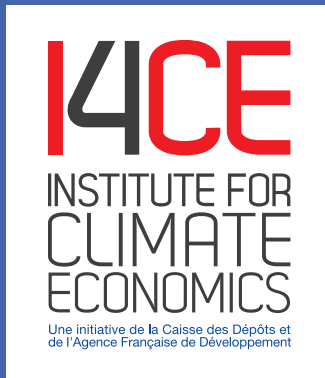


Avril 2026

CLEANTECH
INDUSTRIE
FRANCE



Réindustrialisation verte en France : réalité, projection raisonnable ou mirage ?

Étude des chaînes de valeur
du véhicule électrique,
de l'acier vert et des carburants
de synthèse pour l'aviation (eSAF)

Auteurs : **Erwann Kerrand, Elena Schneider, Ciarán
Humphreys et Louise Kessler**

L'Institut de l'économie pour le climat (I4CE - Institute for Climate Economics) est un institut de recherche à but non lucratif qui contribue par ses analyses au débat sur les politiques publiques d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. Nous promovons des politiques efficaces, efficientes et justes.



Nos 40 experts collaborent avec les gouvernements, les collectivités locales, l'Union européenne, les institutions financières internationales, les organisations de la société civile et les médias. Nos travaux couvrent trois transitions – énergie, agriculture, forêt – et six défis économiques : investissement, financement public, financement du développement, réglementation financière, tarification carbone et certification carbone.

I4CE est une association d'intérêt général, à but non lucratif, fondée par la Caisse des Dépôts et l'Agence Française de Développement.

I4CE bénéficie du soutien de divers financeurs publics et privés, qui appuient des projets spécifiques, certaines thématiques de travail, ou contribuent au financement en fonds propres. Nos financements sur projet proviennent de subventions publiques françaises, européennes ou internationales pour la recherche, ainsi que de fondations philanthropiques. Des entreprises privées contribuent par un financement non fléché, et la Caisse des Dépôts et Consignations est le principal contributeur au financement en fonds propres.

I4CE dispose d'une pleine liberté de programmation et de ligne éditoriale. L'Institut est seul responsable de ses publications, les opinions exprimées n'engagent que la responsabilité des auteurs. Pour plus d'informations sur nos financements et notre charte éthique, visitez notre site : i4ce.org.

Cette étude a bénéficié du soutien de de la Fondation européenne pour le Climat et de Breakthrough Energy.



Les auteurs de ce rapport tiennent à remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à ce rapport, à travers des entretiens ou des relectures et notamment : **Aurélié Brunstein** (Réseau Action Climat - France), **Guillaume Caillou** (DGEC), **Clara Calipel** (I4CE), **Marie Cherasse**, **Ysanne Choksey** (Agora Industrie), **Benoît Decourt** (Elyse Energy), **Damien Demailly** (I4CE), **Laure Demicheli** (DGAC), **Vivian Dépoues** (I4CE), **Antoine Deswaziere** (ADEME), **Ulysse Dorioz** (Verkor), **Maïa Douillet** (I4CE), **Jérôme du Boucher** (T&E), **Clément Dumand** (Stellantis), **Karine Guenan** (HY24), **Émilie Hillion** (DGAC), **Kevin Guittet** (DGAC), **Mark Hagen** (E3G), **Marine Hautsch** (IMT), **Pierre Jérémie** (HY24), **Benoît Leguet** (I4CE), **Alban Letaille** (Imerys), **Nicolas Lopes Ferreira** (DGAC), **Yann-Eric Moret**, **Camille Mutrelle** (T&E), **Dorthe Nielsen** (I4CE), **Gwenael Podesta** (Gravithy), **Jean-Luc Reboul** (Arcelor Mittal), **Elie Samakh Lesec** (DGEC), **Trishla Shah** (Systemiq), **Julian Somers** (Agora Industrie), **Bryan Tremblais** (DGEC), **Emmanuelle Trichet** (I4CE), **Romain Verdier** (Verso Energy).

RÉSUMÉ POUR DÉCIDEURS

La politique industrielle est de retour au centre du débat public, portée par une course mondiale au leadership des technologies décarbonées. Face à une concurrence chinoise qui accroît son avance technologique, aux régimes imprévisibles de subventions et de droits de douane américains, et à des tensions géopolitiques croissantes qui fragilisent les chaînes d'approvisionnement mondiales et exposent les dépendances stratégiques, la France et l'Union européenne s'interrogent, en 2026, sur les voies d'une industrie décarbonée « Made in Europe ».

Bâtir des chaînes de valeur domestiques ou européennes pour ces technologies propres ne se limite pas à inventer ex nihilo de nouveaux secteurs. Il s'agit de transformer en profondeur l'intégralité de la base industrielle historique, aujourd'hui confrontée à des défis majeurs, marqués par une baisse de la production et des suppressions d'emplois dans des secteurs clés comme l'automobile.

Cette note examine trois industries phares de la France – l'automobile, l'acier et l'aéronautique – actuellement en pleine transition. L'analyse présentée ici couvre l'ensemble de la chaîne de valeur, en évaluant à la fois les perspectives de développement de l'offre (matières premières, batteries, hydrogène, eSAF, etc.) et les dynamiques de demande pour ces produits en France.

Ces **trois chaînes de valeur** sont à des stades de développement contrastés :

- **Automobile** : Des années de soutien public ciblé ont permis de faire émerger un écosystème de batteries, avec quatre *gigafactories* désormais opérationnelles. Toutefois, une part substantielle de leurs intrants (notamment les matières premières critiques et précurseurs) est toujours importée de Chine, tandis que les alternatives françaises peinent à décoller.
- **Acier** : La décarbonation du secteur semblait au point mort jusqu'à récemment. L'annonce par ArcelorMittal début 2026 d'une décision finale d'investissement de 1,3 milliard d'euros à Dunkerque pourrait constituer le premier signal d'une reprise de la dynamique.
- **Carburant de synthèse pour l'aviation (eSAF)** : À l'autre extrémité du spectre, tant en termes d'échelle que de maturité, les eSAF il-

lustrent les défis des filières émergentes. La France figure aujourd'hui parmi les leaders mondiaux de cette technologie susceptible de contribuer à la décarbonation du transport aérien. Pourtant, l'industrie domestique se heurte à l'incertitude réglementaire, aux défis de compétitivité-prix et à l'hésitation du secteur aérien à s'engager en tant que premier acheteur.

Sécuriser ces industries en développement, transformer les secteurs matures et faire émerger les filières naissantes nécessite un mix cohérent et efficace d'instruments de politiques publiques et de financements. Certains leviers sont déjà en place, tels que le plan France 2030 et le dispositif des « 50 sites les plus émetteurs ». Au niveau européen, le « Net Zero Industry Act » (NZIA) et, plus récemment, l'« Industrial Accelerator Act » (IAA) témoignent d'une volonté claire des États membres de soutenir l'industrie européenne.

Pour autant, sécuriser des chaînes de valeur vertes et compétitives en France exige de franchir de nouveaux caps. Une politique industrielle française plus ambitieuse doit répondre à **trois défis structurels** :

- 1 **Comment préserver la compétitivité des industries en transition face aux prix élevés de l'énergie, aux déficits d'infrastructures, tout en bâtissant des chaînes de valeur résilientes face aux ruptures d'approvisionnement et aux dépendances stratégiques ?**
- 2 **Comment dépasser une logique de préservation des sites existants pour bâtir une stratégie susceptible de faire émerger les champions des années 2030-2040 ?**
- 3 **Comment agir dans un contexte budgétaire contraint et un cadre européen limitant les initiatives nationales de grande ampleur ?**

Ces contraintes sont réelles, mais ne sont pas insurmontables. Une politique industrielle verte bien conçue peut transformer l'ambition de réindustrialisation en une réalité concrète, faisant des industries qui ont forgé la France du XX^e siècle les moteurs de la compétitivité et de la décarbonation du XXI^e.

RECOMMANDATIONS DE POLITIQUES PUBLIQUES

→ ACTIONS PRIORITAIRES POUR UNE POLITIQUE INDUSTRIELLE VERTE

1. Articuler le soutien à l'offre à un pilotage par la demande :

En France, de nombreux projets cleantechs peinent à atteindre la décision finale d'investissement faute de certitude sur les débouchés. Deux leviers sont à la main de l'État pour garantir une demande stable lors de la montée en charge industrielle : la généralisation de critères environnementaux exigeants et de critères d'origine européenne (« Made in Europe ») dans les marchés publics ; la transformation de standards sectoriels réglementés en critères obligatoires ou quotas pour le secteur privé.

Un soutien public stable et prévisible, notamment *via* des mécanismes de type contrats pour différence (CfD), qui apportent de la certitude sur les revenus indépendamment des fluctuations de prix de marché, est crucial pour éviter un décrochage à ce stade.

2. Cibler les phases critiques (pré/post décision finale d'investissement) :

De nombreux projets (acier vert, eSAF) stagnent au stade précédant la décision finale d'investissement. Des objectifs sectoriels clairs et stables peuvent contribuer à lever ces blocages, en réduisant l'incertitude institutionnelle. Une fois l'étape de la décision finale d'investissement atteinte, la phase d'apprentissage et de montée en puissance est une période de vulnérabilité.

3. Renforcer la coordination entre Paris et Bruxelles :

Le succès de la transition repose également sur une articulation étroite des instruments nationaux et européens. L'institution de taskforces ciblées sur le modèle de celles dédiées à l'IA, est nécessaire pour aligner les outils de financement et de régulation autour des Projets d'Intérêt National Majeur. Au-delà de cette indispensable coordination interne, la France doit affermir son leadership au niveau européen sur la réindustrialisation verte ; elle pourra ainsi porter avec plus de poids des mesures structurelles ambitieuses, telles qu'une taxe aérienne dédiée au financement des CfD pour les eSAF ou des mécanismes de défense commerciale renforcés pour protéger l'acier vert.



@I4CE_

→ **ACTIONS PRIORITAIRES POUR LES BATTERIES ET LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES (VE)**

1. Soutenir l'application rigoureuse des mesures de soutien et de défense commerciale

prévues par la stratégie européenne « Battery Booster » (2025) et le règlement « Industrial Accelerator Act » (2026) et promouvoir l'introduction et l'application de critères « Made in Europe » afin de protéger la production de cellules et de favoriser l'émergence d'une chaîne de valeur européenne pour les matières premières critiques (CRM) et leur recyclage.

2. Instaurer un soutien spécifique à la production

(crédit d'impôt, aides aux coûts d'exploitation ou prime au kWh produit) pour accompagner les *gigafactories* durant leur phase critique de montée en puissance (les

3 à 4 premières années). L'adossement de ce dispositif au futur Fonds européen pour la compétitivité peut sécuriser la rentabilité des projets et attirer les capitaux privés nécessaires à la pérennité de la filière.

3. Améliorer l'efficacité et l'efficience des dispositifs existants

visant à soutenir la demande pour les véhicules électriques : s'assurer que les aides soutiennent l'accès des ménages modestes et des classes moyennes à la mobilité électrique, mettre fin aux dispositifs fiscaux qui soutiennent l'acquisition de véhicules thermiques et fournir des incitations aux constructeurs européens pour que le leasing social ne subventionne plus majoritairement des véhicules importés.

→ **ACTIONS PRIORITAIRES POUR L'ACIER VERT**

1. Passer de la labellisation à la structuration de la demande d'acier vert

en généralisant des standards bas-carbone obligatoires (à l'image de RE2020 avec des seuils maximaux d'empreinte carbone) dans les projets d'infrastructures nationaux, tout en plaidant au niveau européen pour que le cadre volontaire du règlement "Industrial Accelerator Act" soit transformé en quotas obligatoires applicables en priorité aux secteurs du bâtiment et de l'automobile en tant que principaux débouchés de l'acier.

2. Agir sur le coût industriel de l'énergie

en mobilisant l'ensemble des leviers disponibles, notamment les orientations de la troisième Programmation pluriannuelle de l'énergie, et les contrats de partenariat de long terme adossés au parc nucléaire historique français, dits « contrats d'allocation de production nucléaire » (CAPN) d'EDF. Compte tenu des incertitudes quant à la capacité de ces outils à rendre l'acier produit par la voie DRI (*Direct Reduced Iron*, procédé de réduction bas-carbone, à base d'hydrogène) compétitif, la période 2026-2027

doit être mise à profit pour activer tous les mécanismes de compensation permettant de réduire l'écart de prix entre l'acier vert et l'acier produit à partir de gaz naturel ou de charbon.

3. Investir dans l'amélioration du recyclage

et du traitement des ferrailles afin de garantir l'approvisionnement des fours à arc électrique (EAF) en acier de « haute qualité » (ou ferraille noble). Face au risque de pénurie mondiale de « ferraille noble », la R&I doit prioriser les technologies de tri de pointe (spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser, intelligence artificielle). Couplée au règlement européen sur les transferts de déchets (« Waste Shipment Regulation »), cette stratégie structurera une filière garantissant la qualité et le volume des intrants indispensables à la croissance du secteur.

→ **ACTIONS PRIORITAIRES POUR LES ESAF**

- 1. Envoyer un signal clair au marché**
indiquant que les eSAF demeurent une priorité politique pour la France face aux appels à un affaiblissement des mandats européens (« ReFuelEU »), et renforcer cet engagement au niveau national en intégrant des plans d'action spécifiques pour les eSAF dans les initiatives à venir, telles que le Plan d'électrification.
- 2. Apporter une certitude sur les revenus**
afin d'aider les projets à atteindre la DIF, goulot d'étranglement crucial pour la filière eSAF, en soutenant une enchère bilatérale ambitieuse au niveau européen, en mobilisant la Garantie des Projets Stratégiques *via* Bpifrance, et en recourant à des contrats d'énergie de long terme type CAPN ainsi qu'à une accélération des procédures d'autorisation, afin d'améliorer l'attractivité des projets pour les investisseurs.
- 3. Faire des eSAF un pilier stratégique de l'infrastructure de défense française** en mobilisant la Société Anonyme de Gestion des Stocks de Sécurité (SAGESS) pour les intégrer aux stocks stratégiques de carburants de la France, et en révisant à la hausse les objectifs d'incorporation de bioSAF dans l'aviation militaire afin de les aligner sur les objectifs de ReFuelEU (35 % d'incorporation d'ici 2050).

SOMMAIRE

_ RÉSUMÉ EXÉCUTIF	<u>3</u>
_ INTRODUCTION	<u>9</u>
_ ANALYSE DE TROIS FILIÈRES ENGAGÉES DANS LA RÉINDUSTRIALISATION VERTE	<u>11</u>
VÉHICULES ÉLECTRIQUES	<u>12</u>
1. Vue d'ensemble	<u>12</u>
2. Cartographie de la filière	<u>14</u>
A. Une filière historique en transition	<u>15</u>
B. Le premier défi à relever : passer du projet à la production	<u>16</u>
C. Le deuxième défi : assurer la rentabilité des projets dans la durée	<u>17</u>
3. Environnement institutionnel	<u>18</u>
4. Recommandations	<u>19</u>
_ ACIER VERT	<u>22</u>
1. Vue d'ensemble	<u>22</u>
2. Cartographie de la filière	<u>24</u>
A. La mutation d'une filière historique	<u>25</u>
B. Plusieurs projets visent à transformer la partie amont de la chaîne de valeur	<u>26</u>
C. Ces projets de transformation sont freinés par les fortes incertitudes entourant la demande d'acier, et notamment d'acier vert	<u>28</u>
3. Environnement institutionnel	<u>28</u>
4. Recommandations	<u>31</u>

_ CARBURANTS DE SYNTHÈSE (ESAF)	<u>33</u>
1. Vue d'ensemble	<u>33</u>
2. Cartographie de la filière	<u>37</u>
A. L'Europe et la France en tête des annonces mondiales de projets eSAF	<u>37</u>
B. Une filière exigeante en intrants – pour lesquelles la France dispose des atouts comparatifs réels	<u>39</u>
C. Du développement à la production : les obstacles à la décision finale d'investissement	<u>40</u>
D. La Chine, concurrent émergent : le risque d'une dépendance stratégique	<u>43</u>
3. Environnement institutionnel	<u>44</u>
A. Un cadre de politiques publiques qui a réussi à faire émerger des projets, mais sans permettre de sortir de l'impasse	<u>44</u>
B. Une course contre la montre : Une course contre la montre : pourquoi les signaux du marché pour 2026 seront décisifs pour la filière	<u>46</u>
4. Recommandations	<u>48</u>
_ CONCLUSION : ENSEIGNEMENTS TIRÉS DE CES ÉTUDES DE CAS POUR LA POLITIQUE INDUSTRIELLE VERTE DE LA FRANCE	<u>51</u>

INTRODUCTION

La politique industrielle est aujourd'hui à un moment charnière

En France comme en Europe, la politique industrielle connaît un regain d'intérêt dans un contexte de crises multiples. La pandémie de Covid-19 a mis en lumière la vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement et l'étendue des dépendances industrielles. Les tensions géopolitiques croissantes – de l'invasion de l'Ukraine à la guerre en Iran – soulignent l'urgence de réduire la dépendance aux importations d'énergies fossiles. Enfin, la montée en puissance industrielle de la Chine dans les technologies vertes et l'imprévisibilité accrue des relations commerciales avec les États-Unis imposent une réponse européenne coordonnée. Ces politiques poursuivent désormais trois objectifs interconnectés : la sécurité économique et la souveraineté, la résilience des chaînes de valeur et la compétitivité internationale.

Autrefois, ces politiques s'appuyaient beaucoup sur un soutien transversal à la recherche et l'innovation, et sur le respect de conditions de concurrence équitables au sein du marché unique¹. Les politiques publiques déployées ces dernières années marquent un tournant. Avec les plans France Relance et France 2030 (5,4 milliards d'euros ouverts en 2020-2021) et la participation à plusieurs Projets importants d'intérêt européen commun (PIIEC), la France déploie une politique industrielle plus ciblée, combinant soutien à l'innovation et financement direct de la transformation de l'appareil productif.

Ce virage d'une politique transversale vers un soutien plus sectoriel s'observe également au niveau européen, avec l'adoption de règlements visant à encourager explicitement la production industrielle dans l'Union Européenne². Le « Green Deal », lancé en 2019, a fixé l'objectif de neutralité carbone en 2050, et a été complété par des mesures industrielles à partir de 2023 avec le « Green Deal Industrial Plan », réaction à l'IRA américain. Il a

posé les bases du « Net-Zero Industry Act » et du « Critical Raw Materials Act », adoptés en 2024, afin de renforcer la production domestique des technologies vertes et de sécuriser l'approvisionnement en matières critiques nécessaires à leur fabrication. Le nouveau cycle législatif 2024-2029 s'inscrit dans cette logique : le « Clean Industrial Deal », feuille de route pour la politique industrielle européenne, a été présenté début 2025, puis a été suivi de plans sectoriels pour les industries lourdes. Présenté début 2026, le « Industrial Accelerator Act », incarne le changement de paradigme en cours depuis 2023 : il introduit des incitations de contenu local pour certaines filières stratégiques et d'intensité carbone pour certains produits des marchés publics, afin de créer des marchés porteurs (lead markets) pour les technologies vertes et les produits industriels verts. Par ces propositions, l'IAA vient ainsi consolider l'évolution amorcée avec le NZIA, dans un contexte géopolitique encore plus tendu.

Ces initiatives permettront-elles de faire émerger des chaînes de valeurs denses et intégrées, à l'image de celles qui ont porté le succès industriel passé de la France et l'Europe, et qui soutiennent aujourd'hui celui de nos concurrents ? Le gouvernement français comme la Commission s'appuient de plus en plus sur des concertations renforcées avec les industriels. Mais un état de lieux de filières en construction et en transformation et de leurs maillons s'impose pour identifier les leviers politiques les plus efficaces. Quelles sont les capacités de production actuelles et prévues sur chacun des maillons ? Où sont les points de faiblesses ? Et dans quelle mesure les politiques déployées y répondent-elles ?

Acier, automobile et aéronautique : trois industries historiques françaises en transition qui constituent un cas d'étude pour réaligner ce point d'étape. Ces trois secteurs sont aujourd'hui en pleine transformation et doivent

1. Voir notamment I4CE, *Investissements pour décarboner l'industrie lourde en France : quoi, combien et quand ?*, 2024.

2. À la fois de nouvelles technologies vertes (« Net-Zero Industry Act » en 2024) et des matières premières critiques à leur fabrication (« Critical Raw Material Act » en 2024).

3. Et donc de la consommation si l'on ne veut pas que la baisse de production se traduise par une augmentation des importations. C'est un sujet à part entière, voir compléments en conclusion.

investir massivement pour se décarboner. Face à cette situation et pour guider les politiques publiques, le gouvernement a fixé ces dernières années des objectifs précis combinant préservation des capacités de production et décarbonation. Atteindre ces objectifs implique la reconfiguration des chaînes de valeurs existantes en y intégrant de nouveaux maillons s'appuyant sur des technologies de rupture, des plus matures (les batteries pour véhicules électriques) aux moins matures (les carburants d'aviation de synthèse).

Cette étude propose un état des lieux de la construction de ces nouvelles chaînes de valeur. Elle recense les projets en cours de développement, analyse leur imbrication avec l'amont et l'aval, et identifie les principaux risques et les obstacles à leur mise en place effective.

Ce rapport évalue l'avancement de la transformation de l'appareil industriel en cours vers des filières intégrées permettant d'atteindre les objectifs de production fixés. Prenant comme point de départ des objectifs nationaux, il met à l'agenda les enjeux de développement de savoir-faire, de sécurisation des approvisionnements et de gains de compétitivité. Sans rentrer dans le débat sur le caractère potentiellement ambitieux de certains de ces objectifs, notamment en ce qui concerne la partie amont de la chaîne de valeur (extraction de matières premières), ce rapport vise à éclairer l'État sur la construction de ces chaînes de valeur, les obstacles à franchir et les atouts sur lesquelles il peut s'appuyer. Il permet de confronter les projets en cours de déploiement et les outils de politique publique afin d'identifier des pistes concrètes susceptibles de renforcer ces filières.

► ENCADRÉ 1 : ACIER, AUTOMOBILE, AÉRONAUTIQUE : TROIS SECTEURS AU CŒUR DE CES ENJEUX DE TRANSFORMATION INDUSTRIELLE

Notre étude se penche sur la transformation de trois filières historiques de l'industrie française qui, du fait de leur diversité, constituent un échantillon qui permet d'explorer les défis listés précédemment. Les solutions nécessaires pour répondre aux enjeux de transition présentent ainsi des niveaux de maturité très variables, allant des filières matures (fours à arc électrique dans l'acier) aux filières émergentes (production de eSAF).

Plusieurs types de politiques publiques ont été mises en place pour soutenir ces filières. La filière du véhicule électrique a longtemps été soutenue par des politiques axées sur la demande, aujourd'hui complétées par des mesures de soutien à la production domestique. Pour l'acier, le soutien reste principalement concentré sur la production (R&D, investissement) et gagnerait à être complété par un volet orienté vers un soutien à la demande. Quant aux carburants de synthèse pour l'aviation (eSAF), le soutien public repose surtout sur la mise en place de mandats européens d'incorporation destinés à créer une demande initiale, et sur des appuis financiers ciblés, notamment pour la réalisation d'études d'ingénierie (FEED) nécessaires à la préparation des premiers projets à grande échelle.

Ces trois secteurs ont en commun le fait de faire face à un environnement concurrentiel très marqué. L'acier vert et les véhicules électriques font face à une forte concurrence asiatique, alimentée par d'importantes subventions, des surcapacités industrielles, et, pour les véhicules électriques, une avancée technologique déjà significative. Les eSAF, quant à eux, évoluent sur un marché encore naissant. L'Europe, et particulièrement la France, se positionne comme leader mondial en termes des capacités prévues, mais la filière reste confrontée à des défis structurels : une compétitivité-prix très limitée face au kérosène fossile et aux premiers bioSAF, des difficultés à sécuriser les débouchés en raison de la structure contractuelle du marché aérien, et une asymétrie entre les acteurs, dominée par de nouveaux entrants disposant de marges financières restreintes face aux fournisseurs de carburant encore peu engagés dans le développement des e-fuels.

ANALYSE DE TROIS FILIÈRES

engagées dans
la réindustrialisation verte



VÉHICULES ÉLECTRIQUES

1. Vue d'ensemble

L'électrification de l'industrie automobile française constitue une mutation structurelle portée par la transition vers le véhicule électrique. Ce virage technologique déplace le centre de gravité de la valeur ajoutée vers la batterie, dont la production est aujourd'hui dominée à plus de 90 % par les acteurs asiatiques. Bien que cette hégémonie ne menace pas directement la rentabilité des grands constructeurs, elle souligne un impératif de souveraineté face à des risques logistiques et géopolitiques croissants. L'enjeu dépasse la santé financière des groupes pour toucher à la pérennité du tissu industriel et de l'emploi local ; le maintien d'une filière dynamique en France exige désormais d'intégrer ce maillon essentiel des batteries afin de compenser la simplification mécanique des motorisations électriques, laquelle impacte directement les sous-traitants historiques.

