

## DOMAINE MOBILITÉ

# AMÉLIORER LA PRODUCTION DE E-CARBURANT ET BIOCARBURANT AVANCÉ COMBINANT HYDROGÈNE ET CO<sub>2</sub>

Au niveau européen, développer des capacités massives de production de biocarburants avancés et d'e-carburants dans des groupements industriels et des centres de transport pour l'aviation et le transport maritime longue distance. Développer ou adapter des solutions de motorisation compatibles dans ces secteurs.

## 01

Un déploiement rapide des e-carburants et des biocarburants avancés est nécessaire pour décarboner les secteurs très en retard du transport aérien et maritime

**Les secteurs maritime et aérien souffrent d'un manque d'alternatives énergétiques décarbonées** répondant à leurs modes d'usage actuels (longues distances, fortes puissances).

**Les biocarburants avancés et e-carburants permettent de répondre à ces enjeux en offrant une réduction importante des émissions de GES** (jusqu'à 70% pour le maritime et 90% pour l'aérien) et en s'adaptant relativement simplement aux technologies aujourd'hui en place.

## 02

Une avance technologique à maintenir sur les biocarburants avancés, mais un retard à rattraper sur la production des e-carburants

**La France est en pointe sur les biocarburants avancés** : l'écosystème de production est bien développé avec des technologies maîtrisées.

**Au niveau des e-carburants, la France prend du retard par rapport aux pays de l'Europe du Nord.** Toutefois, l'écosystème de production des e-carburants se structure pour développer les briques technologiques manquantes : technologies de CCU (Carbon Capture and Utilization) et de production.

**Les carburants durables réduiront la dépendance énergétique de la France.** Les électrolyseurs les plus économes en ressources critiques (de type alcalin) sont à favoriser pour assurer une meilleure indépendance énergétique.

## 03

Un fort engagement aux niveaux national et européen, mais un développement freiné par un manque de financements et de compétitivité

**La réglementation européenne incite au développement de la nouvelle génération de biocarburants** (plafonnement du taux d'incorporation des agrocarburants (biocarburants de première génération) à horizon 2030 et augmentation du taux de carburants durables en discussion).

**L'accompagnement et le financement public au déploiement restent néanmoins insuffisants** face aux investissements importants nécessaires.

**Les carburants durables manquent également de compétitivité à l'international** face à une concurrence agressive des biocarburants fabriqués à partir d'huile de palme.

## 04

Des contrats carbone pour différence à attribuer, des aides financières à renforcer et un système d'échange de quotas d'émission européen à adapter

**La mise en place des contrats carbone pour différence (CCFD) permettrait de réduire le risque associé aux lourds investissements requis**, mais ces derniers doivent être rendus compatibles avec la réglementation communautaire sur les aides d'Etat.

**Les aides financières dédiées** doivent également augmenter.

En outre, **le CO2 capté par les industriels doit être mieux valorisé dans le système d'échange de quotas d'émissions européen (SEQE)** pour inciter les industries très émettrices à investir dans les technologies de CCU indispensables à la fabrication des e-carburants.

# DEUX TECHNOLOGIES DE MATURITÉ DIFFÉRENTE À DÉPLOYER RAPIDEMENT POUR DÉCARBONER LES SECTEURS TRÈS EN RETARD DU TRANSPORT AÉRIEN ET MARITIME

## Périmètre technologique

**Description :** construire des installations de production de carburant durable à grande échelle pour décarboner le transport aérien et maritime.

*N.B. L'ammoniac, l'hydrogène liquéfié et le biométhane ne sont pas intégrés dans le périmètre de l'étude.*

- **les biocarburants avancés** sont produits à partir de biomasse cellulosique, déchets alimentaires ou agricoles par voie biochimique ou voie thermochimique (Gazéification et synthèse Fischer-Tropsch).
- **les e-carburants liquides** (Power-to-Liquid ou e-fuels) sont produits à partir d'hydrogène et de CO2 capturé dans l'atmosphère ou dans les processus industriels par hydrogénation ou voie Fischer-Tropsch. Nous traitons ici du e-kérosène pour le transport aérien et du e-méthanol pour le transport maritime.

