

BUREAU
FRANÇAIS
des e-fuels

SIAPARTNERS

Observatoire français des e-fuels.

Décarboner l'industrie et la mobilité lourde avec des solutions disponibles dès maintenant.

Juillet 2023

Les ambitions industrielles portées en France à l'horizon 2030 mobiliseraient plus de 14 TWh d'électricité bas-carbone à convertir en méthane, méthanol et kérosène de synthèse pour éviter 1,7 MtCO₂/an, soit l'équivalent des émissions annuelles de plus de 170 000 français.

Avant-propos. Genèse de l'Observatoire



Charlotte de Lorgeril

*Partner Energy, Utilities & Environment,
Sia Partners*

Porte-parole du Bureau français des e-fuels



Chez Sia Partners, nous avons la conviction qu'**assurer aujourd'hui une diversification des filières de demain est essentiel à l'atteinte des objectifs climatiques**. Fort de nos + 15 ans d'expérience dans les carburants alternatifs, dont l'hydrogène et ses dérivés, et bénéficiant de toute l'expertise de notre Climate Analysis Center rassemblant 200 spécialistes, nous avons naturellement souhaité apporter **un regard pragmatique, indépendant et pluridisciplinaire** sur ces sujets, à travers la construction de l'Observatoire français des e-fuels. Impératifs du siècle, **les enjeux climatiques exigent une mutation du monde de l'énergie que les e-fuels proposent d'amorcer dès maintenant** avec des solutions bas-carbone disponibles pour **substituer les intrants fossiles dans l'industrie et le transport**.

Notre volonté est de rendre compte de **la dynamique d'une filière française vertueuse**, favorisant **des synergies industrielles dans les territoires et avec un fort potentiel de décarbonation de secteurs émetteurs**. Afin d'informer au mieux les acteurs positionnés sur l'ensemble de la chaîne de valeur, les pouvoirs publics ainsi que les citoyens français, et de les accompagner dans leurs projets, il nous semble incontournable de décrypter **les perspectives de croissance et les enjeux inhérents à cet essor : économie, technologie, environnement, société...**

Cette première publication de l'Observatoire se veut pédagogique et contextuelle, et présente **12 indicateurs clés pour fournir une vision d'ensemble de la filière en France, ses besoins et sa trajectoire à l'horizon 2030**. Elle introduit le cadre de marché et cartographie les projets annoncés ainsi que leur implantation sur le territoire, en évaluant notamment les ressources à mobiliser et les externalités positives induites. **Elle a vocation à être enrichie et mise à jour régulièrement, pour suivre au mieux l'évolution du secteur.**



Cédric de Saint-Jouan

*Président et fondateur, Vol-V
Président du Comité Stratégique, Elyse Energy*
Porte-parole du Bureau français des e-fuels



Si l'émergence des énergies renouvelables a permis, ces dernières décennies, de décarboner la production d'électricité, **le temps est venu de s'attaquer à d'autres usages plus difficiles à décarboner**, notamment le transport lourd, aérien et maritime.

Des objectifs ambitieux ont été fixés par l'Europe ainsi que le gouvernement français et les projets d'e-fuels émergent sur notre territoire dès aujourd'hui.

La France qui dispose d'un **avantage compétitif important grâce à un mix électrique décarboné**, bénéficie d'une **opportunité de réindustrialiser, d'améliorer sa souveraineté énergétique et de développer des savoir-faire qui seront exportables**.

Ce tournant nécessite avant tout de mettre à disposition **les quantités d'électricité bas-carbone (renouvelables et nucléaires) nécessaires** et de développer rapidement des capacités additionnelles pour accompagner les besoins futurs.

Table des matières.