Des perspectives de développement réelles émergent grâce aux projets industriels prévus et à un cadre politique favorable, mais elles restent encore incertaines. Ces perspectives reposent principalement sur l'existence de la filière automobile historique et la construction de quatre *gigafactories* visant à produire des batteries électriques. Les capacités de production prévues par les constructeurs couvrent une part importante des objectifs affichés par le gouvernement³ (2 millions de véhicules électriques produits par an en 2030 en France) mais leur mise en œuvre effective semble à la peine.

Les maillons amont de la chaîne de valeur présentent des projets prometteurs mais encore incertains. Les capacités de production des *gigafactories* prévues dans la « Vallée de la batterie » dans le Nord devraient permettre de répondre aux besoins en batteries à l'horizon 2030. Mais chaque site connaît une mise en route progressive, et le déploiement effectif de l'ensemble des capacités de production prévues est conditionné au succès des premières unités de production. En amont, plusieurs projets pourraient apporter à terme une part non négligeable des intrants nécessaires à la confection de batteries, et ainsi limiter la dépendance externe du reste de la chaîne de valeur. Ainsi, deux projets de mines de lithium ont été lan-

cés en Alsace et dans l'Allier, mais aucun n'a encore atteint de décision finale d'investissement. D'autres projets portant sur l'amont de la chaîne de valeur, comme le projet d'usine de recyclage de batteries Eramet dans le Nord ont été suspendus.

L'ensemble de la chaîne de valeur bénéficie de mesures de soutien, variables selon la maturité des projets. Les outils mobilisés vont du soutien à l'investissement pour les projets les plus avancés au soutien à la recherche-innovation pour les projets moins mûrs. De premières mesures commencent à orienter la demande vers la production locale (par exemple, *via* l'éco-score, qui constitue un indicateur de l'impact environnemental global d'un véhicule), avec un impact surtout sur la demande des véhicules électriques mais encore limité sur les maillons intermédiaires et amont (batteries, anode, cathodes, matériaux critiques primaires et recyclés).

Deux types de mesures semblent clés pour assurer l'émergence de la filière. D'une part, sécuriser la production des *gigafactories*, *via* des mesures de soutien à la production et au développement de partenariats technologiques, et d'autre part, renforcer ou, pour les échelons les plus en amont, introduire des exigences de contenu local, afin de soutenir les autres projets de la filière et de solidifier ainsi les liens entre les différents maillons de la chaîne de production.

3. Renault vise par exemple de produire dans le Nord de la France 480 000 véhicules électriques par an à l'horizon 2025.

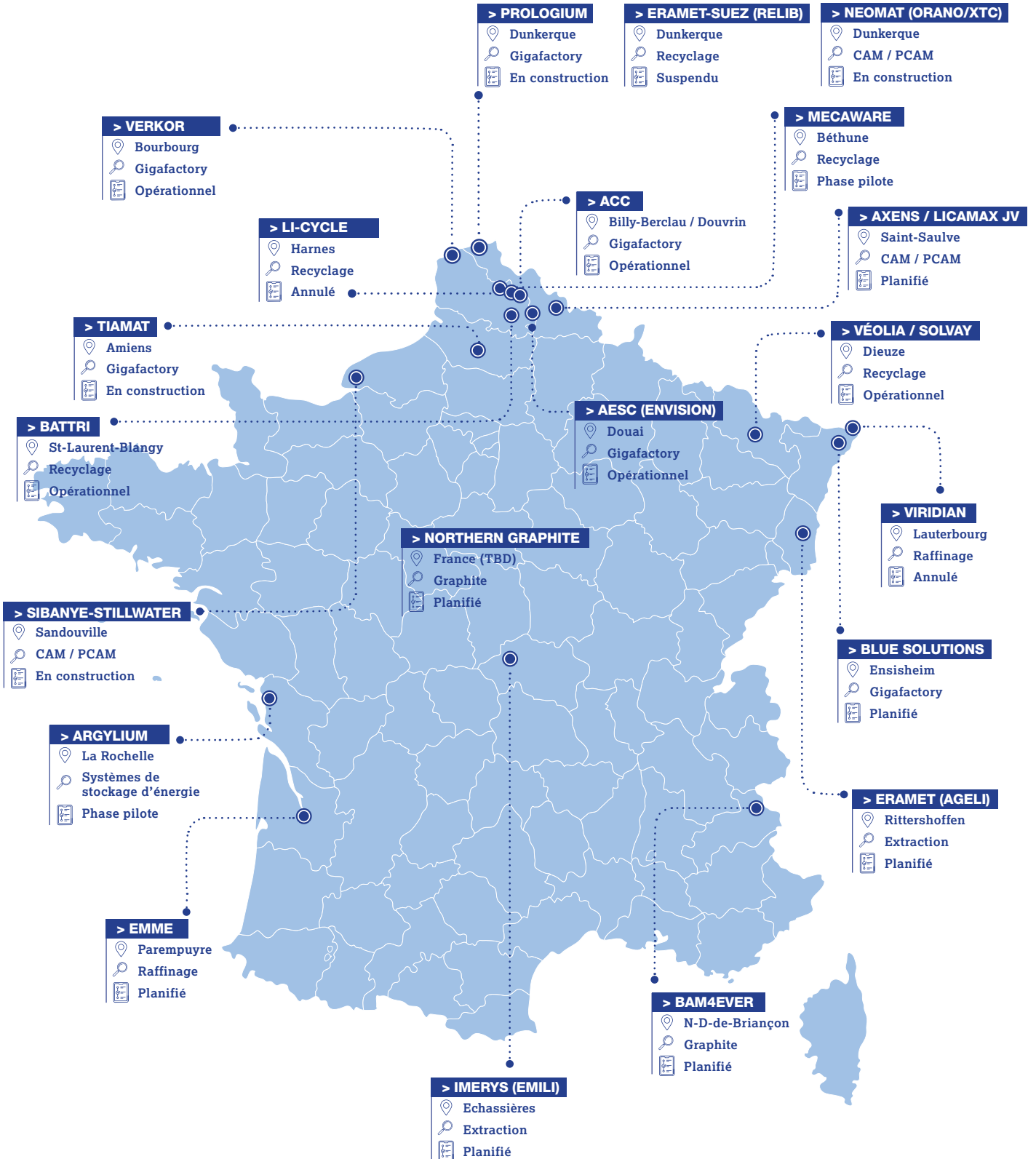
ACTIONS PRIORITAIRES POUR LES BATTERIES ET LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES (VE)

- 1 SOUTENIR L'APPLICATION RIGOUREUSE DES MESURES DE DÉFENSE COMMERCIALE** prévues par la stratégie européenne « Battery Booster » (2025) et promouvoir l'introduction et l'application de critères « Made in Europe » afin de protéger la production de cellules et de favoriser l'émergence d'une chaîne de valeur domestique pour les matières premières critiques (CRM).
- 2 INSTAURER UN SOUTIEN SPÉCIFIQUE À LA PRODUCTION** (crédit d'impôt, aides aux OPEX ou prime au kWh produit) pour accompagner les *gigafactories* durant leur phase critique de montée en puissance (les 3 à 4 premières années). L'adossement de ce dispositif au futur Fonds de Compétitivité Européen peut sécuriser la rentabilité des projets et attirer les capitaux privés nécessaires à la pérennité de la filière.
- 3 AMÉLIORER L'EFFICACITÉ ET L'EFFICIENCE DES DISPOSITIFS EXISTANTS** visant à soutenir la demande pour les véhicules électriques : s'assurer que les aides soutiennent l'accès des ménages modestes et des classes moyennes à la mobilité électrique, mettre fin aux dispositifs fiscaux qui soutiennent l'acquisition de véhicules thermiques, et fournir des incitations aux constructeurs européens pour que le leasing social ne subventionne plus majoritairement des véhicules importés.



@I4CE_

2. Cartographie de la filière



@I4CE_

A. Une filière historique en transition

L'industrie automobile française traverse une mutation profonde, caractérisée par une reconfiguration de son appareil productif face aux enjeux de la transition vers le véhicule électrique. La filière automobile française reste pourvoyeuse de nombreux emplois (340 000 emplois en 2024⁴) et elle est dotée d'un tissu d'acteurs dense (800 entreprises)⁵. Bien que le secteur ait initialement peiné à s'adapter, les constructeurs nationaux ont opéré un redressement rapide, illustré par les performances de 2025 : le groupe Renault a notamment vu sa part de ventes électrifiées (BEV et hybrides) s'élever à 60 % en Europe, dont 20 % pour les seuls véhicules 100 % électriques⁶.

Le développement de la production de batteries est nécessaire pour sauvegarder la filière automobile. En effet, compte tenu de la structure de coût d'un véhicule électrique, dans laquelle la batterie représente le poste le plus important⁷, si la France compte atteindre ses objectifs de production de véhicules électriques, alors elle ne peut faire l'impasse sur la production de batteries. A noter que le prix d'une batterie est lui-même très fortement dépendant du prix de ses composants. Cette dépendance à deux niveaux pourrait donc fortement fragiliser la filière automobile si certaines étapes-clés de la chaîne de valeur (*gigafactories*, PCAM / CAM, recyclage de haute qualité) ne se développent pas sur le territoire national ou européen. D'autres étapes, comme l'extraction et le raffinage peuvent également être dé-risqués par des partenariats industriels avec des pays tiers.

Un enjeu de souveraineté et de maîtrise technologique. La production de véhicules électriques en France est aujourd'hui très dépendante des importations extra-européennes de batteries. Sur ce segment, la Chine a réussi au fil des années à développer une filière complète autour des véhicules électriques : elle assure plus de 75 % de la production mondiale de batteries et elle exerce un quasi-monopole sur la production de ses composants principaux⁸, y compris pour la filière du recyclage⁹.

Aujourd'hui, les véhicules électriques qui sortent des usines françaises, sont essentiellement équipés de batteries produites en Asie ou de batteries assemblée en France à partir d'électrodes importées¹⁰.

À noter que le maillon des batteries est aussi un maillon stratégique pour des raisons technologiques. En effet, les batteries viennent avec des systèmes d'exploitation (*Battery management systems*) qui équipent les véhicules électriques : à ce titre, maîtriser la production de batteries permet de réduire la dépendance à des systèmes d'exploitation détenus par des acteurs extra-européens, qui peut représenter une vulnérabilité dans un contexte géopolitique tendu. Développer une filière complète de production de véhicules électriques représente donc un enjeu stratégique pour réduire la dépendance des constructeurs français vis-à-vis de ses composants, mais cela nécessite de développer une expertise sur une technologie qui a été investie de longue date par d'autres acteurs.

4. Xerfi, *Étude prospective emploi et compétences EDEC automobile*, 2025. L'emploi sur l'ensemble de la filière a connu une baisse graduelle depuis 2007, à l'exception notable du segment des fournisseurs en ingénierie, électrique/électronique et batteries, qui enregistre une hausse des emplois de 23 % au cours des 15 dernières années, porté par l'électrification des véhicules et l'intégration d'une part plus importante de logiciels.

5. En 2019, la filière automobile regroupait 775 unités légales de plus de 10 salariés, Plus de 80 % des entreprises de la filière ont plus de 20 ans, dont 47 % ont plus de 100 ans. Voir Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, « Portrait de la filière automobile à l'heure de sa transition vers l'électrique », *Les Thémas de la DGE*, n°22, octobre 2024.

6. Renault, *La marque Renault enregistre une croissance de +10 % des ventes mondiales de ses véhicules particuliers en 2025, portée par le succès de son offensive produit*, 2026

7. Voir Fondation pour la Nature et l'Homme et Institut Mobilités en transition, *Produire les citadines électriques en France. Pourquoi est-ce pertinent et possible ?*, 2024. La batterie représente 27 % du prix de revient d'un véhicule électrique de segment B.

8. La maîtrise de l'ensemble de la chaîne de valeur (dont l'extraction et le raffinage des minerais, et la production de précurseurs) fait partie des facteurs identifiés comme concourant à la compétitivité-prix des batteries chinoises. Voir par exemple International Energy Agency, *The battery industry has entered a new phase*, 2025. La Chine fournit près de 85 % des matériaux actifs de la cathode - y compris les chimies NMC et LFP - et plus de 90 % de la production de matériaux actifs de l'anode, principalement le graphite. Voir International Energy Agency, *Global EV Outlook*, 2025, 2025.

9. L'Asie domine largement le paysage mondial du recyclage des batteries, avec, en tête, la Chine qui représente 80 % des capacités de recyclage en pré- et post-traitement. Voir IFFRI, *La fuite de la black mass européenne : d'une boîte noire à un recyclage stratégique*, 2024.

10. La France produit très peu de cellules lithium-ion, ce qui signifie que les packs de batteries assemblés sur son territoire sont composés quasi-exclusivement de cellules importées. Voir Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, « Déploiement de l'électromobilité : comment développer l'offre européenne de batteries ? », *Les Thémas de la DGE*, n°23, octobre 2024.

B. Le premier défi à relever : passer du projet à la production

Les constructeurs automobiles disposant déjà de chaînes d'assemblage sur le territoire français fournissent une visibilité limitée sur leurs projets de développement de l'électrique. Il existe déjà en France des chaînes de production de moteurs électriques et d'assemblage de véhicules électriques en fonctionnement. Ces étapes de la production de véhicules électriques sont peu confrontées à des enjeux de maîtrise technologique. En revanche, le principal enjeu en ce qui concerne le développement de cette activité en France réside dans le choix des constructeurs d'y localiser leur production, et d'inverser la tendance des dernières années consistant à préférer d'autres pays d'Europe. Renault et Stellantis disposent déjà de lignes de production de véhicules électriques en France dont la capacité s'établit à 520 000 unités en 2026¹¹.

Pour les activités du maillon intermédiaire de la chaîne de valeur (la production de batteries et de leurs composants), le principal défi est d'atteindre les volumes de production prévus. Cette étape-clé suppose le développement et la maîtrise d'un savoir-faire technologique encore en cours d'acquisition, qui nécessite du temps¹² et qui peut créer des difficultés¹³. Quatre projets français ont déjà été inaugurés (ACC, AESC et Verkor et ProLogium).

La plupart des projets du maillon aval de la chaîne de valeur sont encore au stade de pilotes. L'activité de recyclage, qui nécessite non seulement un prétraitement des batteries (réduction en black mass), mais ensuite une extraction des minéraux (hydrométallurgie)¹⁴, démarre timidement. Au moins deux sites sont en opération (l'un opéré par Véolia en Moselle, l'autre, piloté par Battri dans les Hauts-de-France), d'autres sont au stade de pilote (Hydrovolt, Hauts-de-France et LG Energy Solution, Derichebourg) et au moins un projet a été suspendu (Eramet-Suez, Dunkerque) en raison du démarrage difficile de la chaîne de valeur. Concernant les PCAM et CAM, maillons

de production précédant celui des *gigafactories* : une décision finale d'investissement est attendue sous peu pour trois joint-ventures franco-chinoises (deux sous Orano-XTC et une sous Axens-Lico), et le groupe minier sud-africain Sibanye-Stillwater porte un projet de reconversion d'une usine de nickel au Havre en unité de production de PCAM (Gallicam), bénéficiant d'un soutien du Fonds pour l'innovation de l'UE.

Les projets d'extraction et de raffinage sont moins avancés et ne couvriront a priori qu'une part minoritaire des besoins en France, sauf pour le raffinage du lithium qui pourrait couvrir 100 % de la demande. En ce qui concerne l'extraction, deux projets sont à l'étude en Alsace (Eramet-Electricité de Strasbourg) et dans l'Allier (Imerys), pour lesquels les décisions finales d'investissement sont attendues respectivement en 2027 et 2029. En ce qui concerne le raffinage de métaux, un projet de raffinage de lithium en Alsace (Viridian Lithium) est entré dans la phase de construction d'usine, tandis qu'un projet de raffinage de nickel et cobalt à Bordeaux (EMME), dont la mise en production était prévue à l'horizon 2028, fait actuellement face à une forte opposition locale¹⁵. La progression de ces maillons de la chaîne amont nécessite non seulement une réussite des phases pilotes, mais également des perspectives de demande solides, à même de sécuriser leur rentabilité pour une prise de décision finale d'investissement, et la garantie d'un soutien financier pour cette production, qui sera structurellement moins compétitive que les produits chinois et asiatiques produits chinois et asiatiques.

11. Bruegel, Clean Tech Tracker, 2026.

12. À l'échelle de l'UE les difficultés industrielles anticipées dans leur ensemble pourraient provoquer un taux de réalisation des capacités annoncées d'environ 60 % en 2030. Voir Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, « Déploiement de l'électromobilité : comment développer l'offre européenne de batteries ? », *Les Thémas de la DGE*, n°23, octobre 2024.

13. Par exemple, le site ACC de Douvrin, première *gigafactory* en fonctionnement en France reconnaît avoir des difficultés à fournir son client et enregistre des taux de rebut encore importants de l'ordre de 15 % à 20 %. Voir Alain-Gabriel Verdevoye, « ACC peine à fournir Stellantis, son unique client jusqu'à présent », *Auto Infos*, 9 octobre 2025.

14. Deux étapes nécessaires pour assurer la circularité du procédé et réduire effectivement les dépendances en matières premières. En Europe, de l'ordre de 50 % de la black mass est exportée vers l'Asie. Voir IFFRI, *La fuite de la black mass européenne : d'une boîte noire à un recyclage stratégique*, 2024.

15. Ces deux projets comptent débiter la production respectivement en 2027 et 2028. Concernant le raffinage de métaux on recense également un projet suspendu et un projet encore en phase d'étude avec une production attendue pour 2028.

C. Le deuxième défi : assurer la rentabilité des projets dans la durée

Une demande finale en hausse. Les véhicules électriques produits en France sont principalement vendus sur le marché européen¹⁶, dont l'évolution est étroitement liée au cadre réglementaire (*voir partie suivante*). Ce marché a décollé en 2020, notamment en lien avec l'entrée en vigueur en janvier 2021 du règlement européen sur les émissions moyennes des véhicules vendus : si les véhicules électriques représentaient moins de 2 % des immatriculations en France en 2019, ils sont passés à 7 % en 2020 pour atteindre près de 20 % en 2025¹⁷.

Mais cette tendance est encore fragile et dépendante des mesures de soutien. Les politiques déployées sur ce segment ont permis d'agir sur la demande ainsi que sur la provenance des véhicules. Ainsi, un recul mesuré (limité à -2,6 % pour les véhicules électriques à batterie¹⁸) a été observé en 2024 sur le segment électrique en France, lié à la restriction des véhicules éligibles au bonus écologique *via* l'éco-score et la baisse de la prime à la conversion. Un phénomène similaire a été observé en Allemagne mais de manière encore plus marquée, suite à la suppression des programmes de subvention (*Umweltbonus*) fin 2023, qui avait entraîné une baisse de 27 % des immatriculations des véhicules électriques en 2024 sur le marché allemand. Les ventes en Allemagne et en France sont toutefois reparties à la hausse en 2025, avec une hausse de 12,5 % dans la métropole¹⁹ ; le nouveau dispositif de prime à l'achat introduit en France en 2026, augmenté et socialement modulé, devrait permettre de continuer à soutenir les ventes. Qualitativement, la mise en place de l'éco-score en France, qui fixe des critères d'éligibilité aux aides à l'achat de véhicules, a permis de diriger davantage la demande vers une production européenne, et d'évincer plusieurs modèles comme la Dacia Spring produite en Chine. Concernant la compétitivité-prix, des études récentes montrent que les constructeurs français sont en situation concurrentielle face aux autres constructeurs européens sur les véhicules de petite taille²⁰.

La concurrence sur le prix des batteries est forte.

Les fabricants de batteries disposent de débouchés potentiels pour leur production, voire pour la plupart d'entre

eux, de contrats d'approvisionnement avec les constructeurs, tels les partenariats conclus par Renault avec Verkor et AESC. Néanmoins, leur capacité à s'implanter durablement sur ce marché reste soumise à d'importants aléas liés aux prix.

En France²¹, comme ailleurs en Europe²², les coûts de production des batteries comptent parmi les plus élevés au monde. Cela s'explique par des prix plus élevés de la main-d'œuvre et de l'énergie²³, mais aussi par le fait que ces sites, plus récents et encore en phase de montée en cadence, présentent des rendements faibles, des taux de rebuts élevés et une maîtrise limitée de la chaîne d'approvisionnement. Cette concurrence sur les prix s'est intensifiée à l'échelle mondiale, avec une forte baisse observée en 2024 (environ -30 % pour les batteries chinoises²⁴), qui s'explique par plusieurs facteurs : une hausse des capacités de production, une baisse des marges, des économies d'échelle et la spécialisation des fabricants chinois dans des batteries moins consommatrices de lithium.

Peu de données sont disponibles concernant les perspectives de rentabilité des projets d'extraction, de raffinage et de recyclage en Europe. Il apparaît toutefois vraisemblable que ce maillon de la chaîne soit peu compétitif vis-à-vis de la concurrence asiatique, compte tenu des coûts plus élevés et la maturité encore limitée du secteur en Europe. Les acteurs amont communiquent peu sur les perspectives de partenariats avec leur clients potentiels (pour la fabrication des cellules et de batteries), ce qui suggère une intégration limitée de la chaîne de valeur. En outre, si le cadre réglementaire européen encourage l'incorporation de matières premières recyclées, il ne fixe pas de conditions quant au lieu de production de ces matériaux (*voir partie suivante*). En l'absence de données sur le prix de revient de ces productions et leur positionnement concurrentiel, certains gestionnaires de projets mettent davantage en avant l'avantage lié à une empreinte environnementale plus faible.

16. En 2022, 80 % des exportations de véhicules électriques étaient à destination de l'UE. Voir Douanes, *Voitures électriques : vive expansion dans les échanges de voitures de la France depuis six ans*, 2024.

17. À noter que la part de l'électrique sur les autres types de véhicules non couverts dans cette étude (VUL ou poids lourds) est encore bien plus modeste, (respectivement 7 % et 1,5 % en 2024), laissant entrevoir des marges de progrès importantes.

18. ACEA, *New car registrations December 2024*, 2025.

19. ACEA, *New car registrations: +1.8% in 2025; battery-electric 17.4% market share*, 2026.

20. Voir Fondation pour la Nature et l'Homme et Institut Mobilités en transition, *Produire les citadines électriques en France. Pourquoi est-ce pertinent et possible ?*, 2024. Le prix de revient théorique d'un véhicule électrique de segment B en France est supérieur de 2 à 2,5 % celui de l'Espagne ou de la République Tchèque. Un écart inférieur aux variations de prix observées sur ce segment au sein d'un marché-pays (environ 6 %).

21. À titre d'exemple, ACC estime que ses produits sont 20 à 25 % plus chers que les équivalents chinois ou coréens. Voir Alain-Gabriel Verdevoye, « ACC peine à fournir Stellantis, son unique client jusqu'à présent », *Auto Infos*, 9 octobre 2025.

22. C'est en Chine que les prix moyens des batteries sont les plus bas, à US\$94 /kWh ; ils sont 31 % plus élevés aux États-Unis et 48 % plus élevés en Europe. Voir BloombergNEF, *Lithium-Ion Battery Pack Prices See Largest Drop Since 2017, Falling to \$115 per Kilowatt-Hour*, 2024.

23. Voir Volta Foundation, *Battery Report (2024)*, 2025.

24. International Energy Agency, *The battery industry has entered a new phase*, 2025.

3. Environnement institutionnel

Initialement, le soutien public en faveur du véhicule électrique portait surtout sur la demande. Ces politiques de soutien ont démarré avec l'extension du dispositif national du bonus automobile aux véhicules électriques en 2014. Elles ont été complétées par le règlement européen établissant des normes de performance en matière d'émissions de CO₂, adopté en 2019 et appliqué à partir de 2021. Celui-ci, en incitant les constructeurs à renforcer leur offre de véhicules électriques, a nettement contribué à l'essor des immatriculations de véhicules électriques depuis 2020. Les obligations de verdissement des flottes de véhicules, introduites en France dans la Loi d'Orientation des Mobilités (LOM), et entrées en application en 2022 ont également participé à l'émergence d'une demande sur ce secteur. Ces quotas ont été remplacés en 2025 par une taxe annuelle incitative au verdissement des flottes, qui fixe un objectif de véhicules à faibles émissions dans les flottes d'entreprise. La Commission européenne s'est saisie à son tour de l'enjeu du verdissement des flottes d'entreprises, en proposant des quotas contraignants différenciés par État membre pour les véhicules particuliers et camionnettes à faibles ou zéro émission dès 2030 (avec un sous-objectif spécifique pour les véhicules 100 % électriques dans les grandes entreprises).