**Maturité technologique :**

**Stade : accélération et passage à l'échelle**

Fabrication de biocarburants avancés	TRL 7
Fabrication d'e-carburants liquides	TRL 5-8

## ETAT DES LIEUX

- **Engagement politique :** un renforcement de l'engagement politique en 2021 mais un changement d'orientation politique craint par les acteurs de la filière  
**En 2021, la France renforce son engagement sur le soutien de la production de carburants durables avec la stratégie d'accélération France 2030 « Produits biosourcés et carburants durables ».** Toutefois, les acteurs de la filière craignent un changement d'orientation des politiques publiques françaises.
- **Acceptabilité :** un risque élevé de contestation des biocarburants  
**La population locale est susceptible de contester le développement des installations de production de biocarburants** en raison des odeurs, de l'augmentation du trafic routier et de la croyance d'une forte concurrence d'usage avec l'alimentation bien que cela ne soit pas le cas (confusion entre les agrocarburants et biocarburants avancés, les agrocarburants sont en compétition d'usage avec l'alimentaire contrairement aux biocarburants de 2<sup>ème</sup> génération).
- **Compétences & savoir-faire :** un savoir-faire avéré sur les biocarburants mais des lacunes au sujet des e-carburants  
**Le CEA et les industriels français sont capables de développer les technologies de biocarburants avancés, mais ils ne maîtrisent pas encore le procédé de fabrication des e-carburants.** Toutefois, les technologies de stockage des biocarburants et e-carburants sont déjà prêtes puisqu'il s'agit des mêmes que celles utilisées pour les carburants conventionnels, hormis pour l'ammoniac et l'hydrogène liquéfié.
- **Réseau existant de partenaires :** un réseau aujourd'hui insuffisamment développé pour les e-carburants  
**La filière des biocarburants repose sur un réseau bien développé (foresterie, industries de l'agroalimentaire, organismes de recherche, développeurs de la technologie et énergéticiens).** En revanche, la filière française des e-carburants n'intègre pas de technologues et ne dispose pas d'infrastructures hydrogène suffisamment développées à ce jour.

- **Structuration macro de la chaîne de valeur et du territoire :** des ressources locales disponibles en France pour développer ces technologies  
**Les e-carburants seront produits au sein de pôles industriels émetteurs de CO2 (Marseille, Strasbourg, Lyon, Dunkerque, Le Havre).** Les usines de biocarburants se trouveront dans des zones rurales à fort potentiel de biomasse (Nouvelle-Aquitaine, Hauts-de-France, Grand-Est, Auvergne-Rhône-Alpes, Dom-Com) pour éviter des coûts de transport des déchets. Les e-carburants et biocarburants présentent l'avantage d'utiliser les mêmes infrastructures de stockage et de distribution que leurs équivalents fossiles (pétrole, kérosène, gaz naturel).
- **Voies de commercialisation :** la décarbonation du transport aérien est dépendante du e-kérosène et du biokérosène alors que celle du transport maritime résultera de l'utilisation du e-méthanol, biocarburants, GNL, ammoniac et hydrogène  
Dans le **transport aérien**, Air France-KLM développe l'usage des biocarburants fabriqués à partir d'huiles de cuisson usagées et s'associe à un projet de développement d'e-kérosène. Dans le **transport maritime**, CMA CGM a déjà commandé 6 navires propulsés à l'e-méthanol et vient de lancer un projet d'envergure visant à tester l'usage de biocarburant et de BioGNL (biométhane liquéfié). Néanmoins, les biocarburants, le BioGNL et le e-méthanol ne seront pas les seuls carburants mis en œuvre pour décarboner le transport maritime : toutes les solutions disponibles (ammoniac, hydrogène liquéfié) sont étudiées et développées en parallèle pour répondre au besoin considérable.
- **Leviers de déploiement et voies d'industrialisation :** un besoin en investissements important  
**Industrialiser la production de ces carburants avancés nécessite d'augmenter les investissements.** Seule la production de biocarburants liquides fabriqués à partir de graisses animales ou d'huiles végétales alimentaires usagées commence à être industrialisée.

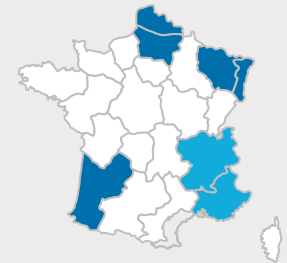
### Taux de déploiement en France

Capacités françaises de production de biocarburants avancés et d'e-carburants : **0% par rapport aux objectifs 2030.**

**Objectifs 2030 :** le carburant conventionnel doit être substitué à **5%** par du kérosène vert dans le transport aérien et d'au moins **6%** dans le transport maritime par du carburant bas carbone (ReFuel Aviation et ReFuel Maritime).