	Avant-propos	2
	Table des matières	3
Partie 1.	Introduction	4
	Périmètre de l'étude	5
	Présentation des indicateurs	6
	Résumé exécutif	7
	Contexte général	10
	Cadre réglementaire	11
Indicateur 01.	Chaîne de valeur	12
Partie 2.	Dynamique de la filière	13
Indicateur 02.	Gisement de dioxyde de carbone	14
Indicateur 03.	Cartographie des projets prévus	15
Indicateur 04.	Implantation sur le territoire	16

Partie 3.	Ressources à mobiliser	17
	Vue d'ensemble	18
Indicateur 05.	Besoin carbone	19
Indicateur 06.	Besoin électrique	20
Indicateur 07.	Besoin hydrique	21
Indicateur 08.	Besoin foncier	22
Partie 4.	Externalités positives	23
Indicateur 09.	Impact social	24
Indicateur 10.	Impact environnemental	25
Indicateur 11.	Impact économique	26
Indicateur 12.	Impact commercial	27
Partie 5.	Annexes	28
	Glossaire	29
	Méthodologie	30
	Contacts	31

Partie 1.

Introduction

- Périmètre de l'étude
- Présentation des indicateurs
- Résumé exécutif
- Contexte général
- Cadre réglementaire
- Chaîne de valeur

Périmètre de l'étude.

La première édition de l'Observatoire français des e-fuels parue en juillet 2023 se focalise spécifiquement sur les dynamiques de filière et les enjeux de mobilisation de ressources pour trois carburants de synthèse aux potentiels de marché particulièrement prometteurs : le e-méthane, le e-méthanol et le e-kérosène. Produits à partir d'hydrogène, lui-même généré par électrolyse de l'eau alimentée par de l'électricité renouvelable ou nucléaire, et de carbone recyclé dans l'industrie, la bioénergie ou capté dans l'air, les e-fuels s'affirment comme une solution de décarbonation cruciale pour les intrants industriels et les mobilités lourdes telles que l'aérien et le maritime.

3 e-fuels prometteurs retenus dans le périmètre de l'Observatoire

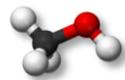


e-méthane

- › Injection dans les réseaux de gaz et incorporation avec le biométhane pour décarboner les usages gaziers
- › Liquéfaction en e-GNL* pour le transport routier, ferroviaire et maritime pour augmenter sa densité d'énergie

12 projets prévus

➤ **2** ktep / an **



e-méthanol

- › Conversion en oléfines et en éthers, intrants bas-carbone pour l'industrie, la chimie et le raffinage
- › Utilisation directe pour le transport maritime ou transformation en carburants paraffiniques pour l'aérien

5 projets prévus

➤ **272** ktep / an **



e-kérosène

- › Production de SAF*** pour décarboner le transport aérien (dont e-bioSAF par injection d'hydrogène dans la production de biocarburants)
- › Incorporation incrémentale dans les carburateurs conventionnels

7 projets prévus

➤ **254** ktep / an **

Prise en compte partielle de la contribution aux filières biocarburants

✓ Périmètre retenu pour la construction des indicateurs

Scope 1 : e-fuels strictement électro-sourcés

Carburants et combustibles dont le contenu énergétique est d'origine électrique et provient exclusivement d'hydrogène produit par électrolyse de l'eau et de carbone non sourcé directement dans la biomasse.

Scope 2 : part électro-sourcée des e-biofuels

Volume énergétique d'origine électrique inclus dans les biocarburants enrichis à l'hydrogène, correspondant à la part d'énergie finale des e-biocarburants issue de l'injection d'hydrogène produit par électrolyse de l'eau.

✗ Hors périmètre des indicateurs

Scope 3 : part bio-sourcée des e-biofuels

Volume énergétique d'origine biologique inclus dans les biocarburants enrichis à l'hydrogène, correspondant à la part d'énergie finale des e-biocarburants issue de la gazéification de la biomasse.