Avec la mise en place de l'éco-score en 2024, les pouvoirs publics français se sont montrés à l'initiative en introduisant des conditionnalités environnementales aux aides publiques, portant sur l'ensemble de l'empreinte d'un véhicule électrique. Depuis 2024, le système français du bonus écologique - récemment remplacé par un « coup de pouce pour véhicules particuliers électriques » - est conditionné à cet éco-score et contribue donc à diriger la demande vers la production locale²⁵. Des mesures analogues sont prévues à l'échelle européenne à partir de 2028, mais sur un périmètre plus restreint, limité aux batteries.

Le soutien apporté à la filière du véhicule électrique a progressivement intégré des mesures de soutien à la production de batteries. Ce soutien public à l'offre a d'abord commencé à l'échelle européenne, en s'appuyant sur des mécanismes compatibles avec les règles de concurrence du marché intérieur. En 2017, l'Alliance pour les batteries a été créée, débouchant sur deux Projets Importants d'Intérêt Commun (PIIEC) autorisant les États Membres à apporter d'importantes soutiens financiers pour l'installation d'usines. Ces mesures se sont ensuite déclinées au niveau national avec un premier Plan Batteries en 2019, suivi d'une Stratégie nationale de la batterie dans le cadre de France

2030. La phase d'industrialisation, qui mobilise les investissements les plus conséquents, est celle qui concentre le plus de soutiens publics, qui vise surtout la construction de sites de production de batteries (*gigafactories*). Ces soutiens sont apportés sous forme de subventions et d'instruments financiers (garanties BPI / BEI). D'après le recensement par I4CE des investissements dans la « Vallée de la batterie », ces outils jouent un rôle-clé dans leur financement : les subventions représentent entre 4 % et 40 % des investissements des *gigafactories*, tandis que les garanties couvrent entre 27 % et 50 % de leur financement.

À l'échelle européenne, le soutien à l'offre se renforce encore. Le récent Paquet automobile européen de décembre 2025 complète ce dispositif avec le « Battery Booster » : 1,5 milliard d'euros de prêts sans intérêts pour les fabricants européens de cellules pendant leur montée en puissance, et 300 millions d'euros pour des « projets stratégiques » (matériaux critiques, recyclage, innovation). Quant à « l'Industrial Accelerator Act », il prévoit des conditions contraignantes sur les investissements directs à l'étranger (transferts technologiques, intégration dans la chaîne de production) et des exigences de contenu local pour les batteries et leurs composants-clés, qui permettront d'orienter les aides publiques vers la production européenne.

La politique de soutien à l'offre déployée par l'Union européenne cible également les maillons amont de la chaîne de valeur, principalement via le « Critical Raw Material Act » (CRMA) et le règlement relatif aux batteries avec ses exigences de contenu de matières recyclées. Le CRMA vise à sécuriser l'approvisionnement en métaux critiques pour, entre autres, les batteries, en fixant des objectifs à 2030 pour la consommation de matières premières : 10 % devront être extraites localement, 40 % devront être traitées dans l'UE et 25 % devront être issues de matériaux recyclés, tout en limitant à 65 % la dépendance à un seul pays tiers. Le règlement européen relatif aux batteries fixe des standards qui s'appliquent à l'ensemble des produits vendus en Europe, visant à rétablir des conditions de concurrence plus équitables avec les productions extra-européennes autour de deux principales dispositions : l'empreinte carbone et l'exigence de contenu recyclé.

1 À partir de 2028, la mise sur le marché de batteries sera conditionnée au respect d'une empreinte carbone maximale (bien que ce calendrier soit susceptible d'être décalé en raison du retard pris

25. À la suite de l'introduction de l'éco-score en 2024, 100 % des véhicules bénéficiant du bonus étaient européens (contre 52 % l'année précédente) et la part des véhicules européens dans les véhicules électriques immatriculés en France est passée à 82 % (contre 52 % l'année précédente). Voir Secrétariat général à la planification écologique, *Conseil de planification écologique*, 31 mars 2025.

par l'acte délégué correspondant, dont la publication est toujours attendue). À noter que cette disposition ne soutiendra la production européenne que si son impact environnemental reste inférieur à celui de ses concurrents, qui progressent désormais rapidement sur ce terrain.

2 Des obligations d'incorporation de contenu recyclé rentreront en vigueur en 2031, ce qui créera des débouchés potentiels pour la filière du recyclage local. Toutefois, leur mise en œuvre reste incertaine en attente d'actes délégués, avec le risque que ces débouchés profitent surtout à la filière chinoise, particulièrement avancée en hydrométallurgie.

Ces faiblesses pèsent sur les perspectives de développement de la filière amont, comme en témoigne le fait que plusieurs projets, bénéficiant pourtant du statut de projet stratégique pour contribuer à l'approvisionnement en métaux critiques, ont récemment été suspendus : celui d'Eramet dans le Nord portant sur le recyclage de batteries et celui de Tokai-Cobex en Savoie portant sur le raffinage des matières premières.

Des mesures de soutien non-financier facilitent également le lancement de sites de production. Les projets

d'extraction-raffinage et de recyclage devraient bénéficier de mesures visant à simplifier et accélérer les procédures de permitting, tant au niveau français (loi Industrie verte) qu'euro-péen (« Critical Raw Materials Act »)²⁶. Pour soutenir le développement du recyclage, la Commission européenne a pris en 2025 une mesure visant à limiter les exportations de *black mass* aux seuls pays de l'OCDE²⁷.

D'autres mesures mises en œuvre au niveau national complètent l'éventail de politiques publiques présentées ci-dessus. Ainsi, en France, l'ensemble des maillons de la filière, depuis l'extraction de minéraux jusqu'à l'assemblage de véhicules, bénéficie de soutien à la recherche et développement et au lancement de démonstrateurs et de projets pilotes. En ce qui concerne la main d'œuvre et les compétences, des dispositifs de soutien à la formation viennent compléter les subventions portant sur les activités de recherche et développement. Ainsi, des offres de formation sont notamment proposées dans les trois bassins industriels où la production de batteries se développe : en Nouvelle-Aquitaine autour du raffinage, dans le Nord avec les *gigafactories* et les sites d'assemblage, et dans l'Isère pour les activités de recherche et d'innovation sur les batteries.

4. Recommandations

1. Sécuriser les perspectives de demande pour chaque maillon de la filière dans un contexte marqué par une très forte concurrence internationale

La filière automobile française compte aujourd'hui de nombreux projets qui pourraient former une filière intégrée de production de véhicules électriques permettant de répondre à nos objectifs de transition. Mais elle est aujourd'hui très dépendante d'approvisionnements extérieurs, principalement de la Chine sur le segment des batteries et de ses composants.

Concernant la demande finale, inscrite dans une tendance à la hausse, il convient de maintenir le cadre réglementaire propice à faire émerger ce marché. Dans un contexte de

forte concurrence de la localisation de la production, il paraît nécessaire de renforcer le cadre réglementaire européen en incluant des conditions sur l'impact environnemental de la production et sa localisation.

Concernant le segment des batteries, il est nécessaire de davantage sécuriser les débouchés des projets en cours *via* une politique de défense commerciale (notamment par l'application de droits de douane compensateurs sur les importations subventionnées, conformément au « Battery Booster » de la Commission de 2026) ou des exigences de contenu local appliquées aux constructeurs automobiles. Cela permettra non seulement de soutenir le développement initial de ces projets en phase d'apprentissage, mais cela peut aussi créer un cadre favorable à la mise en place de coentreprises permettant le partage de compétences²⁸ plus rapidement et de diminuer le risque technologique²⁹.

26. Les projets de *gigafactories* ayant déjà passé cette phase de *permitting* ne devraient pas tirer parti de ces mesures.

27. Décision de la Commission du 5 mars 2025 de classer la *black mass* comme déchet dangereux, limitant leur possibilité d'exportations hors de l'OCDE. Cette mesure n'empêche pas les exportations vers la Corée du Sud, destinataire de volumes importants.

28. Dans le plan d'action pour l'automobile présenté en mars 2025 par la Commission, cette dernière évoque la possibilité d'accorder des aides financières aux acteurs étrangers si les entreprises européennes ont conclu avec eux des partenariats qui garantissent le partage des compétences, du savoir-faire, de l'expertise technique et de la technologie, ainsi qu'une valeur ajoutée suffisante pour l'UE.

29. Afin d'accélérer le développement de savoir-faire sur les batteries, l'Agence Internationale de l'Énergie suggère notamment d'assurer une demande importante et durable, de développer des coentreprises ou des accords de partage de technologies. Voir International Energy Agency, *Achieving Net Zero Heavy Industry Sectors in G7 Members*, 2025.

En outre, il est utile de soutenir la compétitivité-prix de la filière, notamment *via* l'approvisionnement en électricité à des tarifs prévisibles.

En ce qui concerne la filière amont (extraction minière et raffinage des métaux critiques), la situation de très forte dépendance à la production étrangère rend peu pertinent le recours à une politique tarifaire défensive, car elle renchérrirait le coût des intrants indispensables. En revanche, une exigence de contenu local minimum imposée aux matériaux recyclés et aux produits finis serait utile pour en sécuriser les débouchés, inciter à l'ouverture de sites de raffinage sur le territoire et pour sécuriser des partenariats stratégiques garantissant un transfert de connaissances.

2. Mettre en place des mesures permettant de réduire les risques des projets

Si le soutien à la filière s'est jusqu'à présent concentré sur les dépenses d'investissement (CAPEX), la sécurisation des débouchés pour les batteries et leurs composants est désormais prioritaire pour garantir la rentabilité des projets et faciliter l'accès aux financements privés. Outre les leviers réglementaires, un soutien direct aux coûts de production — par exemple *via* des crédits d'impôt, des aides aux OPEX ou une prime au kWh produit — s'avère nécessaire durant la phase critique de montée en puissance. L'inscription de ces dispositifs dans le cadre du futur Fonds de Compétitivité Européen, actuellement en discussion au sein du Cadre Financier Pluriannuel (MFF), permettrait d'assurer la cohérence et l'efficacité de cette stratégie de soutien à l'échelle de l'Union³⁰.

3. Améliorer la prévisibilité des dispositifs

Une large partie des outils de soutien financier à la production est déployée de manière prévisible, avec peu d'incertitude quant à leur mise en œuvre. D'une part le cadre des PIIEC pour les soutiens aux *gigafactories* assure la compatibilité du versement de ces aides avec le cadre européen de la concurrence, d'autre part, la plupart des aides versées au niveau national sont assises sur des dispositifs budgétaires pluriannuels (PIA, France 2030). Cette visibilité est importante pour des projets pour lesquels les délais entre les phases d'études de construction et de lancement de la production sont généralement longs.

Néanmoins, cette prévisibilité du soutien n'a pas été observée sur les dispositifs de soutien à la demande et d'encadrement du marché. Concernant le soutien à la demande, les dispositifs nationaux (bonus écologique, prime à la conversion, leasing social) ont été revus à la baisse ces dernières années dans un contexte de durcissement des contraintes budgétaires. Ils sont même désormais assis sur le dispositif extra-budgétaire des Certificats d'économie d'énergie, ce qui entraîne une incertitude sur l'enveloppe globale.

Les mesures pour encadrer les marchés le long de la chaîne de valeur donnent des perspectives pluriannuelles mais restent perfectibles. Le règlement sur les normes d'émissions de CO₂ des véhicules neufs, très structurant pour la demande finale de véhicules électriques, a connu plusieurs modifications depuis sa première adoption en 2019. Après une révision à la hausse des ambitions en 2023, l'objectif de 2025 a été lissé sur 2025-2026-2027, et les objectifs à 2030 et 2035 ont été révisés. Ainsi, la révision de décembre 2025 propose un objectif de réduction de 90% des émissions en 2035 (au lieu de 100%), sous conditions de compensation *via* un acier bas-carbone produit en Europe (7%) et des carburants de synthèse/biocarburants (3%), assorti d'un système de *banking and borrowing* sur 2030-2032. Selon Transport & Environment, ces flexibilités entraîneront une réduction de la part des véhicules électriques à batterie à 85% en 2035 (contre 100% dans la réglementation initiale) et à 47% en 2030 (contre 57% initialement)³¹.

Enfin, la Commission européenne doit encore prendre des actes délégués pour plusieurs autres mesures concernant les batteries : cela concerne les modalités de calcul de l'empreinte carbone maximale qui doit s'appliquer à partir de 2028 (avec un calendrier décalé - l'échéance de publication de décembre 2024 étant désormais dépassée), et l'obligation de réincorporation de contenu recyclé à partir de 2031 (attendu, conformément au calendrier, en août 2026). Sans visibilité sur les modalités d'application des principes posés, les signaux envoyés par les règlements européens sont faibles³². Or cette latence dans l'adoption de la législation secondaire devient problématique lorsque les mesures qu'elle porte sont structurantes pour une filière émergente.

30. Voir Institut Mobilités en transition, *Plan for the emergence, competitiveness, and resilience of an EU battery ecosystem — Leveraging combined use of local content policies and of new public aids schemes, 2025*.

31. Transport & Environment, *T&E analysis of the European Commission proposal for the revision of the car CO₂ regulation*, 3 février 2026.

32. Autre exemple, alors que le règlement NZIA prévoit l'octroi d'un statut de projet stratégique permettant d'accélérer le processus de *permitting* et l'accès facilité à des financements, la Commission n'a à ce jour pas publié l'acte délégué définissant un cahier des charges pour sélectionner les candidats à l'octroi de ce statut.

4. Renforcer l'efficacité de l'action publique en renforçant l'alignement des dispositifs

Des mesures défavorables à l'émergence des véhicules électriques perdurent au sein de l'arsenal français de politiques publiques en faveur de l'automobile. Ainsi, les dispositifs fiscaux d'amortissement des véhicules d'entreprises, qui ne sont pas conditionnés à l'achat de véhicules électriques, contribuent à hauteur de 2 milliards d'euros chaque année à soutenir l'achat de véhicules thermiques³³.

Enfin, le dispositif de leasing social, qui vise à rendre les véhicules électriques plus accessibles aux ménages modestes, a majoritairement soutenu des véhicules produits hors de France³⁴. Le problème vient

du fait que l'industrie française n'est aujourd'hui pas en mesure de répondre à cette demande, ce qui revient à subventionner significativement des véhicules importés. Des propositions ont été mises sur la table, notamment par l'Institut Mobilités en Transition et Transport & Environnement³⁵, qui proposent par exemple l'établissement de contrats État - constructeurs sur la base d'appels d'offres pour la production de véhicules électriques dédiés au leasing social, plus petits, plus sobres et adaptés aux besoins du quotidien.

33. Voir I4CE, *Les recommandations d'I4CE pour le projet de loi de finances 2026*, 2025.

34. Parmi les 50 000 véhicules loués dans le cadre du dispositif de leasing social en 2024, seulement 18 % sont des véhicules assemblés en France. Voir Secrétariat général à la planification écologique, *Quelles politiques budgétaires et fiscales pour accélérer le verdissement des véhicules*, 2024.

35. IDDRI et T&E, *Leasing social*, 2023

ACIER VERT

1. Vue d'ensemble

L'omniprésence de l'acier dans notre quotidien (bâti-ments, infrastructures, véhicules, équipements indus-triels, matériel militaire ...) fait de sa production un enjeu stratégique. Toutefois, la filière nationale historique de production connaît, comme ailleurs en Europe, une crise profonde, liée notamment aux surcapacités de pro-duction mondiales entretenues par la Chine.

Dans ce contexte difficile, la France compte malgré tout plusieurs projets d'acier vert, qui impliquent une transformation de l'appareil productif et une réorga-nisation de la chaîne de valeur. Cette réorientation vers la production d'acier vert implique deux types de trans-formations : ① la mise en œuvre de nouveaux procédés de production d'acier primaire pour remplacer les hauts-fourneaux actuels qui tournent au charbon, et ② l'utilisation de fours à arc électrique, une filière technolo-gique mature, qui sont à la fois moins émetteurs et plus propices au recyclage de ferrailles. Pour l'instant, un seul de ces projets a fait l'objet d'une décision ferme d'invest-issement : ArcelorMittal à Dunkerque, qui s'est engagé sur un investissement de 1,3 milliard d'euros en février 2026³⁶, dont 50 % du montant est couvert par un soutien public financé par les CEE. Cet investissement soutient la construction d'un four à arc électrique (EAF) ; les projets liés au développement d'une unité DRI restent pour l'ins-tant suspendus.

Si les risques relatifs à la maîtrise technologique, aux compétences ou aux chaînes d'approvision-ement semblent contenus, ces projets pâtissent de fortes incertitudes quant aux débouchés et à leur compétitivité. En effet, les perspectives de demande d'acier, et en particulier d'acier vert, demeurent incertaines. En outre, le coût de production de l'acier primaire par réduction (H2 DRI) est beaucoup plus élevé que pour les autres modes de production à partir de carburants fossiles, et dépend fortement du coût des intrants énergétiques, pour lesquels d'autres régions du monde disposent d'un avan-tage comparatif.

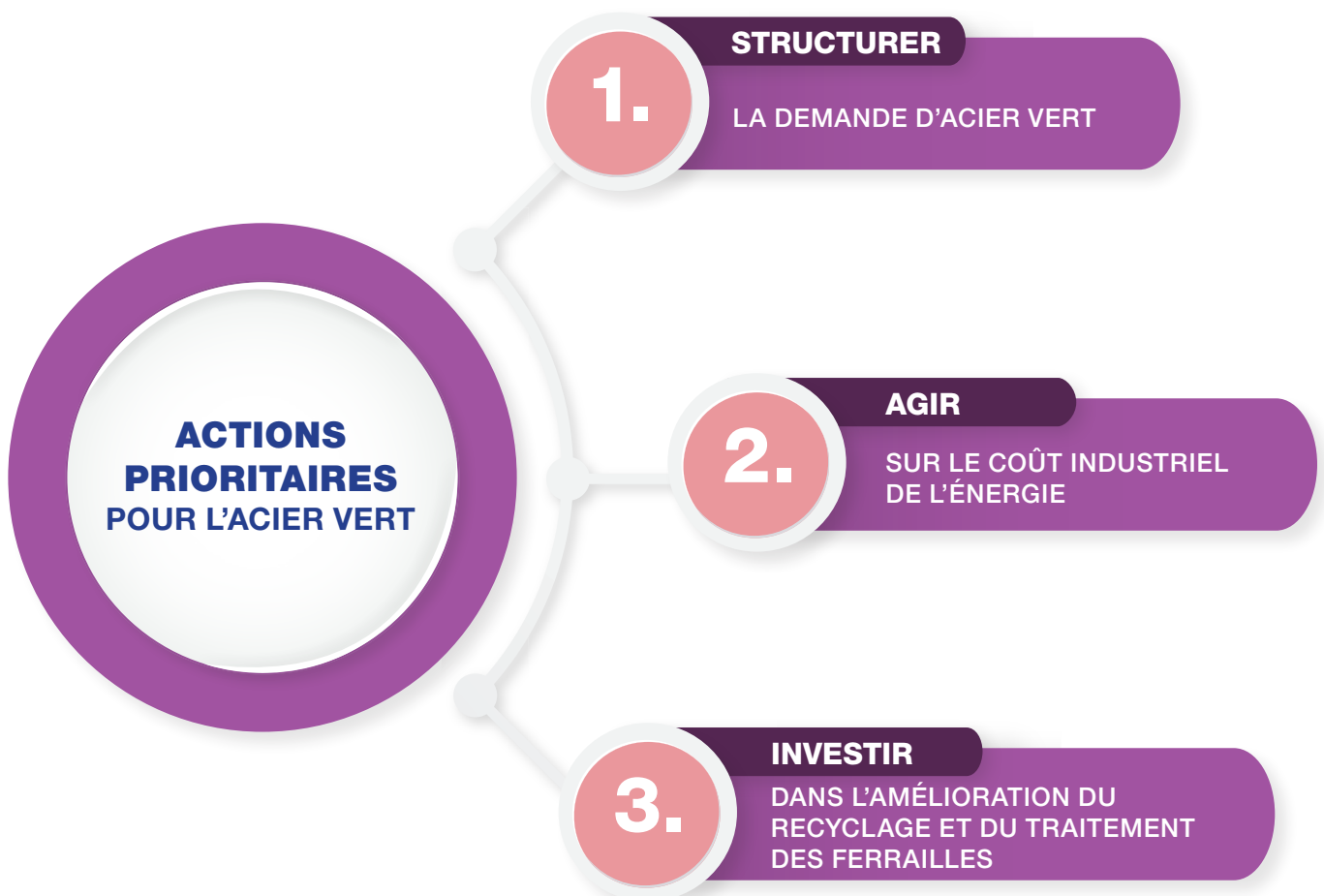
Les mesures de soutien à cette filière reposent sur des aides à l'investissement, mobilisées notamment *via* le plan France 2030 et les Certificats d'Économies d'Éner-gie (CEE), **et sur la tarification des émissions** (Système européen de quotas d'émissions – SEQE – et Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières – MACF). Si ce cadre a été jugé par le passé insuffisant par les groupements industriels pour soutenir davantage d'investissements dans la chaîne de valeur européenne, les récentes révi-sions du MACF, le renforcement des tarifs douaniers sur l'acier et la perspective d'une révision du SEQE en 2026 dans le cadre du Pacte Industriel Propre (Clean Industrial Deal) ont donné à certaines entreprises et investisseurs (notamment ArcelorMittal) une confiance suffisante pour commencer à avancer.

Les soutiens complémentaires apportés au secteur par le Plan d'action de l'UE pour l'acier et les métaux ainsi que par « l'Industrial Accelerator Act » renforcent cet accompagnement. Toutefois, le fait que cette dernière initiative se concentre sur la commande publique - laquelle favorise davantage l'acier secondaire (pour le secteur du bâtiment, par exemple) au détriment de l'acier primaire - interroge sur son impact réel sur la demande. Conjugée à la faiblesse des quotas d'acier vert dans les marchés publics et à l'exclusion de ce dernier des clauses « Made in Europe », cette orientation affaiblit la portée du signal envoyé par ce nouveau volet réglementaire, tout particu-lièrement pour la filière de l'acier primaire (DRI).

36. ArcelorMittal confirme la construction d'un four électrique à Dunkerque, un investissement de 1,3 milliard d'euros et une étape importante pour sa décarbonation, 10 février 2026.