### Zones d'implantation privilégiées

- **2 démonstrateurs industriels en Hauts-de-France pour les biocarburants avancés et e-carburants.** (voir projets dans Évaluation de l'écosystème).
- **Un projet pilote dans le Grand-Est** (biocarburants avancés).
- **Une usine de production en Nouvelle-Aquitaine** (biocarburants avancés).
- **Projet Jupiter 1000** à Fos-sur-Mer (e-carburants).



Projets en voie de développement (bleu foncé) / Zones à fort potentiel (bleu clair)

# L'ÉCOSYSTÈME DE PRODUCTION DES BIOCARBURANTS AVANCÉS EST DÉJÀ BIEN DÉVELOPPÉ TANDIS QUE CELUI DES E-CARBURANTS EST EN PLEINE STRUCTURATION

## ÉVALUATION DE L'ÉCOSYSTÈME

L'écosystème français de production des biocarburants avancés atteint sa maturité tandis que celui des e-carburants commence à se structurer. Les technologies de production de biocarburants avancés développées en partenariats doivent désormais être industrialisées. Néanmoins, la filière des biocarburants avancés manque d'investissements pour les industrialiser (Unigrains est en effet l'un des rares investisseurs à soutenir la filière depuis ses débuts). L'écosystème de fabrication d'e-carburants commence à se structurer autour de plusieurs projets pour accélérer la recherche et le développement sur les technologies de CCU et de production : Engie s'associe d'une part avec la start-up Infinium, ArcelorMittal et l'ADEME, d'autre part avec Safran, Air France, Sunfire, Groupe ADP et Airbus. Le cimentier VICAT développe quant à lui un partenariat avec Hynamics (EDF) et s'associe également avec des entreprises allemandes (Buzzi Unicem - Dyckerhoff, HeidelbergCement, Schwenk Zement). En parallèle, les technologies de motorisation pour le transport maritime à l'e-méthanol et le transport aérien au biokérosène (avec un taux d'incorporation de 50%) sont opérationnelles. Des expérimentations sont en cours pour tester l'utilisation du biocarburant dans le fret maritime.