- › **Maturité technologique** des briques industrielles combinées dans les voies de synthèse
- › **Faibles émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie**, sous réserve du recours à une électricité bas-carbone et de l'utilisation de CO₂ à cycle court (biogénique) ou non-évitable (qui aurait été produit industriellement même en l'absence d'une valorisation à des fins de production d'e-fuels)
- › **Utilisation possible des infrastructures existantes** de transport, de stockage, de distribution et des équipements finaux des produits liquides et gazeux aujourd'hui obtenus par transformation de ressources fossiles

Présentation des indicateurs.

01.

Maturité technologique des voies de synthèse

Indique le meilleur niveau de maturité des différentes briques technologiques selon l'échelle TRL du programme Horizon Europe

02.

Gisement valorisable de CO₂ industriel et biogénique

Estime le volume actuel de dioxyde de carbone d'origine industrielle et biogénique captable en France en MtCO₂/an

03.

Capacité de production visée par les projets prévus

Répertorie les objectifs de production des projets prévus à date, en France et à l'horizon 2030, transposés au périmètre étudié

04.

Nombre de départements concernés par un projet

Cartographie les départements d'implantation des projets pilotes et démonstrateurs annoncés dans le périmètre de l'étude

05.

Besoin en CO₂ des projets prévus

Évalue la répartition territoriale du besoin en CO₂, en MtCO₂ / an, des projets prévus à l'horizon 2030

06.

Besoin électrique des projets prévus

Évalue la répartition territoriale du besoin en électricité, en TWh / an, des projets prévus à l'horizon 2030

07.

Besoin hydrique des projets prévus

Évalue la répartition territoriale du besoin en eau, en GL / an, des projets prévus à l'horizon 2030

08.

Besoin foncier des projets prévus

Évalue la répartition territoriale du besoin foncier industriel et électrique, en ha / an, des projets prévus à l'horizon 2030

09.

Création d'emplois pour les projets prévus

Indique le potentiel de création d'emplois directs et indirects sur la base des projets prévus, et sa répartition territoriale

10.

Émissions de CO₂ évitées par les projets prévus

Mesure la réduction nette des émissions de CO₂ sous l'hypothèse de la réalisation totale des objectifs de production annoncés

11.

Dépenses d'investissement des projets prévus

Estime le CAPEX total nécessaire pour financer la part des projets prévus incluse dans le périmètre de l'étude

12.

Impact sur la balance commerciale des projets prévus

Chiffre la valeur en M€ / an des importations de carburants fossiles substituées par la production domestique des projets prévus

Résumé exécutif. L'essor des filières e-fuels en France (1/3)

Une filière amenée à s'industrialiser avant 2030 sur l'ensemble du territoire français

Indicateur 04.
24 Projets d'e-fuels sur le territoire français

Indicateur 04.
18 Départements d'implantation

Indicateur 03.
528 ktep Volume de production des projets prévus

Indicateur 01.
TRL 7-8 Maturité des voies de synthèse des e-fuels

Un cadre européen bientôt en place, avec des cibles à 2030

Plusieurs directives européennes, dont le **Pacte Vert** et le **paquet Fit for 55** comprenant notamment **FuelEU Maritime**, **ReFuelEU Aviation** et **RED II**, imposent des jalons définis à l'horizon 2030 et au-delà.

Des engagements volontaires des clients et consommateurs

Des acteurs aériens et maritimes ont dévoilé des initiatives volontaires qui **dépassent les exigences des institutions gouvernementales**. Des consommateurs se regroupent pour harmoniser leurs objectifs.

De nombreux projets répartis sur le territoire français

Plusieurs projets de taille industrielle se développent dans **18 départements français**, démontrant les progrès réalisés vers **des modèles économiques viables et répliquables**.

Des dynamiques de filière à distinguer selon les e-fuels

Le méthanol et le kérosène **totalisent la majorité des volumes énergétiques d'e-fuels à moyen terme sur le territoire**. Le méthane représente encore une part peu significative des capacités prévues.

Des briques technologiques individuellement matures

Les briques technologiques sont arrivées à un stade de maturité avancé, mais leur **combinaison intégrée dans les processus** pose encore des défis pour l'émergence de voies de synthèse efficaces.