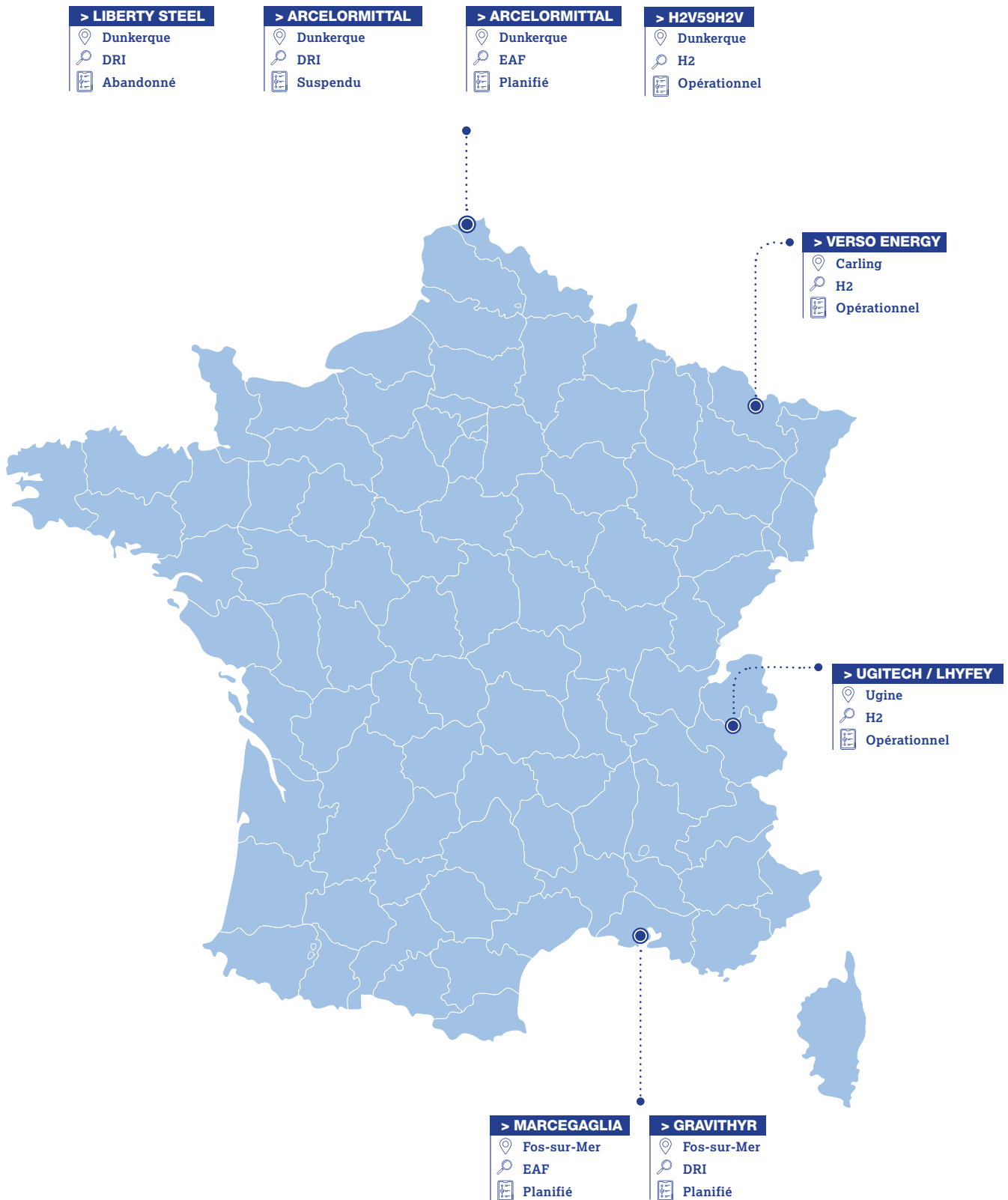
ACTIONS PRIORITAIRES POUR L'ACIER VERT

- 1 STRUCTURER LA DEMANDE D'ACIER VERT** en généralisant des standards bas-carbone obligatoires (à l'image de RE2020 avec des seuils maximaux d'empreinte carbone) dans les projets d'infrastructures nationaux, tout en plaidant au niveau européen pour que le cadre volontaire de l'IAA soit transformé en quotas obligatoires applicables en priorité aux secteurs du bâtiment et de l'automobile en tant que principaux débouchés de l'acier.
- 2 AGIR SUR LE COÛT INDUSTRIEL DE L'ÉNERGIE** en mobilisant l'ensemble des leviers disponibles (notamment les orientations de la PPE3 et les contrats CAPN d'EDF). Compte tenu des incertitudes quant à la capacité de ces outils à rendre l'acier DRI (à base d'hydrogène) compétitif, la période 2026-2027 doit être mise à profit pour activer tous les mécanismes de compensation permettant de réduire l'écart de prix entre l'acier vert et l'acier produit à partir de gaz naturel ou de charbon.
- 3 INVESTIR DANS L'AMÉLIORATION DU RECYCLAGE** et du traitement des ferrailles afin de garantir l'approvisionnement des fours à arc électrique (EAF) en acier de « haute qualité » (ou ferraille noble). Face au risque de pénurie mondiale de « ferraille noble », la R&I doit prioriser les technologies de tri de pointe (LIBS, IA). Couplée au règlement européen sur les transferts de déchets (Waste Shipment Regulation), cette stratégie structurera une filière garantissant la qualité et le volume des intrants indispensables à la croissance du secteur.



@I4CE_

2. Cartographie de la filière



A. La mutation d'une filière historique

Une filière économique en déclin. La filière sidérurgique, qui regroupe la production d'acier brut (par transformation de minerai ou recyclage de ferraille) et les activités de transformation en aval, connaît un recul depuis quelques années. La production d'acier brut a ainsi baissé de près de 40 % entre 2018 à 2024, passant de 18 Mt à 11 Mt. Ce recul s'explique par un ralentissement de la demande intérieure (moins de construction et d'équipements en infrastructures) et par une inversion de la position commerciale de l'Europe, dans un contexte à la fois de hausse des surcapacités mondiales, qui représentent plus de 4 fois la consommation annuelle de l'Europe³⁷, et de fortes subventions de la production chinoise³⁸. Ces baisses tendancielle ont été accentuées ces dernières années par des événements ponctuels notamment la vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement en minerais en 2020, et la crise de l'énergie en 2022. Ces défis auxquels la production d'acier est confrontée ont eu des conséquences importantes sur l'emploi de la filière, qui ne compte plus que 35 000 postes, soit près de 20 % de moins qu'il y a dix ans³⁹. Cette baisse s'explique en grande partie par celle observée dans le secteur de la production d'acier brut, qui concentre les deux tiers de la main d'œuvre.

Les enjeux de décarbonation portent essentiellement sur la production historique de produits plats par des hauts-fourneaux. La filière Haut-fourneau (BF) – Convertisseur (BOF)⁴⁰ assure aujourd'hui les deux tiers de la production d'acier brut en France⁴¹ et représente 96 % des émissions du secteur de la sidérurgie⁴². La voie de production d'acier brut, dit primaire, par les hauts-fourneaux a recours au charbon comme agent réducteur du minerai, et repose sur un procédé beaucoup plus émissif que l'autre voie de production, électrique, à base d'acier brut recyclé. La filière des hauts-fourneaux s'est spécialisée dans la production de produits plats, tandis que la filière électrique s'est spécialisée dans la production de produits longs, pour laquelle les exigences en termes de contamination par

d'autres métaux sont moins contraignantes, et qui est donc plus propice à l'incorporation de ferrailles post-consommation. C'est donc sur la filière des haut-fourneaux produits plats que portent aujourd'hui les principaux leviers de décarbonation profonde de l'acier⁴³ et c'est sur cette filière que nous nous concentrons dans cette étude.

La voie de la réduction directe couplée à l'électrosidérurgie est appelée à remplacer progressivement la filière historique des hauts-fourneaux. Réduire les émissions liées à la filière de production d'aciers plats nécessite de modifier deux éléments du procédé de production :

- 1 Utiliser un procédé de réduction directe à la place de la transformation du minerai de fer dans des hauts-fourneaux ;
- 2 Utiliser un four à arc électrique (qui permet un taux d'incorporation de ferrailles post consommation plus élevé⁴⁴) à la place du raffinage de la fonte avec des convertisseurs à oxygène.

La Stratégie nationale bas carbone prévoit de s'appuyer sur ces deux leviers de manière complémentaire pour remplacer progressivement la part de la production d'acier assurée actuellement par les hauts-fourneaux. Elle table ainsi sur une hausse de la production de la filière électrique de 2MT/an en 2030 par rapport à 2021 et la mise en place d'une production nouvelle par réduction directe de 3Mt/an en 2030⁴⁵.

À grande échelle, ces deux leviers ne sont pas exclusifs l'un de l'autre. D'une part, le gisement de ferraille mondial est a priori insuffisant pour répondre à l'ensemble des besoins en acier attendus uniquement *via* du recyclage⁴⁶, ce qui rend donc nécessaire le développement du procédé de réduction directe pour assurer une production d'acier primaire décarbonée. D'autre part, la production d'acier

37. Comité de l'acier de l'OCDE : 96^e session du Comité de l'acier : Déclaration de la présidence.

38. Voir France Stratégie, *Décarbonation de l'acier et des métaux de base : envoyons les bons signaux*, Note d'analyse n°149, janvier 2025. Voir aussi OCDE, *Perspectives de l'acier de l'OCDE 2025* (version abrégée), 2025.

39. Comparaison 2009-2019, estimation ADEME sur la base de données ACROSS-URSSAF.

40. Le haut-fourneau ne produit pas d'acier mais de la fonte (réduction du minerai au charbon), qui est ensuite affinée en acier dans le convertisseur.

41. Les émissions du secteur pourraient en partie baisser les prochaines années avec une production attendue au mieux stable. Le projet de Stratégie nationale bas-carbone 3 prévoit un niveau de production stable en 2025 et 2030 à 15Mt/an. Ce niveau de production correspond au scénario le plus allant envisagé par l'ADEME dans son plan de transition sectoriel pour l'acier (2024), qui explore également d'autres scénarios où la production pourrait chuter à 8Mt/an. Toutefois la seule baisse de la production ne sera pas suffisante pour atteindre les objectifs de décarbonation de la filière industrielle à l'horizon 2050.

42. ADEME, *Plan de transition sectoriel de l'industrie de l'acier en France*, 2024.

43. Concernant la filière électrique, qui a déjà des niveaux très élevés d'incorporation de ferrailles, le principal levier de décarbonation porte sur les étapes de laminage, aujourd'hui consommatrice de gaz naturel. Voir ADEME, *Étude du potentiel d'amélioration du recyclage des métaux en France*, 2023.

44. La filière sidérurgique intégrée française incorpore de 10 % à 15 % de ferrailles et pourrait, au moins théoriquement, envisager d'atteindre le seuil maximal théorique de 25 % (limites thermodynamiques du convertisseur). Voir ADEME, *Étude du potentiel d'amélioration du recyclage des métaux en France*, 2023.

45. Les hypothèses de la deuxième itération (« run 2 ») de la SNBC 3 font état d'une production de 9.8Mt d'acier vert en 2030 dont 6.8Mt par la voie électrique (contre 4.6Mt en 2021) et 3.0Mt par la voie de la réduction directe du fer (contre 0Mt actuellement). Voir Gouvernement, *Données du scénario Avec Mesures Supplémentaires 2024 à l'horizon 2030*, 2025.

46. France Stratégie, *Décarbonation de l'acier et des métaux de base : envoyons les bons signaux*, 2025.

primaire à partir de minerai vierge reste nécessaire pour respecter les contraintes techniques de certaines nuances de haute qualité (comme l'acier automobile), sensibles aux

impuretés métalliques des ferrailles recyclées⁴⁷. L'acier primaire répond à ces exigences, soit par usage direct, soit par incorporation des ferrailles en four électrique.

B. Plusieurs projets visent à transformer la partie amont de la chaîne de valeur

La transformation de la filière va passer par une « désintégration » de la filière. La transition de la filière intégrée repose sur le découplage de la réduction du fer et de l'élaboration de l'acier *via* le passage au DRI et au four à arc électrique (EAF). Ce nouveau schéma industriel permet de combiner de manière flexible ferrailles et fer pré-réduit (DRI) pour garantir la production de toutes les nuances d'acier, notamment les produits plats, sans altérer le portefeuille de produits des sites actuels.

Les sites de production existants privilégient le remplacement de hauts-fourneaux par des fours à arc électriques :

- Le site d'ArcelorMittal à **Dunkerque**, qui exploite actuellement trois hauts-fourneaux pour une production de 7 Mt/an, fait l'objet d'un projet d'envergure. Annoncé en 2022, ce dernier prévoit l'installation d'une unité de réduction directe (DRI) d'une capacité de 2 Mt/an (initialement à partir de gaz naturel, avec une trajectoire de transition vers l'hydrogène), couplée à deux fours à arc électrique et à une augmentation de la consommation de ferraille sur le site. À ce stade, la partie la plus avancée de ce projet concerne le premier four à arc électrique, qui a fait l'objet d'une décision finale d'investissement (FID) de 1,3 milliard d'euros en février 2026⁴⁸.
- À **Fos-sur-Mer**, ArcelorMittal prévoit l'installation d'un four à arc électrique, qui remplacerait l'un de ses deux hauts-fourneaux ; ce projet est en attente de décision finale d'investissement.

Le projet GravitHy présente un positionnement nouveau dans la chaîne de valeur. En complément des projets sur les sites existants, la France compte également un projet de création d'une unité de production de fer de réduction directe (DRI) d'une capacité de 2Mt/an à Fos-sur-Mer. Ce projet se distingue des sites de production existants : il prévoit d'intégrer sur site la production d'hydrogène, intrant nécessaire pour la réduction du minerai, mais, contrairement au modèle historique de filière intégrée, il n'intègre pas d'ac-

tivités de première transformation. La décision finale d'investissement concernant ce projet est attendue en 2026.

La production de HBI (*Hot Briquetted Iron*) - forme de fer pré-réduit compactée pour le transport - permet de découpler géographiquement la réduction du minerai de l'élaboration de l'acier. Outre les synergies locales à Fos-sur-Mer, GravitHy cible ainsi de nombreuses aciéries électriques (EAF) en Europe, illustrant l'émergence d'un marché « marchand » de fer bas-carbone. Parmi les clients potentiels de cette production, figure un autre projet situé à Fos-Sur-Mer, également en attente de décision finale d'investissement. Ce projet, porté par l'italien Marcegaglia, reprenneur d'un site existant, vise une capacité de production d'aciers longs de 2Mt/an d'ici 2028 avec l'installation d'un four à arc électrique. Ce site envisage de s'approvisionner en acier produit par réduction directe sur le site de GravitHy.

Ces projets exposent la production d'acier à des risques nouveaux que les porteurs de projets d'efforcent de contenir. En effet, les modes de production des projets envisagés en France impliquent des risques différents notamment en ce qui concerne l'approvisionnement :

- **Le passage à la filière électrique à dominante ferrailles se heurte à un risque de pénurie si la demande continue de croître.** Si la France est exportatrice nette de ferraille, les volumes captés par l'étranger réduisent la disponibilité domestique en « ferrailles nobles » (chutes industrielles), indispensables aux aciers plats de haute qualité en EAF. La contamination au cuivre des ferrailles de post-consommation limite leur recyclage pour l'automobile, tandis que la montée en puissance de hubs sidérurgiques EAF en Europe en 2026 accentue la concurrence et la « prime verte » sur les prix⁴⁹.
- **La réduction directe nécessite du gaz naturel ou de l'hydrogène - éventuellement produit sur site par électrolyse - ainsi qu'un minerai de fer à haute teneur (grade DR), plus pur que celui utilisé dans les hauts-fourneaux.**

47. Il existe toutefois des marges de progrès dans le traitement des ferrailles permettant de diminuer suffisamment leur taux de contamination. Gross et Hermine. *Car to car Steel. Potential of End-of-Life Vehicle deep-dismantling and use of copper depolluted steel scrap to decarbonize automotive flat steel production*. Institut des mobilités en transition, 2025.

48. La France compte également un projet de production d'acier par électrolyse directe, porté par ArcelorMittal et John Cockerill mais il s'agit d'une projet pilote que nous ne documentons pas ici.

49. Voir notamment Gérardin et Ferrière, *Décarbonation de l'acier et des métaux de base : envoyons les bons signaux*, 2025.

→ **En ce qui concerne le projet d'Arcelor Mittal à Dunkerque**, le risque sur l'approvisionnement en gaz naturel est mitigé par la présence d'un terminal méthanier, mais il reste soumis à d'importants aléas, notamment des variations de prix, dans un contexte géopolitique instable. Les perspectives d'approvisionnement en hydrogène, envisagé dans le cadre d'un partenariat avec un projet local de production d'hydrogène (porté par H2V) sont beaucoup plus incertaines, ce dernier projet étant suspendu.

→ **Concernant le projet GravitHy à Fos-sur-Mer**, les risques d'approvisionnement semblent plus contenus. L'approvisionnement en minerai riche devrait être assuré à court terme grâce à la signature d'un partenariat avec Rio Tinto. L'approvisionnement reste néanmoins un enjeu pour le moyen terme, les ressources mondiales en minerai de qualité étant limitées, inférieures aux projections de demande, et concentrées dans quelques pays qui l'exploitent déjà pour leur propre production⁵⁰. En ce qui concerne la production d'hydrogène, très consommatrice en électricité, l'État soutient que les ressources en électricité décarbonée au niveau national resteront suffisantes pour la production d'hydrogène à l'horizon 2030-2035⁵¹. En outre, le statut de Projet national d'intérêt majeur octroyé par les autorités au projet GravitHy prévoit un accès prioritaire au raccordement électrique⁵². Le projet est néanmoins situé dans une zone où la demande future pourrait être importante, et où les projets d'extension de l'approvisionnement électrique font débat⁵³. Concernant l'approvisionnement en eau, la situation du site en embouchure de fleuve devrait assurer une bonne disponibilité de la ressource.

Les risques liés à la maîtrise technologique sont inégaux selon les leviers de décarbonation. Ils sont faibles pour les fours à arc électrique, qui sont une technologie mature. En revanche, la technologie de réduction directe couplée à l'hydrogène n'est pas encore complètement mature⁵⁴, et les projets lancés en France devront vraisemblablement passer par une phase d'apprentissage.

Les perspectives de financement varient selon les projets. Qu'il s'agisse des fours à arc électrique ou des unités de réduction directe, ces équipements sont coûteux et ont une longue durée de vie ; ils constituent donc des investissements qui nécessitent un certain niveau de confiance quant à leur rentabilité dans la durée. Les structures de financement des projets développés en France font qu'ils n'ont pas tous la même dépendance à des financements externes. Ainsi, le récent projet d'installation de four à arc électrique par l'Italien Marcegaglia devrait être entièrement financé sur capitaux propres. Le projet d'ArcelorMittal dans le Nord repose sur un soutien public conséquent, la décision finale d'investissement étant soutenue à hauteur de 50 % par des fonds provenant des fournisseurs d'énergie, mobilisés *via* le dispositif des Certificats d'Économies d'Énergie (CEE). Quant au projet de GravitHy, il ne semble pas bénéficier d'apports en capitaux propres importants, et sera davantage exposé à la nécessité de convaincre des investisseurs externes dans le cadre d'un financement sur projet.

50. Les deux premiers producteurs de minerai permettant une réduction directe sont l'Inde et l'Iran (64 % de la production mondiale) mais ce sont aussi les premiers producteurs d'acier par voie DRI. Voir Armijo, *Decarbonizing steel production Is hydrogen the only lever?*, Zenon Research, 2025. Il existe des alternatives à ce minerai riche mais qui sont coûteuses. Voir notamment France Stratégie, *Les coûts d'abattement Partie 7 – Acier. Rapport de la commission présidée par Patrick Criqui*.

51. Gouvernement, *Stratégie nationale hydrogène décarboné 2025*, 2025.

52. En outre, les perspectives de stocker de l'hydrogène dans une cavité saline à Manosque (projet pilote en cours) pourraient offrir de la flexibilité en ce qui concerne la consommation électrique. L'utilisation de ce site risque toutefois d'être en compétition avec d'autres usages, tels que la production de carburants de synthèse. ADEME, *Plan de transition sectoriel de l'industrie de l'acier en France*, 2024.

53. Le Monde, « En Camargue, le tracé de la ligne à très haute tension vers Fos-sur-Mer unit contre lui élus, agriculteurs, écologistes et acteurs économiques », décembre 2024.

54. Des gains d'efficacité sont à attendre encore sur la filière DRI-H2, réduction possible de la taille de la cuve nécessaire et donc des coûts d'investissement et incertitude sur l'intensité de l'utilisation d'h2 pour la production allant du simple au double. Voir Armijo, *Decarbonizing steel production Is hydrogen the only lever?*, Zenon Research, 2025.

C. Ces projets de transformation sont freinés par les fortes incertitudes entourant la demande d'acier, et notamment d'acier vert

Les perspectives en termes de demande auxquelles font face les producteurs français sont à la fois peu dynamiques et incertaines. Les projections pour l'acier prévoient plutôt une baisse ou une croissance limitée de la demande. Ainsi, le Plan de transition sectoriel de l'ADEME présente trois scénarios où la demande d'acier varie de -20 % à +6 % à horizon 2050. Dans l'ensemble de ses scénarios, l'ADEME s'attend à un recul de la demande en provenance du secteur du bâtiment et de la production d'énergie, et dans deux scénarios, à une baisse de la demande dans le secteur des transports. En outre, la production locale devrait continuer de pâtir d'une conjonction de facteurs limitant les débouchés à la fois sur le marché intérieur et à l'export : ceux-ci incluent le renforcement des surcapacités de production, les importantes subventions chinoises⁵⁵ et les droits de douanes américains.

À l'inverse de la production d'acier par four à arc électrique, la production d'acier par réduction directe est encore peu compétitive. La production d'acier par four à arc électrique est aujourd'hui le procédé de production le plus compétitif et les projets de remplacement

de hauts-fourneaux par ce procédé devraient ainsi permettre de réduire les coûts de production de l'acier en France. En revanche, le procédé de production primaire par réduction directe est le plus onéreux. Si le mécanisme de tarification carbone pourrait permettre de combler l'écart de coût pour les procédés utilisant du gaz fossile comme agent réducteur, même couplé avec un système de CCS, il semble insuffisant pour combler l'écart de coût d'une production utilisant de l'hydrogène vert, dont le coût de fabrication demeure très élevé⁵⁶.

En l'état actuel du marché, les perspectives de rentabilité des projets de DRI en France sont donc peu favorables et incertaines : il n'existe pas aujourd'hui de marché et de prix de référence pour de l'acier produit par DRI. Les mesures existantes ne permettent pas pour l'instant de faire émerger un marché spécifique pour l'acier vert, pour lequel des acteurs seraient prêts à payer un prix plus élevé. Quant aux métriques utilisées pour mesurer le contenu carbone d'un acier, elles sont de nature à diriger la demande de préférence sur l'acier recyclé plutôt que sur l'acier primaire vert.

3. Environnement institutionnel

Les objectifs de décarbonation de la filière se sont progressivement précisés. Au niveau national, la SNBC2 adoptée en 2020 ne proposait qu'un objectif de décarbonation à l'échelle de l'ensemble des activités industrielles. Entre 2021 et 2022, les représentants des filières, le ministère de l'économie et celui de l'écologie se sont mis d'accord sur de premiers objectifs pour la filière Mines et métallurgies⁵⁷ dans le cadre des Contrats stratégiques de filière et des Feuilles de routes (réduction des émissions de 32 % en 2030), et du soutien apporté par France Relance. Ces objectifs ont été confirmés dans les Contrats de transitions écologiques, signés entre les sites de production et l'État en 2023 dans le cadre du programme d'investissement de France 2030. Ces derniers permettent de définir plus précisément les responsabilités des diffé-

rents acteurs d'une filière industrielle diffuse : ils précisent, site par site, des objectifs de réduction d'émissions, les changements pour y parvenir et le soutien apporté par l'État, conditionné au respect de ces objectifs.

Le projet de SNBC 3 détaille des objectifs de capacité de production d'acier à horizon 2030. Ils reposent sur une baisse progressive de l'activité des hauts fourneaux, compensée par une hausse de la production de la filière électrique et l'émergence d'une production en réduction directe. En complément de ces objectifs, la Programmation pluriannuelle de l'énergie ou la Stratégie nationale hydrogène (mise à jour en 2025) visent à assurer la fourniture des ressources nécessaires aux nouveaux procédés de production à développer⁵⁸. En parallèle, au

55. Voir OCDE, *Perspectives de l'acier de l'OCDE 2025 (version abrégée)*, 2025.

56. Pour une comparaison des prix de production, voir Gérardin et Ferrière, *Décarbonation de l'acier et des métaux de base : envoyons les bons signaux*. Un prix de l'hydrogène livré (tenant compte des coûts de stockage et de transport) de 2\$/kg semble faire consensus pour constituer un plafond de compétitivité pour la production d'acier, alors que les prix observés sont de l'ordre de 5\$/kg aujourd'hui. Armijo, *Decarbonizing steel production Is hydrogen the only lever?*, Zenon Research, 2025.

57. Qui regroupe aussi la production d'aluminium.

58. La SNH ne couvre pas directement les projets de production d'acier mais elle peut néanmoins contribuer à soutenir cette activité : avec le développement d'une expertise et d'un savoir-faire (aide notamment via le soutien à l'emploi et aux compétences) sur un intrant clé pour la réduction directe ; en diminuant le coût de l'hydrogène, un des premiers poste de dépenses pour la production d'acier par réduction directe, avec le développement prévu d'infrastructures de stockage et de transport, permettant d'offrir des flexibilités sur les moments de production d'hydrogène et de s'adapter aux contraintes du réseau électrique.

niveau européen, la Commission a publié début 2025 une feuille de route pour la transition de l'industrie des métaux (« Transition Pathway » et « Steel and Metals Action Plan »). Le règlement sur l'accélération de l'industrie (IAA) qui en découle propose un objectif global assez vague, prévoyant que l'industrie manufacturière représente au moins 20 % de la valeur ajoutée brute de l'Union d'ici 2035. Cependant, malgré la proposition d'un ensemble de mesures de soutien à la chaîne de valeur de l'acier (*voir ci-dessous*), ce texte ne fixe aucun objectif sectoriel spécifique. Concernant la production d'hydrogène renouvelable, la Commission a fixé des objectifs de production d'hydrogène à horizon 2030⁵⁹. Si le calibrage de ces objectifs est débattu⁶⁰ ils ont toutefois permis d'envoyer un signal sur les ambitions de développer la production européenne.

Les sites de production existants bénéficient d'une variété d'aides nationales soutenant à la fois l'exploitation courante et les investissements de décarbonation. Le soutien à la production actuelle se concentre principalement sur les prix de l'énergie, un poste qui a fortement augmenté ces dernières années. Depuis 2014, le gouvernement a mis en place un mécanisme permettant de compenser partiellement le coût des quotas carbone (SEQUE) répercuté dans les prix de l'électricité.