Organismes de recherche et de formation	Fournisseurs de matières premières	Spécialistes du procédé	Usagers du secteur aérien et maritime
La France dispose d'organismes de recherche de premier plan pour accompagner le développement des biocarburants avancés et des e-carburants.	Les producteurs agricoles et forestiers pourront fournir les ressources biomasses nécessaires à horizon 2030. Pour les e-carburants, les premiers projets de CCU pour capturer le CO2 sont encore au stade de R&D mais seront opérationnels dès 2024, notamment dans l'industrie cimentière.	La France compte des entreprises de premier plan dans la bioraffinerie et les procédés de fermentation pour produire des biocarburants avancés mais manque encore de savoir-faire sur les procédés de fabrication des e-carburants.	Les moteurs d'avions peuvent fonctionner avec jusqu'à 50% de kérosène vert. Dans le transport maritime, les moteurs à e-méthanol sont déjà développés et l'utilisation de mélanges de biocarburants commence à être expérimentée depuis cette année.
Biocarburants avancés			
<b>Laboratoires positionnés sur les biocarburants</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>CIRAD (FR)</li> <li>CEA (FR)</li> <li>INRAE (FR)</li> <li>FCBA (FR)</li> <li>IFP Energies nouvelles (FR)</li> </ul>	<b>Acteurs de l'agroalimentaire et de la foresterie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gestionnaires de la forêt : ONF (FR)</li> <li>Groupes coopératifs agricoles : Vivescia (FR), UCFE (FR), CGB (FR)</li> <li>Grands groupes agricoles : Tereos (FR)</li> </ul>	<b>Spécialistes français des biotechnologies pour les biocarburants avancés :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Groupe familial Lesaffre (FR)</li> <li>Coopératives agricoles ARD (FR)</li> <li>Start-ups Global Bioenergies (FR), Arbiom (FR)</li> </ul> <b>Energéticiens français intervenant sur la production de biocarburants avancés :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grands groupes Avril (FR), TotalEnergies (FR) et Axens (FR)</li> </ul>	<b>Compagnies aériennes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Air France-KLM (FR) : premier vol long-courrier en 2021 avec du biocarburant fabriqué à partir d'huiles de cuisson par TotalEnergies (FR) et partenariat avec Engie (FR), Sunfire (DE), Groupe ADP (FR), Airbus (FR/DE) et Safran (FR) pour développer des capacités de production de e-kérosène.</li> </ul> <b>Transporteurs maritimes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>CMA CGM (FR) : commande de six navires au e-méthanol pour la ligne Asie-Méditerranée après avoir effectué un travail d'adaptation des moteurs avec le motoriste Man (DE). CMA CGM s'intéresse également aux biocarburants et a lancé un projet pilote avec l'Autorité maritime et portuaire de Singapour pour avitailler en biocarburant 32 porte-conteneurs en février 2022 sur les routes Asie-Amérique du Sud, Asie-Afrique, Asie-Méditerranée et Europe du Nord-Amérique du Nord.</li> <li>Maersk (DK) : approvisionnement en 12 futurs porte-conteneurs propulsés à l'e-méthanol entre 2023 et 2025.</li> </ul>
E-carburants liquides (e-kérosène et e-méthanol)			
<b>Laboratoires positionnés sur les e-carburants</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>CNRS (FR)</li> <li>CEA (FR)</li> <li>INRAE (FR)</li> <li>Université Grenoble Alpes (FR)</li> <li>Aix Marseille Université (FR)</li> <li>Université Paris-Saclay (FR)</li> </ul>	<b>Fournisseurs de CO2 :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grands groupes industriels très émetteurs en GES pour fournir le CO2 nécessaire à la production de e-kérosène et de e-méthanol : ArcelorMittal (IN), Vicat (FR)</li> <li>Spécialistes du captage de CO2 : Grand groupe Air Liquide (FR), Start-up Carboneo (FR)</li> </ul> <b>Fournisseurs d'hydrogène :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grands groupes Air Liquide (FR), Engie (FR), EDF (Hynamics) (FR) et TotalEnergies (FR)</li> <li>Scale-up Lhyfe (FR)</li> </ul>	<b>Spécialistes du procédé de fabrication des e-carburants (e-kérosène et e-méthanol) :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Consortium européen Norsk e-fuels (NOR)</li> <li>Grand groupe Siemens Energy (DE)</li> <li>Start-ups Ineratec (DE/FR), Infinium (EU), LanzaTech (EU), Liquid Wind (SE), Swiss Liquid Future (CH) : prototype de raffinerie d'e-méthanol, partenariat avec Thyssenkrupp Industrial Solutions.</li> </ul> <b>Energéticiens français engagés dans des projets de production d'e-carburants :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grand groupe Engie (FR) pour le développement d'une filière française de production de e-kérosène et TotalEnergies (FR)</li> <li>Start-up GH2 (FR)</li> </ul>	<b>Motoristes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grand groupe Safran (FR) pour le transport aérien</li> <li>Grand groupe Man (DE) pour le transport maritime</li> <li>Reborn / ExcelRise</li> </ul>

### Projet BIOTFUEL®

Description	Produire des biocarburants aéronautiques avancés à partir de biomasse lignocellulosique sur les unités de démonstration. 200 tonnes de biomasse traitées par ce démonstrateur.
Parties prenantes	Bionext (pilote), ADEME, Région Hauts-de-France, Communauté Européenne, association française des producteurs d'oléagineux, IFP Energies nouvelles, CEA, Axens, Thyssenkrupp Industrial Solutions, Avril, TotalEnergies
Localisation	Dunkerque et Venette (Hauts-de-France)
Chiffres clés	Budget de 190 millions d'euros
Sources de financement	Financement public (33,2 M€) et financement privé (156,8 M€).

### Projet REUZE

Description	Produire des e-carburants à destination du transport aérien et maritime en recyclant 300 000 tonnes de CO2 captées dans une aciérie.
Parties prenantes	Engie, Infinium, ArcelorMittal, ADEME
Localisation	Dunkerque (Hauts-de-France)
Chiffres clés	Budget de 500 millions d'euros
Sources de financement	ADEME, Dunkerque, Grand Port Maritime de Dunkerque, Région Hauts-de-France

### Projet HYNOVI

Parties prenantes	Vicat et la filiale d'EDF Hynamics s'associent pour recycler le CO2 émis par la cimenterie dans la production de méthanol décarboné
Localisation	Montalieu-Vercieu (Isère)
Jalons	300 000 t de CO2 transformées en 200 000 t de e-méthanol par an à partir de 2025
Chiffres clés	40% du CO2 émis par la cimenterie capté
Sources de financement	PIIEC, pré-notifié par l'Etat français et en instruction par la Commission européenne

