foncière aux enjeux de décarbonation de l'économie : desserrer les contraintes du zéro artificialisation nette (ZAN), conformément à la démarche engagée par le Sénat ;
8. Développer les échanges entre filières pour accroître la cohérence des positions en vue de renforcer les acteurs économiques français ;
9. Mobiliser la biomasse :
 - a. renforcer le suivi des ressources de biomasse, au travers d'instances et de schémas nationaux (stratégie nationale de mobilisation de la biomasse) et locaux (schémas régionaux biomasse), afin de suivre leur évolution, les tensions éventuelles ainsi que les impacts sur la biodiversité et les puits de carbone ;
 - b. lancer un plan volontariste de développement de la biomasse agricole et sylvicole, sous le pilotage du ministère chargé de l'agriculture ;
 - c. améliorer, en concertation avec les associations d'élus locaux, la valorisation énergétique des déchets collectés par les collectivités ;
 - d. compléter le programme de recherche de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae) et de IFP Énergies nouvelles (Ifpen) sur la décarbonation, les processus de transformation de la biomasse et la production de biomolécules et de biomatériaux par un volet centré sur les bioénergies.

10. Étendre aux biocarburants et aux carburants de synthèse les compétences des comités régionaux de l'énergie, déjà compétents en matière d'hydrogène ;
11. Adopter une stratégie de pilotage globale des enjeux :
 - a. prendre pleinement en compte les initiatives des collectivités territoriales et leurs contraintes, notamment dans le cadre des négociations en cours sur les émissions de CO₂ des véhicules lourds ;
 - b. étendre explicitement aux biocarburants et aux carburants de synthèse le champ de la future loi quinquennale sur l'énergie et le climat ;
 - c. privilégier les usages les plus pertinents pour lesquels des substitutions se révèlent difficiles ; prendre en compte le rendement énergétique et le coût des technologies des carburants ou vecteurs énergétiques ;
 - d. raisonner, pour l'essentiel, en termes de bilan carbone et d'efficacité énergétique plutôt qu'en termes de technologie ;
 - e. concentrer une part significative des moyens au décollage des filières les plus prometteuses.

Faire des choix d'accompagnement industriel, économique et social

12. Soutenir le développement des filières :
 - a. maintenir un soutien élevé à la recherche-développement (R&D) et à l'investissement innovant ;
 - b. mettre en place des aides pour les dépenses d'exploitation (OPEX), permettant par exemple de garantir des prix de rachat de l'hydrogène vert ou de e-carburants, afin d'amorcer les marchés ;
 - c. prévoir des dispositifs d'accompagnement des filières en transition ;
13. Mettre en place une politique innovante de formation et d'adaptation des métiers pour répondre aux nouveaux besoins des filières ;
14. Clarifier les perspectives pour la filière des biocarburants :
 - a. donner de la lisibilité aux politiques de soutien nationale et européenne ;
 - b. consolider voire relever le plafond de 7 % d'incorporation de biocarburants de première génération et développer les cultures intermédiaires à vocation énergétique (CIVE) ;
 - c. défendre un cadre fiscal favorable au développement de la filière des biocarburants de première génération ;
 - d. accompagner l'émergence de la filière de deuxième génération.
15. Évaluer les risques de hausse du prix des carburants résultant du nouveau cadre européen et mesurer son acceptabilité sociale ;
16. Ajuster la trajectoire de la taxe incitative relative à l'utilisation d'énergie renouvelable dans les transports (TIRUERT) : prendre davantage en compte la contribution à la décarbonation ; donner plus de visibilité aux acteurs économiques ; mieux intégrer l'état des marchés (disponibilité de la ressource) ;
17. Accompagner l'incorporation de carburants d'aviation durables (SAF) dans le transport aérien par un soutien complet à l'offre et à la demande :
 - a. créer un dispositif de sur-amortissement à l'adaptation et au renouvellement des avions ainsi qu'aux infrastructures d'avitaillement aéroportuaires, dès le prochain projet de loi de finances initiale ;
 - b. définir une trajectoire pérenne de soutien budgétaire à la production de carburants aériens durables, dans le cadre de la prochaine PPE ;

- c. instituer de nouveaux outils de financement de long terme (contrats pour différence – CfD – et *Power Purchase Agreements* – PPA) pour l’achat de SAF, à l’image de ceux prévus par la réforme du marché européen de l’électricité ;
18. Accélérer les délais d’instruction des aides financières (projets importants d’intérêt européen commun – PIIEC, appels à projets nationaux...) et de demandes d’homologation administrative de nouveaux matériels ;
19. Autoriser la construction de stations de distribution poly-carburants pour le secteur ferroviaire, afin de favoriser le recours aux biocarburants dans cette filière ;
20. Inciter à la conversion plus massive de véhicules (rétrofit) et poursuivre le soutien à l’achat de véhicules décarbonés ;
21. Veiller à ce que les aides publiques viennent soutenir le déploiement de l’offre française et européenne de véhicules peu polluants ;
22. Accompagner les collectivités territoriales qui jouent un rôle moteur sur les territoires, notamment dans leur rôle d’autorités organisatrices des mobilités.

Adopter une stratégie offensive pour faire face à la compétition mondiale en matière de technologies vertes

23. Compléter le mécanisme d’ajustement carbone aux frontières afin d’éviter que les industries européennes se retrouvent pénalisées ;
24. Établir une analyse économique et industrielle approfondie en vue de la clause de revoyure de 2026, permettant de mieux mesurer l’impact réel du paquet « Ajustement à l’objectif 55 » sur l’industrie automobile européenne, État par État ;
25. Renforcer la vigilance sur les contournements dont la réglementation européenne peut faire l’objet en matière de biocarburants avancés et mettre en place d’un système de certifications de production durable de la biomasse au niveau international ;
26. Reconnaître à sa juste valeur, dans tous les textes européens, la contribution de l’électricité et de l’hydrogène d’origine nucléaire à la décarbonation de l’économie ;
27. Assurer une concurrence équitable pour le secteur aérien : mesurer les effets des nouvelles règles européennes ; développer des accords bilatéraux ; faire de la négociation au sein de l’Organisation de l’aviation civile internationale (OACI) une priorité pour parvenir à un standard mondial d’approvisionnement.



**Gilbert-Luc
Devinaz**

Président

Sénateur
du Rhône
(Socialiste, Écologiste
et Républicain)



**Vincent
Capo-Canellas**

Rapporteur

Sénateur
de la
Seine-Saint-Denis
(Union Centriste)

Consulter la page de la mission
d’information

<https://www.senat.fr/travaux-parlementaires/structures-temporaires/missions-dinformation-communes/mission-dinformation-sur-le-developpement-dune-filiere-de-biocarburants-carburants-synthetiques-durables-et-hydrogene-vert.html>

Téléphone : 01.42.34.23.20