Les producteurs d'acier ont également accès à d'autres dispositifs de soutien public. À titre d'exemple, ArcelorMittal bénéficie depuis 2022 d'aides spécifiques destinées à aider les industries énérgo-intensives à faire face à la flambée des prix ; en 2023, ces aides représentaient 195 millions d'euros. Bien que ces aides de crise soient en cours de suppression progressive, elles ont été remplacées par le Contrat d'Allocation de Production Nucléaire (CAPN) *via* EDF, qui alloue une part de la production du parc nucléaire à ArcelorMittal pour une durée de 18 ans, sécurisant ainsi un approvisionnement stable. Le groupe bénéficie également d'aides horizontales plus larges, telles que des allègements de cotisations sociales (40 M€ en 2023) et le Crédit d'Impôt Recherche (CIR) pour ses activités de R&D (35 à 40 M€ par an).

Une étape décisive a été franchie le 10 février 2026 avec la confirmation par ArcelorMittal d'un investissement de 1,3 milliard d'euros à Dunkerque. Ce projet bénéficie d'un soutien public couvrant 50 % du montant total, encadré par le plan France 2030 et mobilisé notamment *via* les Certificats d'Économies d'Énergie (CEE) - un dispositif qui oblige les fournisseurs d'énergie à financer des travaux d'efficacité énergétique chez leurs clients en

échange de crédits permettant d'atteindre les objectifs nationaux d'économies d'énergie. Le déboursement effectif reste conditionné à l'avancement du chantier et au respect des objectifs de décarbonation à l'horizon 2029. À Fos-sur-Mer, la modernisation est plus avancée : le four poche, soutenu à hauteur de 15 millions d'euros par le Plan de relance, est désormais opérationnel et contribue déjà à l'augmentation de la part de recyclage de ferraille.

Le soutien financier public pour le projet d'implantation d'un site de production de DRI et d'hydrogène est à ce stade, limité. Le projet de GravitHy à Fos-sur-Mer bénéficie d'une aide « première usine », de quelques millions d'euros ans le cadre de France 2030 et du statut de Projet national d'intérêt majeur qui lui permet un raccordement prioritaire au réseau électrique. Le projet n'a pas bénéficié directement des différents dispositifs déployés en soutien à l'hydrogène au niveau national (appels à projet nationaux de soutien à l'émergence d'une filière⁶¹) et européen (la Banque de l'Hydrogène, qui soutient la production *via* des enchères à prime fixe, bien qu'il soit positionné pour en bénéficier en 2026⁶²). Ces dispositifs couvrent différents usages de l'hydrogène, dont la décarbonation de l'industrie, mais ils ont pour l'instant principalement bénéficié à des installations liées à des usages dans la mobilité. Toutefois, GravitHy pourrait bénéficier indirectement des aides nationales pour le développement d'un réseau local de transport et de stockage d'hydrogène, ou de la clarification européenne de la définition de l'hydrogène « bas-carbone » incluant la chaleur nucléaire⁶³.

59. RepowerEU 2022.

60. Voir European Court of Auditors, *The EU's Industrial Policy on Renewable Hydrogen*, 2024.

61. Liée au PIEEC hydrogène lancé en 2020.

62. La troisième enchère de ce dispositif doit être lancée d'ici fin 2025. Selon les termes provisoires de l'enchère, 1 milliards d'euros de soutien devraient être alloués avec une répartition qui ne cible pas spécifiquement l'industrie ou l'acier : 400 M€ pour les carburants renouvelables d'origine non biologique à l'h2 (RFNBO-H2) ou l'H2 par électrolyse, 400M€ spécifiquement pour les RFNBO-H2 et 200 M€ spécifiquement pour les usages maritimes.

63. Voir l'Acte Délégué adopté en 2025.

► ENCADRÉ 2 : SOUTIEN À L'ACIER VERT AU NIVEAU DE L'UE

Dans le cadre du Clean Industrial Deal, la Commission a prévu des outils pour soutenir la décarbonation de l'industrie, notamment celle de l'acier, qui ne sont pas encore déployés. Il s'agit par exemple d'un appel Horizon Europe de 600 M€ pour financer des projets prêts à être déployés, et de la Banque de décarbonation industrielle, prévue à la mi-2026, et qui est une déclinaison du Fonds pour l'innovation⁶⁴ ; celle-ci doit aider des projets de décarbonation de processus de production à passer à l'échelle dans plusieurs secteurs clés. Ce dernier dispositif pourrait bénéficier à des projets d'installation d'unités de réduction directe d'acier.

Au-delà de ces financements, certaines innovations réglementaires à l'échelle européenne soutiendront également le secteur en France. L'entrée en vigueur en 2026 du Règlement relatif aux transferts de déchets limitera l'exportation de ferrailles vers les pays non-membres de l'OCDE, afin de sécuriser l'approvisionnement local. Parallèlement, l'extension du MACF (Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières) aux produits transformés renforce sa capacité à prévenir les fuites de carbone, décourageant ainsi les producteurs en aval d'utiliser de l'acier à haute intensité carbone hors d'Europe.

Le Règlement sur l'accélération de l'industrie (« Industrial Accelerator Act » ou IAA), proposé en mars 2026, facilite les procédures d'autorisation pour les installations d'hydrogène et de réduction directe (DRI). Toutefois, contrairement aux attentes initiales, la création d'un label « acier vert » n'a finalement pas abouti. Si l'IAA instaure des quotas d'incorporation de 25 % d'acier bas-carbone dans la commande publique, l'efficacité de ce seul levier pour stimuler la demande - en particulier pour l'acier primaire - reste incertaine. Enfin, l'exclusion de l'acier des clauses « Made in Europe » prévues par le texte affaiblit la portée du signal envoyé aux producteurs européens.

Enfin, le « Paquet Réseaux » (« Grids Package »), publié en décembre 2025, propose une série de mesures pour faciliter et soutenir le raccordement au réseau électrique.

Si la troisième programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE3), dévoilée le 12 février 2026, apporte une visibilité accrue sur la disponibilité massive d'énergie décarbonée (objectif de 650 TWh d'ici 2035), la question de la visibilité sur les prix finaux et partant, de la compétitivité de la production d'acier primaire, reste entière. Pour avoir une production d'acier DRI H2 compétitif il est considéré qu'il faut un prix de l'hydrogène de l'ordre de 2\$/kg⁶⁵ soit, un prix de l'électricité autour de 36€/MWelec⁶⁶.

Bien que la PPE3 réaffirme le soutien stratégique aux zones industrielles bas-carbone (ZIBAC) de Dunkerque et Fos-sur-Mer, les dispositifs existants ne semblent pas encore permettre de garantir un approvisionnement à ce prix cible. GravitHy a signé une lettre d'intention ferme avec EDF en vue de la signature d'un

Contrat d'approvisionnement de production nucléaire⁶⁷ dont les tarifs contractuels restent confidentiels, bien que l'accord-cadre entre l'État et EDF fixe un prix moyen cible de référence d'environ 70 €/MWh pour la production nucléaire à partir de 2026.

En complément de ce contrat de long terme, la PPE3 confirme que la compétitivité du site reposera sur deux autres piliers : le mécanisme d'interruptibilité⁶⁸ et le mécanisme de compensation carbone des coûts indirects⁶⁹. Ce dernier, qui permet une réduction cruciale des coûts, est toutefois censé prendre fin en 2030 - soit peu de temps après l'entrée en fonction attendue du site - ce qui demeure une source d'incertitude majeure, malgré les clauses de révision prévues par la Commission à l'horizon 2026.

64. Une version pilote de cet outil est lancée pour un montant de 1Md€ mais il se concentre sur la chaleur industrielle (Innovation Fund IF25 Heat Auction).

65. Armijo, *Decarbonizing steel production Is hydrogen the only lever?*, Zenon Research, 2025.

66. En supposant un rendement des électrolyseurs de l'ordre de 56 kWhélec/kgH2 comme dans la stratégie nationale hydrogène II

67. Ces contrats prennent la suite du dispositif de l'Accès Régulé à l'Électricité Nucléaire Historique qui prend fin en 2025 et proposait notamment un prix fixe. Ils visent à assurer aux investisseurs à partir de 2026 une visibilité sur leur approvisionnement en énergie (durée de couverture de 10 à 15 ans) et des tarifs préférentiels tout en partageant une part des aléas des coûts de production d'électricité.

68. Pour une réduction du coût d'approvisionnement de l'ordre de 4 à 8 €/MWh.

69. Ce mécanisme approuvé apporte une aide liée au prix du quota carbone. Pour un prix de 100 €/tCO₂e, il permet de faire baisser la facture d'électricité de l'ordre de 30 €/MWh.

4. Recommandations

Si le cadre stratégique (IAA, PPE3, Règlement sur les transferts de déchets) est désormais bien avancé, il demeure largement incitatif. Le défi pour l'État français est de transformer cette architecture en un système opérationnel capable de lever les derniers verrous de rentabilité avant les décisions finales d'investissement (DFI), en particulier pour les projets de réduction directe (DRI).

1. Passer de la labellisation à la structuration de la demande

La prochaine phase de structuration de la demande d'acier vert français nécessite un durcissement des critères de la commande publique. En réponse au caractère non contraignant de l'IAA, la France devrait généraliser des standards de type RE2020 (seuils carbone maximum) à l'ensemble des grands projets d'infrastructure nationaux, créant ainsi un débouché garanti pour l'acier DRI local.

La commande publique ne représentant qu'une part de la demande, une action envers le secteur privé aurait un impact majeur. Toutefois, instaurer des quotas ou des mandats unilatéraux au niveau national est impossible, car cela constituerait une entrave technique aux échanges au sein du marché unique. À terme, si le renforcement des marchés publics écologiques porte ses fruits, l'État pourra plaider au niveau européen pour transformer les labels volontaires en quotas européens obligatoires d'incorporation d'acier vert pour les fabricants (automobile, bâtiment, etc.). Cela permettrait de décorréler une part importante du marché des fluctuations du prix du carbone.

2. Transformer le choc d'offre de la PPE3 en compétitivité prix

La PPE3 a clarifié la disponibilité des volumes (650 TWh), mais le « pont financier » vers l'objectif de 36 €/MWh n'est pas encore opérationnel. Si les prix du nucléaire sont attendus autour de 70 €/MWh en 2026, les tarifs CAPN restent le principal obstacle pour la filière DRI-H2.

En 2026, la « boîte à outils » comporte plusieurs options pour combler cet écart (PPE3, CISAF, « Grids Package », aides France 2030), et l'arrivée de la Banque de décarbonation industrielle attendue plus tard dans l'année en ajoutera une nouvelle. Cependant, chaque outil est géré par une entité différente (Bercy pour la fiscalité, le Ministère de l'énergie pour la PPE, la CRE pour les tarifs réseaux et EDF pour les contrats CAPN). Sans une coordination chirurgicale, ces outils ne s'aligneront pas d'eux-mêmes pour atteindre le prix cible par MWh.

3. Transformer le gisement de ferraille en levier de souveraineté et de qualité

Le passage à l'acier vert a fondamentalement redéfini le statut de la ferraille : elle n'est plus un déchet industriel, mais une pierre angulaire de l'économie circulaire. Si le règlement européen sur les transferts de déchets (WSR) de 2026 a permis de sanctuariser les volumes en freinant les exportations vers les pays hors-OCDE, un « piège de la qualité » massif persiste.

La France se trouve aujourd'hui face à un véritable mur d'approvisionnement : la « ferraille noble » devient un goulot d'étranglement stratégique. Sans un changement radical dans la manière dont la France traite cette ressource, la transition vers les fours à arc électrique restera tributaire d'importations de fer primaire coûteuses et énergivores, utilisées pour diluer les contaminants qui n'ont pas été détectés lors du tri.

Pour briser cette dépendance, la France doit pivoter d'une simple collecte de ferraille vers une « pré-production » de haute technologie. En s'appuyant sur des projets pilotes réussis comme celui de Constellium dans le secteur de l'aluminium, la France devrait concentrer ses financements de R&I sur le déploiement de la spectroscopie de claquage induit par laser (LIBS) et de la reconnaissance d'images par IA. Ces technologies permettent d'éliminer chirurgicalement le cuivre et les autres impuretés (tramp elements) qui dégradent actuellement la qualité de la ferraille.

Conjuguée aux mesures commerciales du WSR, cette approche doit s'intégrer dans une stratégie française concertée pour éviter le gouffre d'approvisionnement qui menace la viabilité à long terme de l'acier produit par four électrique.

→ POUR GARANTIR L'UTILISATION CONCERTÉE DE CES OUTILS, LA FRANCE DOIT ÉTABLIR UNE « TASKFORCE EXÉCUTION ACIER VERT ».

La mission de cette Taskforce serait de piloter l'empilement des dispositifs (CAPN + compensations indirectes + réductions TURPE + interruptibilité) site par site. Si l'empilement des aides ne permet pas d'atteindre le seuil de rentabilité, la Taskforce pourrait avoir le mandat d'activer des mesures correctrices d'urgence, telles qu'un complément de prix *via* un « CfD de transition ».

Avec Dunkerque et Fos-sur-Mer identifiés comme PNIM, cette taskforce (qui pourrait être rattachée au Secrétariat Général à la Planification Écologique sous l'autorité directe du Premier Ministre) devrait également être impliquée dans le suivi des projets de décarbonation de l'acier sur le terrain, veiller à l'application stricte des délais de l'IAA concernant les procédures d'autorisation, et publier des rapports

réguliers sur les goulots d'étranglement et les retards. Cette taskforce pourrait également constituer l'espace idoine pour faciliter les contrats d'achat à long terme (*off-take agreements*) entre les sidérurgistes et les grands donneurs d'ordres nationaux (SNCF, constructeurs automobiles), afin de rendre les projets « bancables » en garantissant un carnet de commandes stable sur 10 ans.

CARBURANTS DE SYNTHÈSE (ESAF)

1. Vue d'ensemble

Le secteur aéronautique français se trouve à un moment charnière, dont l'issue déterminera si la France s'impose comme leader mondial des technologies propres et chaîne de valeur associée dans l'aviation, ou si elle cède cet avantage à d'autres. Dans un contexte géopolitique instable, marqué par la volatilité des approvisionnements énergétiques et une compétition industrielle accrue, cette question dépasse le seul enjeu climatique : elle engage également la sécurité énergétique et technologique de la France. Ancrée autour d'Airbus, Air France, Safran et Thales et d'un écosystème dense de fournisseurs, la filière aéronautique génère des emplois importants et constitue un pilier de cette souveraineté.

Néanmoins, le secteur est confronté à un défi de décarbonation à la fois urgent et structurellement complexe : l'aviation représente actuellement 2 à 3 % des émissions mondiales de CO₂ (environ 5 % en Europe)⁷⁰, alors que la demande progresse plus vite que les gains d'efficacité énergétique ne peuvent la compenser⁷¹. Selon l'IEA, le trafic aérien devrait croître de 3 % par an dans le contexte réglementaire et fiscal actuel, et de 2 % par an même dans un scénario de neutralité carbone⁷², ce qui pourrait conduire à un doublement du trafic en 2037 par rapport à 2017, et potentiellement à un triplement de la part des émissions de CO₂ liées à l'aviation d'ici 2050 par rapport à 2015⁷³. Il convient de noter qu'une fois pris en compte

les effets liés aux gaz à effet de serre autre que le CO₂ (traînées de condensation, NOx et autres effets), l'empreinte climatique totale de l'aviation pourrait être jusqu'à trois fois plus importante que ne le suggèrent les données relatives au CO₂⁷⁴.

Les carburants d'aviation durables (CAD, ou SAF en anglais) constituent la seule voie technologique crédible pour décarboner l'aviation à court et moyen terme⁷⁵. Contrairement à l'hydrogène ou à la propulsion électrique, qui nécessiteraient une refonte totale des avions et des infrastructures, les SAF sont chimiquement quasi-identiques au kérosène fossile conventionnel, compatibles avec les flottes existantes^{76,77}, et permettent de réduire les émissions sur l'ensemble du cycle de vie de 80 à 90 %^{78,79}. Ils peuvent être incorporés dès aujourd'hui dans le kérosène fossile, sans modification significative des moteurs, des appareils ou des infrastructures de distribution. La production de SAF se décline en deux grandes familles : les **bioSAF**⁸⁰, issus de la biomasse, qui dominent la production actuelle ; et les **eSAF**, carburants de synthèse, produits à partir d'électricité renouvelable ou bas-carbone, d'hydrogène électrolytique (renouvelable ou bas-carbone) et de CO₂ biogénique ou atmosphérique capté⁸¹. Entre ces deux familles, les voies **ebioSAF**⁸² combinent intrants biogénique et hydrogène vert, et sont éligibles aux exigences pour les eSAF ; par souci de clarté, elles sont traitées comme des carburants de synthèse dans le présent rapport.

70. En France, les émissions de CO₂ de l'aviation civile se rapprochent des niveaux d'avant-pandémie, avec 22,1 Mt en 2024 (en hausse de 4 % par rapport à 2023). Voir Ministère chargé des transports (DGAC), Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2024, 2025.

71. Voir IEA, Aviation, 2026.

72. Cité selon Shift Project et Aéro Décarbo, *Pouvoir voler sans pétrole : Quel approvisionnement énergétique pour le secteur aérien ?*, 2026.

73. Commission européenne, sur la base d'ICAO.

74. Voir Future Cleantech Architects, *The Basics & The Gaps in Aviation, 2023* ; Kunkel & López de la Osa García, Observatoire international des e-fuels 2025 ; et T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025*.

75. T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025*.

76. EASA, *What are Sustainable Aviation Fuels ?*

77. En 2023, un vol Virgin Atlantic a réalisé le premier vol transatlantique avec 100 % de SAF .

78. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025* sur la base de Ueckerdt et al., *Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation, 2021*.

79. Pour qu'un carburant de synthèse soit conforme à la réglementation européenne, il doit démontrer une réduction des émissions de gaz à effet de serre d'au moins 70 %.

80. Les bioSAF recouvrent un spectre de filières aux maturités très différentes. Les bioSAF de première génération, notamment les HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), produits à partir d'huiles et graisses usagées, sont commercialement disponibles aujourd'hui et constituent l'essentiel de l'offre actuelle, mais font face à des contraintes structurelles d'approvisionnement. Les biocarburants avancés, issus de résidus agricoles et forestiers, représentent une filière distincte dont les intrants sont davantage disponibles en Europe – mais font face à des conflits d'usage de sol avec l'alimentation et la santé des sols.

81. Contrairement au CO₂ fossile issu de réservoirs géologiques, le CO₂ biogénique issu de la biomasse récente permet de recycler le carbone atmosphérique, ce qui se traduit par une réduction des émissions sur l'ensemble du cycle de vie de 80 à 90 % par rapport au kérosène. Voir Shift Project et Aéro Décarbo, *Pouvoir voler sans pétrole : Quel approvisionnement énergétique pour le secteur aérien ?*, 2026, pp. 18-20.

82. Les eBioSAF combinent une source de carbone biogénique avec de l'hydrogène vert pour produire un carburant synthétique via des procédés de type power-and-biomass-to-liquid (PbTL). Éligibles au sous-mandat eSAF de ReFuelEU, ils occupent une place dans le développement de la filière, notamment en France.

Si les bioSAF dominent la production actuelle (plus de 98 % de l'offre mondiale⁸³) et seront incontournables pour respecter les premiers mandats SAF, ils se heurtent à des contraintes intrinsèques liées à la disponibilité limitée de la biomasse durable, ce qui restreint structurellement leur capacité à monter en charge. Leur développement repose en outre largement sur des intrants importés⁸⁴, ce qui limite leur contribution à l'indépendance énergétique. Les eSAF, en revanche, peuvent en principe croître au rythme de l'énergie bas-carbone et des ressources en carbone biogénique ou capté disponibles, dont il existe déjà d'importants gisements préexistants. Au-delà de leur potentiel à fournir à terme des volumes importants, ils constituent une source de carburant véritablement souveraine et « produite à domicile » : dans un contexte de chocs géopolitiques pesant sur les chaînes d'approvisionnement pétrolières, cette filière représente un levier stratégique majeur pour sécuriser notre indépendance énergétique. Bien qu'ils coûtent actuellement trois à dix fois plus cher que le kérosène fossile (selon des estimations de prix très divergentes)⁸⁵ et deux à trois fois plus que les bioSAF, leur valeur doit s'évaluer à l'aune de leur potentiel de mise à l'échelle et de cette contribution à la résilience nationale.

Les SAF représentent actuellement une part marginale de la consommation mondiale des carburants pour l'aviation, mais cette situation évolue rapidement sous l'impulsion d'un environnement réglementaire porteur⁸⁶. La France a été pionnière en la matière, en adoptant dès 2021 une feuille de route nationale fixant des objectifs volontaires d'incorporation de 2 % en 2025 et de 5 % en 2030, complétés par des mandats contraignants *via* la filière carburacteur de la TIRUERT⁸⁷. Ces ambitions nationales ont directement alimenté le règlement européen « ReFuelEU Aviation », adopté en 2023 et en vigueur depuis 2024. Ce règlement remplace et harmonise les objectifs des États membres, en imposant des obligations d'incorporation contraignantes, progressant de 2 % en 2025 à 70 % d'ici 2050. Ce qui confère au règlement européen une singularité à l'échelle mondiale (partagée uniquement avec le Royaume-Uni)⁸⁸ est l'instauration d'un sous-mandat spécifique pour l'incorporation des eSAF : à partir de 2030-2031, ceux-ci

devront représenter 1,2 % du carburant approvisionné dans les aéroports de l'UE, avant de passer à 5 % en 2035 et à 35 % en 2050. Si des obligations SAF émergent aux quatre coins du monde⁸⁹, aucun autre marché ne dispose d'un cadre réglementaire aussi spécifiquement favorable aux eSAF ; en théorie, le sous-mandat de ReFuelEU envoie un signal de demande très fort pour les carburants d'aviation synthétiques, fournissant l'incitation réglementaire nécessaire pour déclencher des investissements dans une filière encore naissante.

La réponse à ReFuelEU a été saisissante. À la suite de son adoption, le nombre de projets eSAF annoncés en France et leur capacités cumulées ont doublé en l'espace d'une seule année (2024-2025)⁹⁰. L'Europe est aujourd'hui en tête en termes du nombre de projets en développement, avec 41 projets à grande échelle – définis comme ayant une capacité de production supérieure à 10 000 tonnes d'eSAF par an – représentant environ plus de 60 % des capacités planifiées à l'échelle mondiale⁹¹. La France seule représente environ 30 % des projets européens en volume et en nombre, loin devant tout autre pays et à égalité avec la Chine. Si tous les projets français venaient à se concrétiser, la France pourrait en théorie disposer d'une capacité suffisante pour satisfaire à elle seule l'intégralité du mandat eSAF de l'UE pour 2030⁹² – hypothèse peu probable, mais signe frappant d'une ambition industrielle dans les technologies propres. À plus long terme, dans des hypothèses de coûts favorables, les eSAF pourraient représenter 25 à 75 % de la production mondiale de SAF d'ici 2040, selon les estimations de l'IATA⁹³.

Ce leadership n'est toutefois pas acquis. En dépit de l'avance prise, aucun projet européen n'a encore franchi l'étape de la décision finale d'investissement (DFI)⁹⁴. La production d'eSAF requiert des investissements initiaux considérables – 1 à 2 milliards d'euros par installation à grande échelle – et donc d'importants besoins de financement en fonds propres et en dette. Or, pour accéder à ces financements, les porteurs de projet doivent démontrer la viabilité du modèle économique de leurs

83. EASA, ReFuelEU Aviation Annual Technical Report 2025, 2025.

84. L'évaluation réalisée en 2025 par l'EASA concernant la mise en œuvre de ReFuelEU montre que 69 % des matières premières utilisées pour la production de carburants durables fournis à l'UE provenaient de pays tiers, la Chine représentant 38 % de ce total et la Malaisie 12 %. Voir EASA, ReFuelEU Aviation Annual Technical Report 2025, 2025.

85. Estimer le prix des eSAF avant la commercialisation des premiers volumes reste difficile. L'estimation de l'Agence européenne de sécurité de l'aviation (EASA) fait autorité et est souvent citée comme référence. Sa mise en jour la plus récente de février 2026 évalue les premiers volumes à 7,520 €/t, cohérente avec celle de 2024 (7,695 €/t).

86. À l'échelle mondiale, la production de SAF ne représentait qu'environ 0,5 % de la consommation de carburant d'aviation en 2024, la part atteignant 0,8 % dans les aéroports de l'UE, voir EASA, SAF Market et EASA, ReFuelEU Aviation Annual Technical Report 2025, 2025.