# UNE AVANCE TECHNOLOGIQUE À MAINTENIR SUR LES BIOCARBURANTS AVANCÉS MAIS UN RETARD À RATTRAPER SUR LE CCU NÉCESSAIRE À LA PRODUCTION D'E-CARBURANTS

## EVALUATION DU POTENTIEL FRANÇAIS

**Positionnement de la France : la France est en avance sur les biocarburants avancés mais prend du retard sur les e-carburants par rapport aux pays de l'Europe du Nord**

La France est en avance sur les biocarburants avancés au niveau européen aux côtés de l'Allemagne et des Pays-Bas. En revanche, la Norvège, les Pays-Bas et le Royaume-Uni sont les pays les plus avancés dans les technologies de CCU, indispensables à la production d'e-carburants. Des entreprises américaines innovantes sont également positionnées sur le CCU comme la start-up Infinium.

**Potentiel de décarbonation:** les carburants durables seront de forts vecteurs de décarbonation en France

**Émissions CO2 évitées:**

- 10,3 Mt de CO2 générées par le transport aérien en France en 2020 et 140 Mt de CO2 émises par le transport maritime européen en 2018 selon l'Agence européenne pour l'environnement (AEE).
- Les biocarburants permettent d'économiser jusqu'à 90% des GES sur l'ensemble du cycle de vie selon la Feuille de route française pour le déploiement des biocarburants aéronautiques durables. Les e-carburants réduisent les GES de 70% sur tout le cycle de vie en comparaison aux carburants pétroliers selon le CEA.
- 7 Mt de CO2 pourraient être évitées chaque année grâce à l'utilisation du carburant durable en 2030 (incorporation de 5% pour le transport aérien et de 6% pour le transport maritime).

**Potentiel de création de :** les carburants durables permettront de générer de la richesse et de l'emploi dans les régions rurales et près des cimenteries et aciéries

**Investissements :**

- 1,5 Md€ à investir dans la CCUS pour produire des e-carburants (150 M€ pour atteindre le TRL 8, 300 M€ pour le TRL 9 et 1 Md€ pour une première industrialisation complète) (source : Commission européenne).

**Emplois :**

- Une usine de production d'hydrogène de 200 MW génère 70 ETP directs, 50 ETP indirects, 200 ETP construction et 50 ETP électrolyseurs (estimations H2V).
- Les projets emblématiques REUZE et HYNNOVI mobiliseront au total 730 MW pour produire l'hydrogène nécessaire à la fabrication d'e-carburants.

**Potentiel d'accroissement de la souveraineté énergétique et industrielle de la France :** les carburants durables réduiront la dépendance énergétique de la France mais des écarts de souveraineté énergétique importants pour les e-carburants selon le type d'électrolyseur utilisé (la technologie alcaline d'électrolyseur consomme moins de ressources critiques).

**Criticité des ressources majeures :**



Ressource	Criticité	Problématique (si criticité forte ou modérée)
<b>Production d'hydrogène pour la fabrication d'e-carburants</b>		
Platinoïdes	Fort	Extraction à 68% par l'Afrique du Sud, la Russie (17%) puis le Zimbabwe (9%).
Terres rares	Fort	Extraction à 62% par la Chine et première transformation à 82% par la Chine.
Graphite	Modérée	Extraction à 79% par la Chine et 8% par le Brésil.
Nickel	Modérée	Extraction à 60% par l'Indonésie, les Philippines et la Russie et première transformation à 31% par la Chine.
<b>Fabrication de biocarburants avancés</b>		
Biomasses	Modérée	L'utilisation du gisement bois et agricole est soumise à la hiérarchie des usages (alimentaire, matière puis énergétique).
Déchets organiques	Faible	Le gisement de déchets de bois, alimentaires et agricoles ne seront pas en tension d'ici 2030.