87. Taxe incitative relative à l'utilisation d'énergie renouvelable pour les carburants

88. Contrairement à l'UE, le Royaume-Uni a opté pour un plafonnement des bio-SAF plutôt qu'un sous-mandat spécifique pour les eSAF. En limitant la contribution des biocarburants traditionnels, cette politique mandate de fait le développement de « carburants avancés » comme les eSAF, pour lesquels le Royaume-Uni conçoit actuellement des mécanismes dédiés de sécurisation des revenus.

89. L'Observatoire SAF de T&E montre que plus de 20 pays ont déjà mis en place des mandats SAF ou des systèmes de crédits. Voir T&E, The SAF Observatory. Is the aviation sector ready to transition to sustainable jet fuel?, 2024.

90. Voir T&E, The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025, pp. 12-13.

91. Voir T&E, The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025.

92. Voir T&E, The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025.

93. Voir Project Skypower (2024) sur la base de IATA, Aviation Net-Zero Transition Pathways – Comparative Review, 2024.

94. Le seul projet européen eSAF à avoir atteint le stade de la DFI est un projet allemand développé par INERATEC, qui produit de l'eSAF à des fins commerciales, mais en petites quantités. Le présent rapport se concentre sur la production à grande échelle, c'est-à-dire une production supérieure à 10 000 tonnes par an (voir : T&E, The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025, p.10).

projets, ce qui passe avant tout par la signature de contrats d'achat à long terme : sans engagement ferme d'un acheteur sur 10 à 15 ans, aucun investisseur ne s'engagera. Ces contrats font pourtant largement défaut, faute d'acheteurs potentiels – les compagnies aériennes et les fournisseurs de carburant – prêts à assumer les risques et surcoûts inhérents aux unités de première génération.

Cette situation crée un problème structurel d'action collective. Les compagnies aériennes et les investisseurs attendent actuellement une plus grande certitude sur le maintien des mandats et sous-mandats et sur l'entrée en vigueur des dispositifs de soutien avant de s'engager dans des contrats d'achat ou d'apporter des capitaux ; or, le délai entre la DFI et la mise en production est d'au moins trois ans (dans les scénarios optimistes), ce qui signifie que les retards actuels menacent directement le respect des mandats qui commenceront à s'appliquer à partir de 2030⁹⁵. Si des signaux de marché positifs ne se matérialisent pas avant le rapport d'évaluation de « ReFuelEU » prévu en 2027 (art.17)⁹⁶, des pressions politiques pourraient s'exercer pour reporter ou affaiblir ses ambitions, notamment en ce qui concerne le sous-mandat eSAF, reproduisant des dynamiques analogues à celles qui ont déjà fragilisé l'action climatique et le leadership industriel au travers des normes CO₂ UE pour les voitures. L'Europe et la France, qui ont joué un rôle moteur dans le développement

de la filière eSAF, risquent ainsi de dilapider leur avantage de précurseur au moment précis où il est le plus décisif.

Le chapitre qui suit examine comment la France peut transformer cet élan réglementaire et ces projets en phase de développement en un véritable leadership industriel. Il identifie les leviers de politique publique, financiers et de gouvernance qui seraient nécessaires pour sortir de l'impasse actuelle et sécuriser les décisions d'investissement indispensables au respect des objectifs de 2030. Cette analyse s'inscrit dans une perspective internationale, en prenant en compte les dynamiques en cours dans d'autres régions du monde, notamment la Chine, et leur potentiel impact sur le développement de la filière française, ainsi que les enjeux d'accès au marché et à l'export et d'interopérabilité des infrastructures de distribution – des paramètres qui conditionnent la portée et la durabilité du leadership industriel français.

En s'attaquant aux obstacles spécifiques auxquels sont confrontés les projets français dans ce contexte, cette étude de cas trace une voie pour passer d'un avantage de précurseur à une réalité opérationnelle à grande échelle, avant que la fenêtre d'opportunité ne se referme.

95. Voir Project Skypower, *Accelerating the take-off for eSAF in Europe—Insights Report*, 2024, p.7.

96. Il s'agit, dans une moindre mesure, d'un rapport d'évaluation pouvant, le cas échéant, être accompagné d'une proposition législative de la Commission. Le Commissaire aux transports a rappelé, à l'occasion du sommet des compagnies aériennes en Mars 2026, son attachement au sous-mandat eSAF.

ACTIONS PRIORITAIRES POUR LES ESAF (CARBURANTS DE SYNTHÈSE POUR L'AVIATION)

- 1 ENVOYER UN SIGNAL CLAIR AU MARCHÉ** indiquant que les eSAF demeurent une priorité politique pour la France face aux appels à un affaiblissement des mandats européens (ReFuelEU), et renforcer cet engagement au niveau national en intégrant des plans d'action spécifiques pour les eSAF dans les initiatives à venir, telles que le Plan d'électrification.
- 2 APPORTER UNE CERTITUDE SUR LES REVENUS** afin d'aider les projets à atteindre la DFI, goulot d'étranglement crucial pour la filière eSAF, en soutenant une enchère bilatérale ambitieuse au niveau européen à travers la coalition des « First Movers », et en mobilisant la Garantie des Projets Stratégiques via Bpifrance, et en recourant à des contrats d'énergie de long terme type CAPN ainsi qu'à une accélération des procédures d'autorisation, afin d'améliorer la bancabilité des projets et leur attractivité pour les investisseurs.
- 3 FAIRE DES ESAF UN PILIER STRATÉGIQUE DE L'INFRASTRUCTURE DE DÉFENSE FRANÇAISE** en mobilisant la Société Anonyme de Gestion des Stocks de Sécurité (SAGESS) pour intégrer les eSAF aux stocks stratégiques de carburants de la France et en révisant l'objectif d'incorporation de SAF dans l'aviation militaire afin de l'aligner à la hausse sur les objectifs de ReFuelEU et de la SNBC3.



@I4CE_

2. Cartographie de la filière

A. L'Europe et la France en tête des annonces mondiales de projets eSAF

La filière des eSAF a connu une accélération remarquable dans le développement de projets depuis le lancement des discussions sur « ReFuelEU Aviation ».

Si la technologie demeure pré-commerciale à grande échelle, le nombre de projets annoncés a rapidement augmenté, et l'Europe s'est imposée comme le leader mondial en matière de projets eSAF annoncés. À la mi-2025, sur les 64 projets eSAF à grande échelle répertoriés dans le monde, 41 étaient en développement en Europe, pour une capacité potentielle cumulée allant jusqu'à 2,8 Mt par an, soit près de 60 % de la capacité attendue des projets en développement au niveau global⁹⁷. L'émergence de cette filière en France a été particulièrement rapide : en l'espace d'un an (2024-2025), le nombre de projets annoncés et leurs capacités cumulées prévisionnelles ont pratiquement doublé, sous l'effet conjoint de l'adoption de ReFuelEU et du lancement du dispositif national Carb Aéro⁹⁸. Cette dynamique se poursuit avec l'annonce de nouveaux projets en France au printemps 2026⁹⁹.

La France s'impose désormais comme le premier pôle national de développement des eSAF en Europe, avec environ 30 % de la capacité européenne totale planifiée et 12 projets à grande échelle – un positionnement comparable, en termes de nombre de projets, à celui de la Chine. Si l'ensemble de ces projets se concrétisait, la France disposerait en théorie d'une capacité suffisante

pour couvrir à elle seule l'intégralité du mandat eSAF de l'UE en 2030. Ce scénario est improbable, car tous les projets n'aboutiront pas¹⁰⁰, mais il illustre l'ampleur de l'ambition industrielle française dans les technologies propres, et la puissance des signaux réglementaires clairs pour structurer un marché naissant.

Au sein de l'Europe, l'écosystème des projets français se distingue non seulement par sa taille, mais aussi par sa maturité relative. Si la grande majorité des projets européens en est encore aux stades de planification préliminaire ou de pré-faisabilité, la France compte dans son pipeline certains des projets les plus avancés du continent – même si aucun n'est en passe d'être opérationnel à court terme. L'un des projets français réalise déjà des études d'ingénierie de base (*Front-to-End-Engineering-Design*, FEED), études de faisabilité technico-économique détaillées qui précèdent la décision finale d'investissement¹⁰¹, et au moins trois autres projets se préparent activement à en entreprendre¹⁰², avec le soutien direct de financements publics dédiés¹⁰³ pour couvrir les coûts substantiels de cette étape (voir la section sur l'environnement institutionnel). Cette maturité relative est déterminante pour évaluer la capacité réaliste de la filière à livrer des volumes dès les premières échéances d'incorporation obligatoire, à partir de 2030.

97. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025*, pp. 8-10.

98. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025*, pp. 12-13.

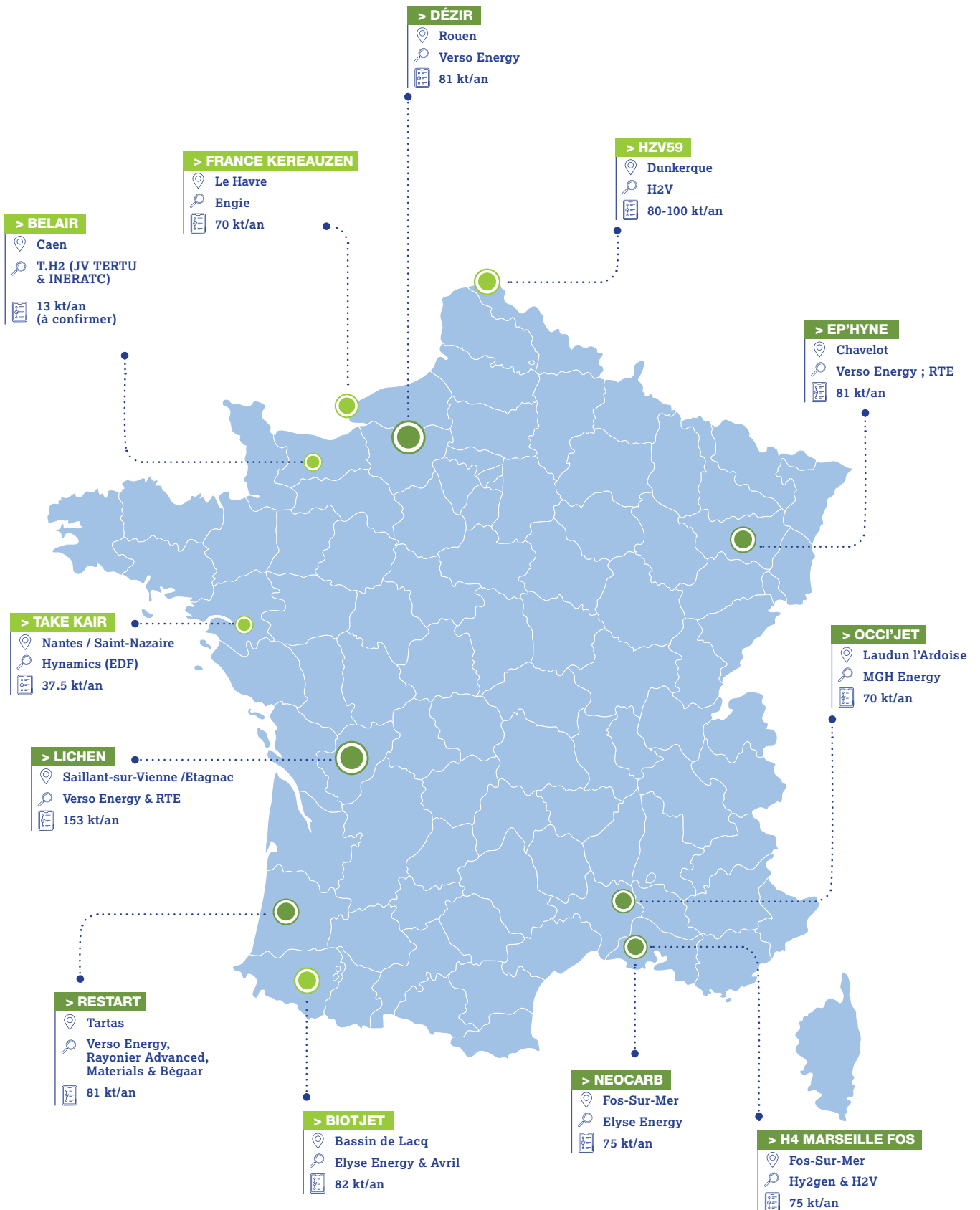
99. La société allemande INERATEC, qui produit déjà de l'eSAF à petit échelle en Allemagne, et le groupe français TERTU ont annoncé en mars 2026 la création d'un joint venture, T.H2, afin de construire une nouvelle usine eBioSAF en Normandie.

100. Les marchés émergents sont volatils et il est très peu probable que tous les projets annoncés voient le jour.

101. Le projet DéZiR de Verso Energy.

102. BioTJet d'Elyse Energy, KerEAUzen France d'ENGIE et TAKE KAIR d'Hynamics.

103. Notamment l'appel à projet Carb'Aéro.



● Fischer-Tropsch ● Methanol-to-Jet

@I4CE_

B. Une filière exigeante en intrants – pour lesquelles la France dispose des atouts comparatifs réels

Pour apprécier le potentiel de cette filière émergente à déboucher sur une production effective, il faut comprendre ce que représente concrètement la construction d'une installation eSAF et quels sont les intrants nécessaires.

Contrairement aux bioSAF, qui peuvent être produits en adaptant des raffineries existantes via des procédés HEFA éprouvés¹⁰⁴, la production d'eSAF suppose la construction d'installations industrielles entièrement nouvelles, dédiées à la synthèse Power-to-Liquid (PtL). Ces installations convertissent de l'hydrogène vert (issu de l'électrolyse de l'eau) et du carbone biogénique en carburant de synthèse, en utilisant de l'électricité bas-carbone comme source d'énergie¹⁰⁵. Une installation à grande échelle¹⁰⁶ requiert environ 1 à 2 milliards d'euros d'investissement en capital initial et a besoin d'environ 4 ans, à compter de la décision finale d'investissement, pour assurer ses premières livraisons commerciales¹⁰⁷.

La viabilité économique d'un projet dépend avant tout de la disponibilité et du prix de trois intrants fondamentaux : l'électricité bas-carbone, le carbone biogénique et l'eau, qui représentent ensemble 70 à 80 % du coût de production¹⁰⁸. En Europe, la concentration géographique des projets planifiés est d'ailleurs fortement corrélée à l'accès à une électricité bas-carbone et abordable, qui représente le poste de coût de loin le plus déterminant¹⁰⁹. La France, quant à elle, présente des avantages structurels significatifs sur l'ensemble de ces trois intrants¹¹⁰.

- **Électricité** : Le mix électrique quasiment décarboné de la France constitue un atout de premier plan. La dernière évaluation de RTE sur le réseau électrique français montre que l'offre en électricité propre excède actuellement la demande intérieure¹¹¹, ouvrant une fenêtre d'opportunité pour les usages industriels fortement énergivores, dont la production d'eSAF, en complément de l'électrification urgente et rapide d'autres secteurs (cf. *les études de cas sur l'acier vert et les véhicules élec-*

triques). Fait décisif, ce mix bas-carbone permet aux producteurs français de s'affranchir des « exigences d'additionalité » imposées par la réglementation européenne. Dans les pays où le réseau a une intensité carbone élevée, comme en Allemagne, les développeurs doivent démontrer qu'une capacité renouvelable nouvelle et suffisante a été installée au moins 36 mois avant le démarrage de la production, ce qui implique des coûts et des délais administratifs considérables. À l'inverse, les projets français peuvent s'approvisionner directement auprès du réseau via des contrats d'achat d'électricité (PPA), ce qui représente un avantage concurrentiel notable vis-à-vis de certains homologues européens. Certes, les prix industriels de l'électricité restent plus élevés qu'en Scandinavie, où des réseaux renouvelables à plus de 90 % permettent de s'affranchir totalement des PPA, mais demeurent relativement attractifs dans le contexte européen.

- **Carbone biogénique** : La France bénéficie d'une bonne disponibilité domestique de carbone biogénique grâce aux procédés industriels existants fondés sur la biomasse (notamment les papeteries, et les installations de bioénergie)¹¹². C'est là un avantage notable par rapport à des régions comme le Moyen-Orient, où la rareté des sources biogéniques contraindrait les développeurs à recourir à la capture directe du CO₂ atmosphérique (DAC), technologie encore coûteuse et en cours de maturation¹¹³. Cette disponibilité propre à la France n'est toutefois pas sans risque : la dépendance vis-à-vis de fournisseurs industriels individuels expose les projets à des vulnérabilités d'approvisionnement en cas de défaillance ou de fermeture de ces sites¹¹⁴.
- **Eau** : La disponibilité en eau ne devrait pas constituer un facteur limitant pour la production, même si les épisodes de sécheresse se multiplient et s'intensifient sous l'effet du changement climatique. En effet, les installations prévues se situent dans des bassins industriels bien pourvus

104. La technologie HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids) est un procédé de production de carburants durables (SAF) bien établi qui permet de transformer des huiles et graisses usagées – telles que les huiles de cuisson usagées ou animaux – en carburant pour avions grâce à un traitement à l'hydrogène. Bien qu'il s'agisse actuellement de la forme de carburant durable la plus viable sur le plan commercial et la plus répandue, sa capacité d'augmentation est limitée par l'approvisionnement limité en matières premières durables.

105. Innovative UK Business Connect, Sustainable Aviation Fuel: Power-to-Liquids, 2025.

106. Définis comme ayant une capacité de production supérieure à 10 000 tonnes d'eSAF par an.

107. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025, p.10.

108. Ce sont des chiffres pour les projets européens et non spécifiquement français. Voir Project Skypower, *Accelerating the take-off for eSAF in Europe – White Paper*, 2024.

109. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025, pp.11-12.

110. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025, pp. 11-12.

111. Voir RTE, *Bilan prévisionnel 2023-2035*, 2025.

112. Voir Shift Project et Aéro Décarbo, *Pouvoir voler sans pétrole : Quel approvisionnement énergétique pour le secteur aérien ?*, 2026, pp. 74; 78.

113. Selon l'observatoire Mondial des projets eSAF de T&E, seuls trois projets (large-scale) ont été annoncés au Moyen-Orient : deux en Arabie saoudite et un à Oman. Ce nombre faible est probablement lié à la hausse des coûts liée à la faible disponibilité du carbone biogénique et, par conséquent, le besoin de recourir à des technologies DAC qui demeurent plus chers.

114. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025. 104. BioTJet d'Elyse Energy, KerEAUzen France d'ENGIE et TAKE KAIR d'Hynamics.

en eau¹¹⁵, et la production requiert 6 à 7 tonnes d'eau par tonne de carburant, principalement pour l'électrolyse. À titre de comparaison, les bioSAF nécessitent 100 à 500 fois plus d'eau par tonne de carburant produite¹¹⁶.

Au-delà de ces avantages en matière d'intrants, la France a construit son écosystème eSAF sur des bases solides – et le développement de la filière pourrait, de surcroît, bénéficier au développement d'autres filières cleantech en France. D'autant plus que les projets eSAF sont structurellement très intégrés : les développeurs intègrent souvent plusieurs étapes de la chaîne de valeur, de la production d'hydrogène vert sur site à la synthèse finale du carburant, et s'implantent au sein de pôles industriels où fournisseurs, aéroports et dépôts pétroliers sont à proximité¹¹⁷.

Ainsi, si les projets eSAF parviennent à atteindre la phase de production puis la montée en puissance, ils pourraient enclencher un cercle vertueux, créant un effet d'entraînement de la demande pour d'autres filières de technologies propres en France, notamment l'électrolyse de l'hydrogène, la capture du carbone, et même le déploiement des énergies renouvelables et du stockage pour compléter la production de base nucléaire – autant de secteurs essentiels à la décarbonation plus large de l'industrie.

Ce potentiel est cependant à double tranchant. Si, pour des raisons de coût, de régulation ou de manque de visibilité sur la demande, les intrants-clés (hydrogène bas-carbone, CO₂ biogénique ou capté et électricité bas-carbone) ne parviennent pas monter en charge au rythme nécessaire pour répondre à la demande, cela aura des conséquences défavorables sur la baisse attendue des coûts ainsi que sur l'augmentation des capacités de production des eSAF. La production domestique d'eSAF se réduirait alors à une part très limitée de la demande nationale en carburants d'aviation durable. Cela pourrait soit compromettre les progrès de la décarbonation du secteur, soit laisser le champ libre à l'importation de molécules provenant de fournisseurs extra-européens pour respecter les mandats eSAF.

Ces opportunités et ces risques liés à la montée en puissance à long terme de la filière en France seront cependant sans objet si les premiers projets eSAF ne passent pas à la phase de production. Comme examiné dans les sections suivantes, cette émergence est loin d'être acquise : les coûts élevés de production, l'absence de visibilité sur les contrats d'approvisionnement et la perspective d'une concurrence internationale chinoise menacent le modèle économique des projets en développement.

C. Du développement à la production : les obstacles à la décision finale d'investissement

Malgré un écosystème conséquent de projets en développement, aucun projet eSAF européen n'a encore atteint la décision finale d'investissement. Comprendre les raisons de ce blocage implique d'examiner les aspects économiques de la production de première génération, la structure des acteurs impliqués et le problème d'action collective qui fige actuellement le marché¹¹⁸.

1. Le défi de la compétitivité-coût

Aujourd'hui, la production d'eSAF reste extrêmement onéreuse. Les estimations actuelles situent le coût de production de les premières unités d'eSAF dans les usines de première génération (*First Of A Kind, FOAK*) autour de 7 000 à 8 000 €/t, soit environ cinq à dix fois plus cher que le kérosène fossile (~ 800 €/t) et deux à trois fois plus cher que les bioSAF¹¹⁹. Ces chiffres représentent une révision substantielle

à la hausse par rapport aux projections antérieures, qui se situaient autour de 3 000 à 4 000 €/t d'eSAF, qui s'explique par une disponibilité moindre et un coût de l'hydrogène plus élevé qu'anticipé. Le principal poste de coût demeure toutefois le prix de l'électricité bas-carbone, utilisée principalement pour l'électrolyse de l'hydrogène, ce qui rend les projets particulièrement sensibles aux trajectoires des prix de l'énergie.

Si les conditions sont réunies, les eSAF ont le potentiel de devenir, à terme, l'option SAF la plus compétitive – ce qui rend l'attentisme actuel d'autant plus paradoxal. Cette perspective repose sur deux leviers de réduction des coûts : les effets d'apprentissage dans l'électrolyse et la synthèse Power-to-Liquid au fur et à mesure de la montée en échelle industrielle, et la baisse tendancielle du coût de l'électricité renouvelable. La trajectoire des bioSAF suit une logique inverse : leur coût dépend de l'accès à des ressources en biomasse physiquement limitées, dont la pression croissante

115. Voir Lesestre & Ali-Yahi, *Observatoire international des e-fuels 2025* et Voir Shift Project et Aéro Décarbo, *Pouvoir voler sans pétrole : Quel approvisionnement énergétique pour le secteur aérien ?*, 2026.

116. Voir Shift Project et Aéro Décarbo, *Pouvoir voler sans pétrole : Quel approvisionnement énergétique pour le secteur aérien ?*, 2026, p. 75.

117. Le projet DéZiR de Verso Energy à Rouen en est un bon exemple : le promoteur du projet prévoit de produire de l'hydrogène sur place, de prélever de l'eau de process dans la Seine et de capter le CO₂ d'origine biogénique provenant d'une papeterie voisine équipée d'une chaudière à biomasse.

118. Le seul projet européen d'eSAF à avoir atteint le stade de la décision finale d'investissement (FID) est un projet allemand développé par INERATEC, qui produit de l'eSAF à des fins commerciales, mais en petites quantités. Le présent rapport se concentre sur la production à grande échelle, c'est-à-dire une production supérieure à 10 000 tonnes par an.

119. Le rapport technique annuel sur ReFuelEU Aviation de l'EASA est souvent utilisé comme référence.

devrait maintenir, voire accroître, leurs coûts à long terme. Les deux filières suivent ainsi des trajectoires structurellement divergentes. Toutefois, il revient à noter que les estimations de réduction des coûts des eSAF sont particulièrement sensibles aux hypothèses sur les prix de l'énergie et le rythme de déploiement de l'hydrogène vert et des technologies de captage de carbone. Cette incertitude quant au développement des prix nourrit la posture attentiste des acheteurs potentiels : en anticipant des prix futurs plus bas, ils diffèrent leurs engagements, freinant ainsi le déploiement qui permettrait à ces prix de baisser effectivement.