Source : INEC et Capgemini

**Potentiel de circularité et de durabilité :**

- L'utilisation de biocarburants ou d'e-carburants s'inscrit dans une démarche d'économie circulaire. En effet, les déchets agricoles et déchets de bois sont valorisés pour la fabrication des biocarburants de seconde génération.
- S'agissant des e-carburants, le CO2 est capté des procédés industriels ou directement dans l'air, ce qui contribue à réduire les émissions globales de GES. Pour produire de l'hydrogène, les technologies d'électrolyseurs moins consommatrices en ressources peuvent être favorisées, les électrolyseurs peuvent être réparés ou reconditionnés et les ressources recyclées (Les ressources critiques sont utilisées pour produire l'hydrogène).

**Provenance de la technologie :** française (technologies Gaya, BioTfuel, Futurol), sauf pour les e-carburants (coopération avec la start-up allemande à capitaux français Ineratec).

# UN FORT ENGAGEMENT AU NIVEAU NATIONAL ET EUROPÉEN MAIS UN DÉVELOPPEMENT FREINÉ PAR UN MANQUE DE FINANCEMENTS ET DE COMPÉTITIVITÉ

## Cadre public de déploiement

### Engagement politique : un engagement politique français et européen qui se renforce

- Lancée en 2021, la **stratégie d'accélération « produits biosourcés et carburants durables »** vise à construire une filière industrielle française de production de carburants alternatifs durables.
- **Les plans européens ReFuel Aviation et ReFuel Maritime ont l'ambition de substituer respectivement 5% et 6% du carburant conventionnel utilisé dans le transport aérien et maritime par du carburant durable dès 2030.**

### Dispositifs de financement : un dispositif qui manque de clarté et dont les financements sont insuffisants

#### Niveau européen :

- Financement du projet BioTfuel par le European Regional Development Fund (ERDF)
- Les fonds européens soutiennent les projets initiaux de CCUS.

#### Niveau national :

- **France 2030 : 420 M€** (Programme d'investissements d'avenir) pour accélérer le développement des **biotechnologies industrielles** et la fabrication de produits biosourcés en France pour appuyer la stratégie produits biosourcés – carburants durables,
- **France 2030 : 400 M€** pour **l'industrie aéronautique** y compris sur le sujet d'industrialisation de la production de carburants alternatifs durables - Appel à projets (« Développement d'une filière de production française de carburants aéronautiques durables »),
- **Fonds Océan** : soutien à la recherche, l'innovation et au déploiement de technologies embarquées (scalables) pour décarboner le transport maritime,
- **Dispositifs publics de soutien à l'industrialisation des innovations des start-ups** : Fonds PIA SPI, PPP BBI, Fonds PIA Ecotechnologies, fonds PIA ADEME Invest.

#### Niveau local :

- **Aerospace Valley** (Appel à manifestation d'intérêt pour le développement d'une filière occitane d'e-carburant Power-to-Liquid pour l'aéronautique),
- **Enveloppes de France 2030 allouées au territoires** : chaque région peut monter son propre dispositif et choisir de se faire soutenir par l'opérateur Bpifrance.

### Cadre législatif et réglementaire : un cadre législatif ambitieux qui favorise le développement des carburants durables

#### Etat des lieux :

- Les **initiatives ReFuel EU Aviation et ReFuel EU Maritime** imposent des taux d'incorporation de carburants durables aux carburants alternatifs dès 2030,
- **Révision du système d'échange de quotas d'émission (SEQUE)** incluant la proposition de fin des quotas gratuits pour l'aviation en 2027 et l'élargissement du marché carbone au secteur maritime avec la réforme de l'European Union Emissions Trading System (EU ETS).
- **Extension de la Taxe Incitative Relative à l'Incorporation de Biocarburants (TIRIB)** au secteur aérien, plafonnement du taux de biocarburants conventionnels pour favoriser le développement des biocarburants avancés (transposition de la directive RED II) et **Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP).**

Écarts : plus d'1mds€ à investir dans la CCUS (feuille de route de la Commission européenne).

## Barrières au déploiement

Faible

Forte

Approvisionnement (matériaux et technologie)



La production d'hydrogène décarboné, nécessaire à la fabrication des e-carburants, engendre des dépendances à des pays extra-européens au niveau des ressources (Chine, Afrique du Sud).

Ces dépendances varient selon la technologie : les électrolyseurs alcalins ne mobilisent pas de platinoïdes ni de graphites (présents dans les PEM). De plus, le procédé de production des e-carburants n'est pas encore maîtrisé par des entreprises françaises. En revanche, la France est autonome sur l'ensemble de la chaîne de valeur pour fabriquer les biocarburants avancés.