Cette demande devrait être soutenue par les incitations réglementaires en vigueur. Dans le cadre de ReFuelEU, le coût de non-conformité avec le mandat SAF serait environ le triple de celui de l'incorporation d'eSAF aux niveaux imposés en raison des sanctions prévues par le règlement¹²⁰. Ces pénalités sont toutefois fortement contestées : plusieurs États membres n'ont pas encore procédé à leur transposition en droit national, et la France, bien qu'ayant transposé le dispositif, n'en a pas encore finalisé les modalités d'application¹²¹. Cela ouvre le terrain à des acteurs pour faire pression sur la hauteur et la conception des pénalités – remettant ainsi en cause l'effet dissuasif sur lequel repose une partie importante de la logique du règlement.

Pour les consommateurs finaux, l'impact à court terme sur les prix des billets devrait pourtant rester modéré. Le carburant ne représente qu'une fraction du coût total d'un billet, et aux taux d'incorporation initiaux (pour rappel : 1.2 % en 2030 et 5 % en 2035), la « prime e-SAF » se traduirait par une hausse d'environ 3 % du prix du billet pour les passagers¹²². À mesure que les mandats montent en charge, l'impact tarifaire augmentera, mais son ampleur reste difficile à chiffrer avec précision : les trajectoires de coûts des eSAF sont encore incertaines, et les estimations à long terme disponibles reposent sur des hypothèses très variables. Il convient toutefois de souligner que cette hausse représente, en substance, une forme d'internalisation partielle de l'externalité carbone du transport aérien, un secteur pour lequel on constate une sous-tarifcation de l'usage.

2. Une filière *greenfield* portée par des start-ups aux ressources financières limitées

Les défis structurels au développement du marché des eSAF vont au-delà des coûts. La production d'eSAF est une industrie presque entièrement *greenfield* : il n'existe

pratiquement aucune installation existante pouvant être réaffectée, les chaînes d'approvisionnement doivent être construites de toutes pièces, et, fait marquant, les grands fournisseurs de carburant qui dominent aujourd'hui le marché du kérosène – et qui portent formellement l'obligation d'assurer la disponibilité des eSAF sur le marché en vertu de ReFuelEU – en sont presque totalement absents. L'observatoire SAF de Transport & Environment constate que les grandes compagnies pétrolières n'ont annoncé aucun projet eSAF à grande échelle et sont absentes des accords d'approvisionnement d'eSAF contraignants comme non contraignants. Et lorsqu'elles s'engagent dans les SAF, elles privilégient massivement les bioSAF : TotalEnergies développe par exemple deux projets de bioSAF en France, mais aucun projet d'eSAF ; quant à l'incursion éphémère de Shell dans les eSAF (un projet conjoint avec Vattenfall appelé Hyskies), elle a pris fin à l'été 2024.

L'écosystème émergent de projets eSAF est ainsi dominé par des start-ups et des « nouveaux entrants » aux ressources en capital limitées, qui doivent assumer seuls les risques inhérents à la construction d'installations de première génération. En France, Verso Energy, une PME fondée en 2020, représente à elle seule environ un tiers de la production planifiée en France. Parmi les autres développeurs figurent Elyse Energy, Hynamics (filiale hydrogène d'EDF) et ENGIE. Le fait que les fournisseurs traditionnels de carburants pour l'aviation soient absents de ce marché a deux conséquences qui se conjuguent. ① D'abord, elle prive la filière d'acteurs qui seraient, en principe, les mieux placés pour financer et dé-risquer les usines de première génération. ② Ensuite, elle laisse les acteurs plus petits, financièrement contraints, seuls face aux risques d'investissement et de marché précoce, ralentissant le passage de l'annonce de projets à la décision finale d'investissement.

3. L'impasse du financement et des contrats d'approvisionnement

Pour un développeur de type start-up, lever 1 à 2 milliards d'euros de capital pour construire une usine de première génération est structurellement difficile, quelles que soient les conditions. Cela nécessite non seulement des investisseurs stratégiques à l'horizon long, mais surtout des contrats d'approvisionnement à long terme (généralement sur 10 à 15 ans) qui apportent la certitude des revenus exigée par les banques pour financer le projet et atteindre la DFI. Sans contrat d'approvisionnement signé, aucun investisseur ne s'engagera dans cette étape.

120. ReFuelEU prévoit des sanctions à 2 fois l'écart de prix kérosène fossile/ SAF en plus d'une obligation de rattraper les volumes manqués. Selon T&E, cela rend le non-respect au moins 3 fois plus coûteux que la conformité. Voir T&E, *Implementing the EU's eSAF mandate – A first look at ReFuelEU penalties for fuel suppliers 2024*.

121. La transposition en droit français a été réalisée à l'article L.229-82, 2° du code de l'environnement, qui prévoit des sanctions comprises entre deux et cinq fois l'écart de prix entre les carburants de synthèse et le kérosène conventionnel, appliquées aux volumes ne respectant pas les parts minimales fixées par ReFuelEU. Toutefois, l'arrêté d'application précisant les modalités pratiques de mise en œuvre (notamment les procédures de contrôle et de recouvrement des amendes) n'a pas encore été publié.

122. Voir Project Skypower, *Accelerating the take-off for e-SAF in Europe, 2024* et T&E, *The e-SAF market : Europe's head start and the road ahead, 2025*.

Les contrats d'approvisionnement en eSAF demeurent rares, malgré le signal de demande clair fourni par ReFuelEU.

Sur les trois accords signés à l'échelle mondiale entre 2024 et 2025 (tous par des compagnies aériennes européennes), un seul portait sur un projet situé dans l'Espace économique européen¹²³ ; les deux autres couvraient des projets eSAF situés aux États-Unis¹²⁴. Aucun ne concernait un projet français. Plus généralement, T&E constate que, sur 77 compagnies aériennes et groupes aériens étudiés, aucun n'a fixé d'objectif dédié aux eSAF, lesquels représentent moins de 10 % du volume total des contrats d'approvisionnement en SAF¹²⁵. Les engagements des compagnies aériennes se concentrent donc massivement sur les bioSAF, ce que T&E qualifie de « pari sur le mauvais type de SAF »¹²⁶ : les bioSAF ne peuvent en effet pas, en raison des limites inhérentes à la disponibilité durable de la biomasse, atteindre les volumes requis pour placer l'aviation sur une trajectoire de décarbonation à long terme.

Deux facteurs structurels expliquent l'hésitation des compagnies aériennes et la difficulté à la surmonter.

1 Le premier tient aux surcoûts inhérents aux unités pionnières. S'engager dans un contrat d'achat à long terme avec une installation de première génération revient, pour un acheteur, à assurer deux types de risques simultanément : d'une part, le risque de défaut propre aux projets de première génération, dont la viabilité technique et économique reste à démontrer à l'échelle industrielle ; d'autre part, le risque de se retrouver lié à des prix élevés alors que les coûts de production devraient baisser considérablement avec la montée en charge du secteur et l'émergence d'une offre de deuxième génération, y compris potentiellement en provenance de pays tiers.

2 Le second facteur correspond à un décalage structurel entre l'offre et la demande, c'est-à-dire entre les besoins des producteurs et les pratiques des acheteurs.

Les producteurs d'eSAF ont besoin de contrats d'une durée d'au moins 10 à 15 ans, pour sécuriser le financement de leurs projets ; or les compagnies aériennes s'approvisionnent traditionnellement sur les marchés spot ou *via* des contrats annuels. Ce décalage est aggravé par le risque d'instabilité réglementaire perçue – qui s'auto-entretient : tant qu'aucune DFI n'est annoncée, le doute sur la pérennité du sous-mandat eSAF se maintient, ce qui renforce la prudence des acheteurs potentiels et retarde d'autant les premières décisions d'investissement. La perspective d'une réévaluation de ReFuelEU en 2027 qui pourrait conduire à une révision du règlement amplifie cette

dynamique : les acheteurs potentiels rechignent à s'engager s'ils estiment possible un report ou un affaiblissement des obligations réglementaires. Il en résulte une attitude attentiste généralisée : les acheteurs potentiels attendent, soit que d'autres fassent le premier pas, soit une plus grande certitude réglementaire, et, surtout, ils espèrent bénéficier à terme de prix plus bas.

Le marché français illustre parfaitement cette ambivalence entre proximité et distance d'une solution.

Air France-KLM est classée par Transport & Environment comme le leader mondial en matière d'achats de SAF, même si la grande majorité de ses engagements portent sur les bioSAF¹²⁷. S'agissant des eSAF, la compagnie a signé des protocoles d'entente avec quatre développeurs français ; ces protocoles sont toutefois de simples déclarations d'intention, et non des engagements fermes. La conversion de ces signaux non contraignants en contrats d'approvisionnement à long terme et fermes constitue l'étape indispensable pour permettre aux projets de voir le jour.

C'est ici que l'impasse structurelle du marché se cristallise :

si chaque acheteur potentiel (fournisseur de carburant ou compagnie aérienne) attend, aucun producteur ne peut atteindre la DFI ; si aucun producteur n'atteint la DFI, aucune production ne démarre ; et si aucune production ne démarre, les coûts ne baissent pas. Il en résulte que le marché européen des eSAF se trouve ainsi dans une impasse, semblable à une situation de dilemme du prisonnier, qui ne se résoudra a priori pas sans intervention extérieure.

123. Norwegian Airlines et Cargolux avec la start-up norvégienne Norsk e-fuel.

124. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025, pp. 29-30.

125. Voir T&E, *The SAF Observatory. Is the aviation sector ready to transition to sustainable jet fuel?*, 2024.

126. Voir T&E, *The SAF Observatory. Is the aviation sector ready to transition to sustainable jet fuel?*, 2024, p.6.

127. Voir T&E, *The SAF Observatory. Is the aviation sector ready to transition to sustainable jet fuel*, 2024, p.4.

D. La Chine, concurrent émergent : le risque d'une dépendance stratégique

La position forte de la France en termes de projets eSAF en développement, aussi frappante soit-elle, ne doit pas être interprétée comme une garantie de succès futur. Un deuxième pôle géographique émerge – la Chine – et la nature du risque concurrentiel qu'il fait peser sur le développement européen des eSAF est plus complexe, et potentiellement plus déterminante, que ce qu'une simple comparaison de capacités prévisionnelles ne le laisse entendre.

La Chine s'impose comme le deuxième hub mondial en termes de capacité eSAF annoncée, avec 11 projets à grande échelle actuellement en développement représentant environ 20 % de la capacité mondiale annoncée¹²⁸. La plupart de ces projets semblent être pilotés par des entreprises parapubliques, ce qui leur confère un avantage structurel en matière de financement que les producteurs européens ne peuvent égaler. Les informations sur le statut technique et les voies de production choisies pour les projets chinois restent limitées, mais les données disponibles indiquent que plusieurs sont développés comme des installations Power-and-Biomass-to-Liquid, produisant vraisemblablement des eBioSAF plutôt que des eSAF entièrement synthétiques. Si l'on compare le nombre de projets en développement, **la Chine constitue ainsi un concurrent significatif, mais semble, au premier regard, globalement secondaire par rapport à l'avance européenne en capacité annoncée**¹²⁹.

Le risque le plus déterminant réside cependant dans la stratégie chinoise plus large de développement des carburants de synthèse (e-fuels) et, plus spécifiquement, dans le développement de son secteur d'e-méthanol. La Chine est le premier consommateur mondial de méthanol, héritage du choix historique de son industrie chimique de privilégier la voie carbochimique plutôt que pétrochimique, et a développé une position dominante à l'échelle mondiale dans la production d'e-méthanol. Les projets chinois représentent environ 50 % des capacités prévisionnelles mondiales d'e-méthanol et, fait décisif, cette filière est nettement plus mature que celle des eSAF : plusieurs projets chinois d'e-méthanol ont déjà atteint la décision finale d'investissement¹³⁰.

Cela pourrait avoir des implications directes pour la production française et européenne d'eSAF, pour deux raisons principales.

1 Premièrement, la distance technologique entre l'e-méthanol et les eSAF est moins grande qu'il n'y paraît : les procédés de production ont des étapes importantes en commun, les effets d'apprentissage issus de la montée en charge de l'e-méthanol sont transférables, et la voie Methanol-to-Jet (MtJ) gagne du terrain comme voie de production, notamment dans la filière française¹³¹. Si des producteurs chinois recevaient un signal de demande fort émanant du marché européen – par exemple, dans le cas où l'Europe ne parviendrait pas à satisfaire ses mandats par la production domestique – les capacités existantes d'e-méthanol chinois pourraient être partiellement réorientées vers la production d'eSAF¹³², avec des modifications de procédés relativement limitées ; cette réorientation serait en outre bien plus rapide que la construction d'une installation européenne ex nihilo à partir du moment où la DFI est prise.

2 Deuxièmement, et peut-être plus immédiatement, l'e-méthanol chinois pourrait être exporté vers l'Europe pour y être converti en eSAF, ce qui signifierait que seule la dernière étape de production serait effectuée sur le sol européen. Le port de Rotterdam s'affirme déjà comme pivot pour ce type de scénario, avec plusieurs accords d'importation et des projets d'unités de conversion en développement. Cela satisferait formellement les exigences d'approvisionnement de ReFuelEU, qui n'impose aucune clause de contenu local, mais cela laisserait l'essentiel de la chaîne de valeur amont en dehors de l'Europe.

L'importation d'e-méthanol priverait l'écosystème européen du potentiel d'entraînement de la demande sur les intrants (comme exposé plus haut) et créerait une dépendance structurelle vis-à-vis de l'approvisionnement chinois. Dans un secteur où un leadership industriel français est réellement envisageable, ce scénario reproduirait une dynamique déjà observée, notamment dans le solaire et les batteries, où l'incapacité à consolider une chaîne de valeur naissante génère à terme un risque géopolitique.

Les conditions susceptibles de rendre ce scénario probable se mettent déjà en place. Comme exposé dans

128. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025, pp.15-18.

129. Un enjeu central à cet égard est le mix énergétique chinois. Pour produire des unités d'eSAF conformes aux exigences européennes, celles-ci doivent faire preuve d'une réduction d'émissions GES d'au moins 70 %.

130. Voir Lesestre & Ali-Yahi, *Observatoire international des e-fuels 2025*, p.19 .

131. Voir &E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025, p.18

132. Sous réserve de leur compatibilité avec les critères fixés dans la directive UE RED III (notamment en termes d'origine de CO₂ et critères de production d'électricité renouvelable).

les sections précédentes, les projets eSAF européens ne se développent pas assez vite pour satisfaire les mandats de 2030 grâce à la production domestique. Les projets français, en particulier, sont en grande partie construits autour de la voie Méthanol-to-Jet (ce qui n'est pas le cas à l'échelle européenne), ce qui implique que la production française serait particulièrement exposée à la concurrence d'un e-méthanol importé moins cher si des écarts d'approvisionnement venaient à se creuser.

La comparaison avec la filière des véhicules électriques à batterie est instructive et doit servir de signal d'alarme. Comme exposé dans les deux autres études de cas, malgré une industrie automobile historiquement de premier plan, la France et l'Europe sont aujourd'hui structurellement dépendantes des importations chinoises de batteries et de matières premières critiques – une situation que la politique industrielle s'efforce aujourd'hui de corriger. En revanche, pour les eSAF, la France et l'Europe ont encore la possibilité

d'éviter de reproduire cette trajectoire. De nombreux projets sont déjà en développement, le cadre réglementaire de la demande est en place, et – comme le montre cette étude de cas – la France dispose notamment des conditions structurelles pour développer une chaîne de valeur domestique.

Toutefois, la fenêtre d'opportunité pour asseoir un leadership dans les eSAF est étroite. Si l'impasse actuelle dans laquelle se trouve la filière persiste, et si les premières installations de première génération ne parviennent pas à atteindre une décision finale d'investissement à court terme, l'Europe risque de passer du statut de développeur de technologie à celui d'importateur de technologie. Un tel retard non seulement mettrait à mal le capital politique et financier déjà engagé dans la filière, mais pourrait également affaiblir la crédibilité à long terme de la stratégie industrielle cleantech de la France. Passer des cadres réglementaires à la réalité opérationnelle constitue désormais l'obstacle décisif pour préserver l'avantage du précurseur dont bénéficie la France.

3. Environnement institutionnel

La section précédente documente à la fois le potentiel et la fragilité du marché émergent des eSAF en France : on y trouve un écosystème dense de projets en développement, porté par une volonté politique et une ambition réglementaire, mais qui est encore loin de la phase de

production. L'écart observé entre l'offre et la demande reflète un déséquilibre structurel entre les instruments déployés jusqu'à présent et les obstacles spécifiques qui empêchent les projets d'avancer.

A. Un cadre de politiques publiques qui a réussi à faire émerger des projets, mais sans permettre de sortir de l'impasse

L'émergence de projets eSAF en Europe est avant tout le fruit de choix politiques délibérés. Face à un secteur qui ne se décarbonera pas durablement sans carburants synthétiques, et à un marché qui ne les développera pas sans intervention publique, la Commission européenne et le gouvernement français ont appliqué les principes d'une politique industrielle réussie : créer un signal de demande afin d'amorcer un marché. Le sous-mandat eSAF de ReFuelEU, unique au monde, est une réponse adaptée à un secteur où la décarbonation est structurellement complexe, et où le leadership industriel est en jeu.

La France a été pionnière dans l'élaboration de ce cadre. Un « Engagement pour la croissance verte » signé en 2017 avec Air France, Airbus, Safran, TotalEnergies et Suez a débouché en 2021 sur une feuille de route nationale pour la décarbonation de l'aviation, fixant des objectifs volontaires d'incorporation de SAF antérieurs au cadre

européen, et qui ont nourri ce qui est devenu « ReFuelEU ». Outre-Manche, le dispositif britannique a renforcé ce signal en plafonnant la contribution des bioSAF au mandat national, orientant implicitement le marché vers des options qui ont le potentiel de passer à l'échelle. Ensemble, ces cadres ont créé un marché potentiel d'approvisionnement en eSAF unique au monde, appelé à devenir substantiellement plus important à mesure que les sous-mandats montent en charge au fil des années 2030 et au-delà.

La conception de « ReFuelEU » rend le respect des obligations nettement moins coûteux que le non-respect, mais cela ne se reflète pas encore dans le comportement du marché. Les sanctions sont calibrées de manière hautement dissuasive : fixées, en France, à deux à cinq fois l'écart de prix entre le kérosène fossile et les eSAF, elles s'accompagnent d'une obligation de rattrapage garantissant que les volumes non incorporés devront être

acquis ultérieurement (vraisemblablement à des prix plus élevés et sous une plus forte pression temporelle).

En théorie, le règlement « ReFuelEU » incite fortement les acteurs à investir et à sécuriser leurs approvisionnements en eSAF. En pratique, cet effet dissuasif est atténué par deux facteurs. D'une part, son application est conditionnée à la transposition par les États membres. Or, cette transposition a été lente et reste partielle (sans les pénalités) dans la plupart des pays malgré l'échéance formelle de fin 2024¹³³ : d'ailleurs, la France elle-même n'a pas encore entièrement transposé le régime de sanctions¹³⁴. D'autre part, l'ampleur même des pénalités potentielles a conduit de nombreux acteurs assujettis à parier sur le fait que les autorités ne les appliqueraient pas intégralement si leur viabilité économique en était menacée¹³⁵. Ceci nous conduit à la situation suivante : ni un approvisionnement significatif en eSAF, ni des provisions réalistes pour les risques de pénalités, ne figurent encore dans la planification financière de la plupart des acheteurs potentiels¹³⁶.

Des instruments de soutien financier ont partiellement compensé ce déficit, sans en traiter la cause profonde. Le **Fonds pour l'innovation de l'UE**, financé par les recettes du Système Européen de Quotas d'Emissions (SEQUE), peut en principe couvrir jusqu'à 60 % des coûts incrémentaux des technologies bas-carbone par rapport à leur alternative fossile. Les projets eSAF y sont éligibles, mais ils sont en concurrence avec un large éventail de technologies plus matures qui obtiennent de meilleurs résultats selon les critères du Fonds en matière de rentabilité et de maturité financière. Sans contrats d'approvisionnement signés ou autre forme de garantie de revenus, la voie vers une décision finale d'investissement reste floue pour des installations de eSAF de première génération, qui ne correspondent pas aux critères du Fonds, et affichent donc systématiquement des performances inférieures aux seuils requis. La **Banque européenne de l'hydrogène** offre un soutien aux coûts opérationnels *via* des enchères compétitives, mais les primes attribuées restent très en deçà des besoins des producteurs d'eSAF, compte tenu des coûts actuels de l'hydrogène. En outre, le dispositif souffre d'une non-cumulabilité avec d'autres mécanismes de soutien tels que la compensation des coûts indirects du CO₂ ou l'abattement TURPE qui limite fortement son efficacité. La **BEI** quant à elle, n'a financé qu'un seul projet eSAF, contre six projets bioSAF, ce qui traduit une préférence structurelle pour les technologies moins risquées et mieux établies. Quant aux **quotas SEQUE dédiés aux SAF** (20 millions de quotas gratuits pour l'incorporation de SAF

entre 2024 et 2030), ils sont distribués *ex post* selon un principe de « premier arrivé, premier servi », aux SAF commercialement disponibles, ce qui, en pratique, signifie que l'ensemble du volume ira aux bioSAF sans bénéficier au développement des eSAF.

Le point commun entre ces instruments est qu'ils couvrent une partie des coûts initiaux (investissements en capital, études de faisabilité), sans offrir la certitude de revenus sur un horizon de temps suffisamment long pour rendre les projets eSAF bancables et leur permettre d'atteindre la DFI. Une subvention couvrant une partie des coûts de construction ne suffit pas pour démontrer la viabilité de son modèle économique si aucun contrat à long terme ne garantit un flux de revenus une fois l'usine construite.

Les instruments nationaux français déployés dans le cadre de France 2030 se distinguent par leur calibration particulièrement adaptée aux besoins du marché, et expliquent en grande partie la maturité relative des projets français par rapport. Le soutien amont à l'hydrogène vert *via* des contrats pour différence de dix ans couvre des maillons essentiels de la chaîne de valeur des eSAF. L'instrument le plus décisif a néanmoins été les appels à projets Carb Aéro en deux phases : la première ouverte aux projets de différents types de SAF et la seconde ciblant spécifiquement les eSAF, mobilisant 100 millions d'euros supplémentaires destinés spécifiquement à couvrir jusqu'à 80 % des coûts d'études FEED et pré-FEED pour quatre projets désignés au printemps 2025. Ces phases représentent des investissements de 40 à 60 millions d'euros que les développeurs peinent à financer, les capitaux privés étant rarement disponibles à un stade aussi précoce. Le dispositif Carb Aéro a été qualifié d'exemplaire pour le développement du marché et suscite l'envie des autres États Membres ; c'est grâce à ce dispositif qu'un projet français est déjà en FEED, et que trois autres s'y préparent activement.

Le mécanisme de Garantie des Projets Stratégiques (GPS), géré par Bpifrance, complète ces subventions directes et constitue un outil vital pour dérisquer les projets industriels dont les besoins d'investissement initiaux sont élevés¹³⁷. Conçu initialement pour soutenir l'autonomie stratégique et la transition verte, le GPS permet aux développeurs de sécuriser un financement bancaire en couvrant une part substantielle du risque de crédit – un rôle que la Banque européenne d'investissement (BEI) hésite souvent à jouer à des stades aussi précoces de déploiement technolo-

133. Voir T&E, *Implementing the EU's eSAF mandate—A first look at ReFuelEU penalties for fuel suppliers*, 2024.

134. Début 2026, la France n'avait toujours pas finalisé les arrêtés d'application nécessaires à la mise en œuvre complète du régime de sanctions prévu par le règlement ReFuelEU Aviation. Ce retard est largement imputable à la difficulté technique de définir des sanctions financières « dissuasives » dans un contexte de forte volatilité des prix des carburants synthétiques ; étant donné que le règlement exige que les amendes soient au moins égales au double de la différence de prix entre le kérosène fossile et les carburants durables, l'absence de prix de marché stable pour les carburants synthétiques complique le calcul d'une amende forfaitaire qui reste juridiquement solide sans pour autant freiner les investissements industriels.

135. Voir T&E, *Implementing the EU's eSAF mandate—A first look at ReFuelEU penalties for fuel suppliers*, 2024.

136. Voir T&E, *The eSAF market : Europe's head start and the road ahead*, 2025.

137. Bpifrance, *Garantie des projets stratégiques*.

gique. Toutefois, le dispositif ne couvre pas les coûts de développement, ce qui limite son effet de levier sur les projets encore en phase de conception ou d'ingénierie avancée. Son usage a été pionné dans un projet ebioSAF — Elyse Energy a notamment obtenu une garantie de 70 millions d'euros pour ses projets industriels¹³⁸ — et représente un levier puissant, à faible coût budgétaire immédiat, pour les projets eSAF.