Capacité de développement et infrastructures



Les infrastructures de stockage et de distribution des carburants durables sont déjà prêtes : elles sont identiques à celles des carburants conventionnels. Les infrastructures hydrogène seront suffisamment développées en 2030 pour produire du e-carburant.

En outre, la filière du bois est suffisamment mature pour assurer la production des biocarburants avancés cellulosiques mais les filières agricoles et de l'industrie agroalimentaire doivent être adaptées pour facilement récupérer leurs coproduits.

Compétences et savoir-faire



Un manque de compétences est à considérer pour assurer le fonctionnement de ces nouvelles usines de production et un manque de maillons développés entre les acteurs pour les fédérer autour de projets communs.

Toutefois, l'ensemble de la recherche et du développement nécessaire se trouve en France.

Économiques



Les carburants durables manquent de compétitivité pour répondre à la demande en raison de leur procédé de fabrication associé au coût élevé des énergies renouvelables et à leur rendement (30 % e-carburants, 60 à 70 % biocarburants), tandis que la concurrence se renforce avec les importations d'agroc carburants fabriqués en dehors de la France à partir d'huile de palme (la France ne reconnaît pas les agroc carburants fabriqués à partir d'huile de palme et de soja). Le prix des biocarburants avancés est doublé et celui des e-carburants triplé par rapport au kérosène.

Financières



D'importants investissements en fonds propres sont nécessaires pour industrialiser les procédés de fabrication des carburants durables en raison du besoin en CAPEX (6 à 8 fois plus élevé pour les biocarburants avancés que pour les agroc carburants), alors que les installations d'agroc carburants ne sont toujours pas amorties.

Acceptabilité



La population locale est susceptible de contester le développement des installations de production de biocarburants en raison des odeurs et de l'augmentation du trafic routier générés et de la mauvaise presse des biocarburants.

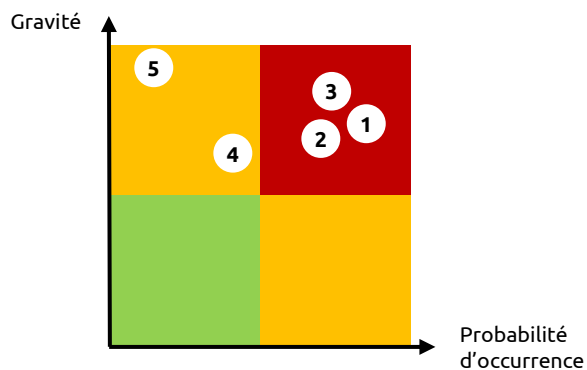
Législatives et réglementaires



Les mesures législatives stimulent le développement des technologies de production de carburants durables qui devront atteindre leur maturité avant 2035 pour répondre à la nouvelle législation européenne. Néanmoins, la décarbonation du secteur aérien nécessite des obligations d'incorporation à l'échelle mondiale.

# RISQUES ET RECOMMANDATIONS

## Cartographie des risques majeurs



1. **Coûts de production trop élevés** pour assurer la viabilité du modèle économique
2. **Manque de financements** pour industrialiser la production
3. **Pénuries des ressources** pour produire des carburants durables
4. **Pénurie de compétences**
5. **Infrastructures inadaptées** par manque de coordination

## Recommandations et leviers (publics / privés) à mettre en œuvre

### Infrastructures et approvisionnement

- **Développer les technologies de recyclage des électrolyseurs pour profiter des mines urbaines.** Augmenter les investissements dans ces projets, renforcer la présence française sur l'amont de la chaîne de valeur (platinoïdes, terres rares, graphite et nickel) et favoriser l'émergence de technologies d'électrolyseurs moins consommatrices en ressources.
- **Développer la sylviculture dynamique pour augmenter le gisement bois-forêt de la France** et continuer de déployer des sources d'énergie renouvelable pour les électrolyseurs.
- **Tirer profit de l'infrastructure et de l'expertise pétro-gazière de la France** pour se hisser parmi les leaders du CCU.
- **Créer des réseaux de transport du CO2 régionaux en développant une approche holistique combinant CO2, hydrogène et réseaux de gaz existants.**

### Politiques publiques

- **Renforcer l'engagement politique et rassurer les acteurs de la filière** en dédiant une feuille de route aux technologies de CCU.
- **S'appuyer sur les retours d'expérience des pays d'Europe du Nord** en lien avec les e-carburants pour définir un plan national efficace.
- **Communiquer sur l'importance des carburants durables** pour décarboner l'économie et valoriser les biocarburants avancés.
- **Développer une politique nationale et européenne qui considère les technologies hydrogène et CCU de façon complémentaire** au lieu de les mettre en concurrence pour créer des synergies indispensables à la fabrication d'e-carburants.

### Programmes de recherche et d'innovation

- **Développer la recherche industrielle** pour faire baisser les coûts de production.

### Industrialisation et structuration de la filière

- **Réduire le coût de l'énergie en produisant de l'hydrogène** et de l'électricité grâce au nucléaire historique.
- **Diminuer le coût du transport par la construction des installations de production de biocarburants** au plus proche des zones de consommation et riches en ressources biomasses.

- **Mutualiser les moyens et développer de nombreuses alliances entre les grands groupes et les startups** sous forme de partenariats multi-projets
- **Intégrer des grands acteurs dans la chaîne de valeur** pour attirer les talents et préserver les compétences pour la fabrication des biocarburants avancés.
- **Construire des unités de production d'e-carburants** au sein des territoires disposant d'importants moyens de production d'hydrogène décarboné et d'industries très émettrices de CO2.

### Financements & investissements

- **Clarifier le dispositif la gouvernance des financements publics** pour mieux cibler les investissements et ainsi encourager les investisseurs privés à prendre part aux projets.
- **Mettre en concurrence les différentes technologies de décarbonation du secteur industriel et attribuer des contrats carbone pour différence (CCFD)** sur 15 ans pour réduire le risque associé aux lourds investissements requis en s'inspirant du mécanisme de financement des technologies de CCUS néerlandais plébiscité par les industriels.
- **Demander des financements au niveau européen afin d'accélérer les projets et développer des partenariats européens ambitieux** pour disposer des capacités de production suffisantes et augmenter le soutien financier de l'Etat pour les e-carburants.
- **Accélérer le développement des moteurs d'avion** fonctionnant avec un taux élevé de carburants durables.

### Capital-risque

- **Encourager la création de consortiums français et européens** pour diluer les risques dans le développement des technologies et des nouvelles capacités de production.

### Réglementation

- **Déduire le CO2 capté par les industriels des quantités de GES émises pour valoriser les initiatives de capture du CO2** dans le système d'échange de quotas d'émissions (SEQUE).
- **Rendre les contrats carbone pour différence (CCFD)** compatibles avec la réglementation communautaire sur les aides d'Etat.

## Rapports

- Stratégie Nationale Bas Carbone sous contrainte de ressources, INEC et Capgemini, 2022
- Un nouvel élan pour le captage, stockage et utilisation du carbone (CCUS) en Europe, IFRI, 2021
- European Maritime Transport Environmental Report 2021, Agence européenne pour l'environnement (AEE) et Agence européenne pour la sécurité maritime (AESM), 2021
- Feuille de route française pour le déploiement des biocarburants aéronautiques durables, 2017
- Climate-neutral Steelmaking in Europe, Commission européenne, 2021

## Interviews

- Julien Poillot - Directeur Projets Innovants - Vicat
- Michel Daigney – Responsable sectoriel Chimie Environnement - Bpifrance

## Organismes / Entreprises :

- Le journal de la marine marchande
- La revue des transitions
- Air Journal
- Greenunivers
- Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)
- France Hydrogène
- Aerospace Valley
- Armateurs de France
- Les Echos
- L'Usine Nouvelle
- Techniques de l'ingénieur



- **Carbon capture, utilisation and storage (CCUS)** : systèmes de piégeage, d'utilisation et de stockage du dioxyde de carbone. Les technologies CCU considérées dans la fabrication d'e-carburants **n'intègrent pas le stockage du CO2.**
- **Contrats carbone pour différence (CCfD)** : **contrat conclu entre l'Etat et un industriel pour « dérisquer »** les investissements privés dans des technologies de décarbonation prometteuses mais peu matures. Cet outil politique assure à l'investisseur un prix fixe du carbone stable et suffisamment élevé pour rendre son investissement rentable puisque l'Etat comble la différence entre le cours du carbone et le prix fixé.
- **Système d'échange de quotas d'émissions européen (SEQE ou EU ETS en anglais)** : système européen visant à

plafonner les émissions de CO2 des secteurs les plus émetteurs via l'attribution de quotas d'émission fixés par l'UE pouvant être vendus ou achetés.