Pris dans leur ensemble, le cadre réglementaire européen et les dispositifs nationaux de soutien ont permis de faire émerger un écosystème dense de projets eSAF, la France occupant une position de tête. Le défi consiste désormais à amener ces projets sur un marché structurellement dominé par des acteurs qui, pour l'instant, ne s'engagent pas dans le développement de cette filière naissante.

B. Une course contre la montre : faute de signaux positifs en 2026, la réévaluation de ReFuelEU en 2027 pourrait fortement pénaliser les producteurs de eSAF et compromettre l'autonomie stratégique européenne en matière de carburants d'aviation

Le cadre réglementaire sur lequel reposent les ambitions eSAF de la France est soumis à une réévaluation programmée en 2027. Formellement, cette réévaluation oblige la Commission à soumettre au Parlement et au Conseil une évaluation technique des évolutions de marché, susceptible d'aboutir soit au maintien du règlement en l'état, soit à sa révision. Dans le contexte politique actuel, cette seconde éventualité n'est pas à écarter. Les compagnies pétrolières ont commencé à contester publiquement la faisabilité du développement des eSAF en Europe et à établir des parallèles explicites avec la révision des normes CO₂ pour les voitures, alimentant un sentiment d'incertitude au moment précis où le marché en a le moins besoin, et suggérant que le sous-mandat eSAF pourrait être contesté, retardé ou affaibli. De leur côté, les compagnies aériennes et les fournisseurs de carburant n'ont que peu d'incitations à intégrer les coûts de conformité ou le risque de sanctions dans leur planification financière à moyen terme tant qu'un recul réglementaire reste envisageable. En d'autres termes, la perspective de la réévaluation génère déjà l'incertitude qu'elle est censée dissiper ; et si aucun signal de marché significativement positif ne se matérialise d'ici 2027, les conditions politiques seront réunies pour une révision qui sera dommageable à l'ensemble de la filière.

Le Plan d'investissement pour les transports durables (STIP) de la Commission européenne, présenté en novembre 2025, propose une réponse prometteuse à l'impasse dans laquelle se trouvent les développeurs de projets. Sa pièce maîtresse pour les eSAF est un mécanisme d'enchères double-face, calqué sur le dispositif H2Global pour l'hydrogène vert. Ce mécanisme jouerait un rôle d'intermédiaire de marché : il mettrait en relation producteurs et acheteurs d'eSAF, en agrégeant la demande et en fournissant des contrats pour différence à long terme qui apporteraient aux producteurs la certitude sur les revenus qui est nécessaire pour atteindre la DFI.

Bien conçu, ce mécanisme pourrait résoudre à la fois l'écart de prix entre les eSAF et le kérosène fossile, et le décalage d'horizon entre les contrats courts qu'ont l'habitude de signer les compagnies aériennes et les durées longues qu'exigent les producteurs. C'est, au moins sur le principe, exactement la pièce manquante qui permettrait de débloquer la situation sur le marché des eSAF.

Le problème est celui du calendrier. Les enchères double-face du STIP supposent de trouver de nouvelles sources de financement – soit *via* le prochain cadre financier pluriannuel de l'UE, soit dans les négociations (difficiles) autour de la révision du système d'échange de quotas de l'UE (SEQE). Or, compte tenu du délai minimum de trois ans entre la DFI et le lancement de la production commerciale, même dans les hypothèses optimistes, des enchères qui seraient lancées en 2028 arriveraient trop tard pour permettre aux projets de fournir des carburants pour le premier sous-mandat de 2030. Elles arriveraient surtout trop tard pour produire les signaux positifs nécessaires avant la réévaluation de 2027. Le mécanisme conçu pour sauver le marché pourrait ainsi arriver après le moment politique qui déterminera si le marché survit.

La « First Movers Alliance », qui représente huit États membres¹³⁹, dont la France, engagés à piloter des enchères eSAF en amont du STIP, a été conçue précisément pour combler cet écart temporel. En principe, c'est la bonne réponse : des enchères pilotes en 2026 pourraient amener un ou deux projets à la DFI, fournissant la preuve de concept dont le marché a besoin avant la réévaluation de ReFuelEU. En pratique, seuls l'Allemagne et le Luxembourg ont jusqu'à présent signalé leur intention de financer des pilotes, les discussions avec la DG Concurrence étant encore en cours. La France, quant à elle, n'a pris aucun engagement financier pour de telles enchères dans le cadre de sa participation à la coalition, ce qui en fait davantage une promesse qu'un engagement ferme. Et

138. Renewables Now, *Elyse Energy secures EUR 70m for biofuel projects in France*, 2025.

139. L'Autriche, la Finlande, la France, l'Allemagne, le Luxembourg, les Pays-Bas, le Portugal et l'Espagne.

même si des pilotes se concrétisent, les volumes disponibles ne permettraient vraisemblablement d'amener qu'un ou deux projets européens à la DFI, ce qui pourrait fournir un signal positif au marché, mais sera insuffisant pour dérisquer un nombre suffisant de projets pour atteindre les volumes requis.

La façon dont ces enchères seront conçues pourrait pénaliser les acheteurs français. Si les États membres qui les financent y insèrent des clauses réservant les volumes soutenus aux acheteurs nationaux (à l'image du dispositif H2Global allemand pour l'hydrogène), la France pourrait se retrouver dans une position inconfortable. Ayant investi massivement dans la constitution d'un écosystème national de projets de premier rang *via* Carb Aéro et d'autres dispositifs nationaux, elle pourrait voir ses projets avancer grâce à des enchères financées par d'autres pays, mais dont les volumes bénéficieraient aux compagnies aériennes allemandes, laissant les acteurs français toujours exposés aux coûts et aux pénalités de conformité de ReFuelEU.

La situation outre-Manche offre un contrepoint utile, le Royaume-Uni ayant diagnostiqué une défaillance de marché similaire et conçu une réponse instructive. Son Mécanisme de certitude des revenus pour les carburants d'aviation durables (SAF Bill) est un contrat pour différence unilatéral financé par un prélèvement variable sur les fournisseurs de carburant d'aviation. Il est calibré de sorte que le montant du prélèvement s'ajuste inversement aux prix des SAF non HEFA : lorsque les prix des SAF sont élevés et que les compagnies aériennes supportent des coûts significatifs de conformité aux mandats, le prélèvement est minimal ; lorsque la production s'accroît et que les prix baissent, le prélèvement augmente pour maintenir le prix garanti, tandis que les coûts de carburant sous-jacents des compagnies diminuent. Le résultat est une garantie de revenus sur 15 ans pour les producteurs, financée sans recourir aux crédits budgétaires généraux, et autocalibrée pour éviter un sur- ou sous-financement. Le SAF Bill ayant reçu l'assentiment royal et la première enchère compétitive étant prévue fin de cette année, le Royaume-Uni pourrait disposer d'un avantage temporel de deux ans sur l'UE si le STIP ne devient pas opérationnel avant 2028.

Le mécanisme britannique, qui s'appuie sur un contrat pour différence, fait aujourd'hui figure de référence pour de nombreux producteurs européens d'eSAF, et l'Alliance industrielle pour la chaîne de valeur des carburants renouvelables et bas-carbone (RLCF Alliance)¹⁴⁰ demande explicitement un dispositif similaire au niveau européen. Toutefois, sa transposition, qu'elle soit envisagée à l'échelle UE ou nationale, bute sur une question clé encore non résolue : celle de son financement. Au niveau européen, instaurer un nouveau prélèvement sur le carburant d'avia-

tion relèverait probablement de la directive sur la fiscalité de l'énergie (ETD) et nécessiterait l'unanimité des 27 États membres, ce qui en fait une solution politiquement improbable et certainement trop lente. La France pourrait en principe mettre en place un dispositif national, potentiellement adossé au nouveau cadre européen d'aides pour les technologies propres (CISAF), qui ouvre des marges de manœuvre pour ce type de soutien. Mais, dans un contexte budgétaire sévèrement contraint, mobiliser des ressources pour des contrats pour différence pour les eSAF apparaît difficilement envisageable à court terme.

L'absence de signaux positifs sur le marché d'ici 2027 aurait des conséquences qui dépassent largement la seule question de la conformité aux mandats ReFuelEU. Sans décision finale d'investissement sur un nombre significatif de projets d'ici fin 2026, la réévaluation de ReFuelEU risque de se transformer en référendum *de facto* sur le sous-mandat eSAF lui-même. Le risque est réel : certains acteurs font déjà entendre leur opposition, les révisions d'objectifs climatiques se sont désormais banalisées dans le débat politique européen, et l'absence de progrès visibles dans la filière offre aux partisans d'un recul exactement les arguments dont ils ont besoin. Dans ce contexte, l'assouplissement ou le report des cibles – selon la dynamique déjà observée sur les normes CO₂ pour les voitures – constituerait un signal dévastateur pour les investisseurs, et pourrait mettre en péril l'ensemble de l'écosystème de projets.

La fenêtre d'opportunité n'est pourtant pas refermée. Si les pouvoirs publics agissent avec détermination en 2026 : en accélérant les enchères pilotes, en protégeant les soutiens dédiés aux eSAF dans les instruments existants, et en adressant un signal sans ambiguïté de non-recul réglementaire, l'Europe et la France peuvent encore convertir leur avance en pipeline en réalité industrielle. La fenêtre est étroite, l'avantage du précurseur reste à jouer, mais le passage de la réglementation à la production reste ouvert à condition que l'impasse soit levée rapidement.

140. *Renewable and Low-Carbon Fuels Value Chain Industrial Alliance.*

4. Recommandations

La filière française des eSAF se trouve dans une situation de dilemme du prisonnier. Malgré un soutien public de premier plan au développement de la chaîne de valeur, aucun projet à grande échelle n'est actuellement en mesure de franchir le cap de la décision finale d'investissement : les coûts restent élevés, et les investisseurs sont hésitants, faute de contrats d'approvisionnement fermes qui garantiraient des revenus futurs. Les acheteurs potentiels (fournisseurs de carburant et compagnies aériennes), qui opèrent sur des horizons contractuels courts, rechignent à s'engager sur une solution qui ne sera viable économiquement qu'à moyen terme et qui pourrait les désavantager compétitivement. Plutôt que de s'y préparer, nombre d'entre eux misent sur un affaiblissement de ReFuelEU lors de la réévaluation du règlement européen en 2027 pour s'affranchir de cette obligation.

Cette paralysie pourrait être fatale au secteur. Alors que les premiers projets entrent en phase de FEED ou en approchent le terme, la filière se heurte à un mur qui, dans un scénario optimiste, décalera la montée en production au-delà de l'échéance 2030 fixée par ReFuelEU, et dans un scénario pessimiste, ouvrira la porte à la concurrence chinoise et entraînera des difficultés financières susceptibles de mettre la filière en difficulté. Compte tenu du capital politique et budgétaire déjà engagé, la France ne peut se permettre que les eSAF deviennent l'opportunité manquée des années 2020, comme le photovoltaïque l'a été pour l'Allemagne dans les années 2010.

La mise en œuvre d'une politique industrielle adaptée aux enjeux du secteur est critique pour surmonter ces risques et sortir de cette impasse. Trois leviers s'imposent.

1. Confirmer sans équivoque le soutien politique de la France aux eSAF

La France s'est engagée dans la décarbonation de son secteur aérien, dont les eSAF constituent la voie technique la plus crédible à long terme. Le règlement ReFuelEU concrétise cet engagement en prévoyant des sanctions financières importantes en cas de non-conformité. Sans surprise, les acteurs du secteur font pression pour réduire ces sanctions ou étaler le calendrier d'incorporation dans le temps. La révision de 2027 verra ces efforts culminer, à l'image de ceux de l'industrie automobile pour affaiblir les normes CO₂.

Céder à ces pressions serait politiquement incohérent. Les eSAF constituent l'un des piliers de la réindustrialisation verte portée par France 2030. Ne pas

défendre le sous-mandat eSAF et les pénalités associées entraînerait probablement l'effondrement de la filière (même avec un soutien budgétaire accru) et laisserait un espace vacant pour que la demande future soit satisfaite par des fournisseurs extra-européens. Jusqu'à présent, la France a été un défenseur clair du mandat.

La France doit poursuivre et intensifier cette défense au sein du Conseil européen en amont de la réévaluation du règlement en 2027, en travaillant au sein de la First Movers Coalition pour constituer une minorité de blocage contre tout affaiblissement ou report du sous-mandat eSAF. Cela implique non seulement de défendre le maintien du niveau des pénalités, mais d'accélérer leur transposition en droit national pour signaler sans équivoque aux industriels et aux investisseurs que la filière a un avenir en Europe et que le cadre européen sera effectivement appliqué.

2. Apporter aux projets la visibilité sur les revenus nécessaire pour débloquer les décisions d'investissement

L'écosystème français de projets est aujourd'hui suffisamment dense et mature pour placer la filière française en bonne position pour monter en puissance.

Pourtant, la décision finale d'investissement reste hors de portée. La plupart des investisseurs capables de fournir les investissements nécessaires, estiment que le marché n'existe tout simplement pas, ce qui affaiblit le modèle économique de la filière. Jusqu'à présent, le soutien public français s'est concentré principalement sur les phases amont et de FEED, ce qui donne de l'élan aux projets mais ne suffit pas pour les faire passer à l'étape suivante. Sans correction, la France risque de laisser passer une opportunité de leadership industriel et technologique qui conditionne sa compétitivité à long terme.

Dans le contexte budgétaire actuel, augmenter simplement le volume des crédits publics n'est pas une option réaliste. D'autres voies – financières ou réglementaires – doivent être mobilisées pour combler l'écart jusqu'à la décision finale d'investissement.

Pour contourner les contraintes budgétaires, la France peut s'appuyer sur le programme « STEP » de l'UE en mobilisant les quelques 11 milliards d'euros de Fonds de cohésion non encore engagés pour ouvrir une fenêtre de financement dédiée aux eSAF¹⁴¹. Ce

141. Sur la base d'une estimation des fonds de cohésion non utilisés à la fin de l'année 2024. Voir Osservatorio Balcani Caucaso Transeuropa, *EU, delays in spending cohesion funds*.

soutien public devrait être associé à des mécanismes de dérisquage facilitant les DFI ; si la BEI hésite en raison des risques actuels du marché, la Garantie des Projets Stratégiques française (gérée par Bpifrance) offre une alternative viable. La garantie de 70 millions d'euros obtenue en 2025 par Elyse Energy pour son projet de biocarburant constitue un modèle éprouvé qui devrait être étendu pour cibler spécifiquement et à grande échelle la production d'eSAF¹⁴².

Cependant, ces deux options risquent d'être insuffisantes pour permettre à certains projets français d'eSAF d'atteindre la DFI, compte tenu de l'incertitude entourant le sous-mandat eSAF de ReFuelEU, et des perspectives sur la demande. Dans le contexte actuel et sans certitude claire sur les revenus des projets eSAF, les investisseurs continueront probablement de privilégier les bioSAF.

C'est précisément ce que cherche à résoudre le mécanisme d'enchères double-face proposé par le STIP, conçu sur le modèle H2Global : des contrats à long terme pour les producteurs, assortis d'une revente aux utilisateurs finaux à prix décoté à court terme. La conception est en cours d'étude, avec des propositions attendues dans le courant de l'année. Point bloquant : la question du financement du STIP n'a pas encore été tranchée. L'année 2026 sera décisive à la fois pour la conception et pour le financement de ce dispositif. Si celui-ci doit être financé par le fléchage des recettes SEQE du secteur aérien¹⁴³, la révision du SEQE de l'été 2026 sera un moment-clé ; si le financement du STIP passe par le prochain cadre pluriannuel financier, les négociations entreront dans leur phase critique en fin d'année 2026. Dans les deux cas, la France doit s'impliquer activement pour obtenir une enveloppe ambitieuse, des mécanismes de contribution des États membres de type « enchères en tant que service » (grants as a service) et des critères « Made in Europe » pour ancrer la chaîne de valeur sur le territoire.

En parallèle, la France devrait activer ses leviers domestiques. Les contrats CAPN sur dix ans pour l'énergie nucléaire peuvent stabiliser les prix de l'électricité, qui est le poste de coût le plus significatif de la production d'eSAF ; en parallèle, une accélération des procédures d'autorisation régionales, alignée sur les règlements européens NZIA et IAA, pourrait soutenir la production des intrants nécessaires au eSAF (CO₂ biogénique capté, hydrogène vert).

3. Intégrer les eSAF à la stratégie de souveraineté énergétique de défense

Comme nous l'avons examiné, la production française d'eSAF est actuellement paralysée par un

« dilemme du prisonnier » : l'hésitation des acheteurs à s'engager sur des contrats à prix élevés bloque les décisions finales d'investissement (DFI), alors que la Chine, forte de son dernier plan quinquennal, se positionne déjà pour dominer la chaîne d'approvisionnement mondiale.

Pourtant, dans un contexte géopolitique de plus en plus volatil, la France a rejoint ses alliés de l'OTAN dans la modernisation de ses infrastructures de défense, dont l'approvisionnement en carburant constitue une vulnérabilité critique. Le carburant aviation représente à lui seul 85 % de la consommation des armées lors d'opérations à haute intensité¹⁴⁴. Redéfinir le secteur des eSAF comme une priorité absolue de sécurité nationale offre donc le pivot nécessaire pour débloquer le développement des projets. En utilisant la défense comme « marché de pointe », des accords d'achats militaires stables peuvent fournir les revenus garantis indispensables au lancement des premières unités de production françaises.

L'histoire confirme que la défense est souvent le berceau historique de l'innovation aéronautique : chaque percée majeure du secteur - des moteurs à réaction au GPS, en passant par la fibre de carbone - a débuté avec un « client d'ancrage » militaire avant de passer au marché civil.

Les eSAF présentent dans ce cadre un intérêt stratégique singulier, car ils ouvrent la voie vers la souveraineté énergétique. Contrairement aux bioSAF, dont la production repose sur des intrants de plus en plus concurrentiels et pour lesquels l'Europe dépend déjà majoritairement d'importations¹⁴⁵, les eSAF produits à partir de l'électricité bas-carbone domestique sont bien moins vulnérables aux disruptions des chaînes d'approvisionnement. L'armée française, avec son budget substantiel et son réseau logistique existant, peut donc jouer le rôle de « client d'ancrage » pour le développement de la filière.

Une mesure concrète pour 2026 consisterait à mobiliser la Société Anonyme de Gestion des Stocks de Sécurité (SAGESS). En imposant l'intégration de molécules eSAF dans les réserves stratégiques pétrolières de la France, en complément du mandat ReFuelEU, l'État pourrait transformer une industrie naissante en pilier de l'infrastructure nationale critique. L'effet cumulatif de ces deux signaux de demande pourrait fournir aux développeurs le signal d'approvisionnement fiable nécessaire pour sécuriser des projets de production à échelle commerciale.

Par ailleurs, le Ministère des Armées devrait moderniser sa Stratégie énergétique de défense. Les objectifs fixés en 2020 (5 % de bioSAF en 2030 et 50 % en 2050)

142. Voir Renewables Now, *Elyse Energy secures EUR 70m for biofuel projects in France*, 2025.

143. Comme le préconise Project Skypower : voir Green Air News, *European aviation stakeholders urge priority policy support for eSAF in Clean Industrial Deal*, 2025.

144. Hans Seidel Stiftung, *SAF as a Key to European Defence Capability and Fuel Supply Sovereignty*, 2025.

145. Voir EASA, *ReFuelEU Aviation Annual Technical Report 2025*, 2025.

apparaissent désormais inadaptés compte tenu du contexte sécuritaire actuel. Une mise à jour en 2026 devrait aligner les cibles militaires sur la feuille de route ReFuelEU, voire les anticiper : 70 % d'incorporation totale de SAF d'ici 2050, avec un sous-objectif spécifique de 35 % pour les eSAF. La SNBC3 va même plus loin avec une ambition de 50 % eSAF en 2050.

En mobilisant ainsi son effort de renforcement de la défense en lien avec les eSAF, la France enverrait trois signaux décisifs aux investisseurs privés : la valeur stratégique du secteur, la continuité du soutien public, et la réalité d'une perspective industrielle à grande échelle.

CONCLUSION

Enseignements tirés de ces études de cas pour la politique industrielle verte de la France

L'analyse de ces trois chaînes de valeur illustre la diversité des défis auxquels est confrontée la politique industrielle verte française. Assumer un rôle de premier plan dans ces secteurs exige à la fois de développer de nouvelles capacités de production et de garantir leur intégration dans les écosystèmes industriels de l'économie décarbonée. Les raisons d'être optimiste sont réelles : de Dunkerque et Douai au nord jusqu'à Fos-sur-Mer au sud, des écosystèmes industriels dynamiques redessinent la carte du pays. Les contours d'une réindustrialisation émergent.

Ce potentiel reste toutefois fragile. Les trois secteurs examinés dans ce rapport font chacun face à des points de rupture sur leur trajectoire de déploiement, principalement en raison de vulnérabilités en amont et en aval des principaux sites de production. La transition vers les fours à arc électrique bute sur une pénurie structurelle de ferrailles nobles ; l'hydrogène nécessaire à la production d'acier DRI et d'eSAF demeure trop rare et coûteux, malgré le mix énergétique compétitif de la France; et la forte dépendance aux composants et aux matières premières importés fragilise la bancabilité des projets domestiques face à une concurrence mondiale sur les prix. Enfin, si le marché des batteries gagne en maturité, les secteurs de l'acier et de l'aviation pâtissent encore de signaux de demande insuffisants, laissant des projets pourtant avancés en attente de décisions finales d'investissement.

Au-delà de ces spécificités sectorielles, l'examen conjoint de ces trois filières met en évidence un risque transversal. Les trois secteurs se trouvent à des stades distincts d'un même cycle de risque : la filière des batteries illustre ce qui arrive quand l'ambition réglementaire n'est pas suivie d'un ancrage industriel complet — des *gigafactories* ont été construites, mais l'amont de la filière reste largement dépendant d'intrants importés, faute d'avoir sécurisé à temps les maillons critiques de la chaîne de valeur. La filière eSAF est aujourd'hui à la croisée des chemins : si l'on ne sort pas de l'impasse actuelle sur les contrats d'achat, l'Europe risque de reproduire ce schéma — en important le méthanol de synthèse pour une conversion finale sur son sol, ne conservant que le dernier maillon d'une chaîne de valeur qu'elle avait vocation à maîtriser entièrement. La filière acier vert, enfin, franchit ses premières étapes concrètes avec la décision d'investissement d'ArcelorMittal à Dunkerque, mais des risques demeurent, liés à la construction de capacités de production sans avoir des capacités de production sans avoir sécurisé l'amont — ferrailles nobles, hydrogène, minerai DR. Le fil conducteur est le même dans les trois cas : l'erreur ne consiste pas à manquer d'ambition réglementaire, mais à laisser se

creuser l'écart entre l'annonce et la construction effective de la chaîne de valeur, jusqu'au point où des concurrents extérieurs s'engouffrent dans les maillons négligés.

Face à ces blocages, la France, a fait figure de pionnière, tant au niveau national qu'europpéen, dans la conception de dispositifs de soutien adaptés. Mais le travail est loin d'être achevé. Une politique industrielle efficace doit être à la fois globale — couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur pour sécuriser l'approvisionnement et soutenir la demande là où le secteur privé hésite — et ciblée, s'attaquant aux goulots d'étranglement spécifiques, qu'ils soient réglementaires, énergétiques ou financiers, qui empêchent chaque filière de franchir l'étape suivante.

À ces deux exigences s'en ajoute une troisième transversale : la circularité. Face aux tensions croissantes sur les ressources mondiales et aux risques d'atteindre des points de bascule environnementaux, une stratégie industrielle géopolitiquement soutenable ne peut faire l'économie d'une moindre intensité matière, par le recyclage, la sobriété en intrants et la valorisation des ressources domestiques.

Ce rapport formule des propositions de politiques publiques concrètes, réalisables même dans un contexte budgétaire et politique contraint. Leur mise en œuvre est urgente. Ne pas agir reviendrait à échanger de vieilles dépendances énergétiques fossiles contre de nouvelles dépendances industrielles, au moment précis où des concurrents mondiaux s'imposent déjà sur les marchés des technologies vertes de demain.

La réindustrialisation verte est en marche. La France dispose des innovateurs, de la base industrielle et des acquis politiques nécessaires pour s'y imposer. Il appartient désormais aux pouvoirs publics de maintenir et d'amplifier cet élan — pour que la transformation de l'appareil productif soit une réussite exemplaire, et non un rendez-vous manqué.

I4CE

INSTITUTE FOR
CLIMATE
ECONOMICS

Une initiative de la Caisse des Dépôts et
de l'Agence Française de Développement

www.i4ce.org

INSTITUTE FOR CLIMATE ECONOMICS
30 rue de Fleurus - 75006 Paris

www.i4ce.org
Contact : contact@i4ce.org

Suivez-nous sur