Résumé exécutif. L'essor des filières e-fuels en France (2/3)

De nombreux bénéfices pour l'économie française et pour atteindre nos objectifs climatiques

Indicateur 09.
2 950 Emplois directs et indirects créés

Indicateur 10.
1,7 MtCO₂ Émissions de CO₂ évitées*

Indicateur 11.
3,6 Md€ CAPEX attendus pour les projets prévus

Indicateur 12.
506 M€ Bénéfices sur la balance commerciale

Décarbonation des transports et des industries lourdes

Le CO₂ émis à la combustion des carburants **est compensé par celui capté** afin de les produire. Dans l'hypothèse d'un mix électrique 100% EnR, les e-fuels permettent **jusqu'à 93% d'émissions réduites**.

Souveraineté énergétique et production domestique

La production d'e-fuel permet de **substituer des molécules fossiles et importées** par **une production locale et durable**, participant à la **souveraineté énergétique nationale**.

Industrialisation, création d'emplois et vitalisation

Les filières **créeront de l'emploi** et de **l'activité pour les territoires**. participeront à la **pérennisation des actifs industriels** et **faciliteront l'export du savoir-faire** des industriels français.

Substituts durables et disponibles aux fossiles

Renouvelables et issus de synergies industrielles, les e-fuels sont **une solution durable** pour remplacer dès aujourd'hui les produits fossiles **sans modification des usages finaux et des infrastructures**.

Dynamique territoriale et création de valeur

Grâce à des investissements significatifs et de nouvelles plateformes régionales, les e-fuels peuvent **renforcer et dynamiser une économie** aux échelles locales, nationales et européennes.

Résumé exécutif. L'essor des filières e-fuels en France (3/3)

Une chaîne de valeur à développer et des besoins en ressources à anticiper

Indicateur 05.

1,7
MtCO₂

Besoin carbone pour les projets prévus

Indicateur 06.

14
TWh

Besoin électrique pour les projets prévus

Indicateur 07.

4 620
ML

Besoin hydrique pour les projets prévus

Indicateur 08.

180
ha

Besoin foncier pour les projets prévus

Des besoins en CO₂ à capter dans l'industrie ou la biomasse

Le gisement actuel de CO₂ **suffit à couvrir les besoins en carbone des procédés de synthèse**, sans compter le potentiel additionnel lié à la valorisation du carbone biogénique.

Des besoins en électricité renouvelable et bas carbone

Le besoin en électricité est principalement dû à **l'électrolyse de l'eau** générant l'hydrogène. Mobiliser les volumes d'électricité bas-carbone de manière compétitive constitue **l'enjeu majeur de la filière**.

Des besoins en eau pour l'électrolyse et les procédés

Un cinquième du besoin en eau est **lié à l'électrolyse** et constitue la matière première fournissant l'hydrogène. Le reste est **utilisé dans les procédés de synthèse** puis recyclé ou restitué au système.

Des besoins en foncier industriel assez faibles

L'empreinte au sol combine les **surfaces des électrolyseurs et des plateformes de synthèse**. Le foncier industriel demeure relativement réduit mais la production d'EnR peut être gourmande en espace.

Contexte général. Rôle des e-fuels dans la transition énergétique

Les e-fuels constituent un complément nécessaire dans la boîte à outil européenne pour atteindre les objectifs climatiques à court, moyen et long terme. Ils fournissent des solutions de substitution pour les secteurs sans alternatives. Leur développement ne doit pas tant à des technologies qui mûrissent, qu'à la sensibilisation accrue des clients et citoyens aux enjeux climatiques, à un cadre réglementaire favorable et à des initiatives volontaires des acteurs économiques. Vecteurs chimiques d'énergie électrique, ils permettent une électrification indirecte des usages pour compléter l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'électrification directe.

Les e-fuels : des leviers de décarbonation dont la compétitivité reste à renforcer

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

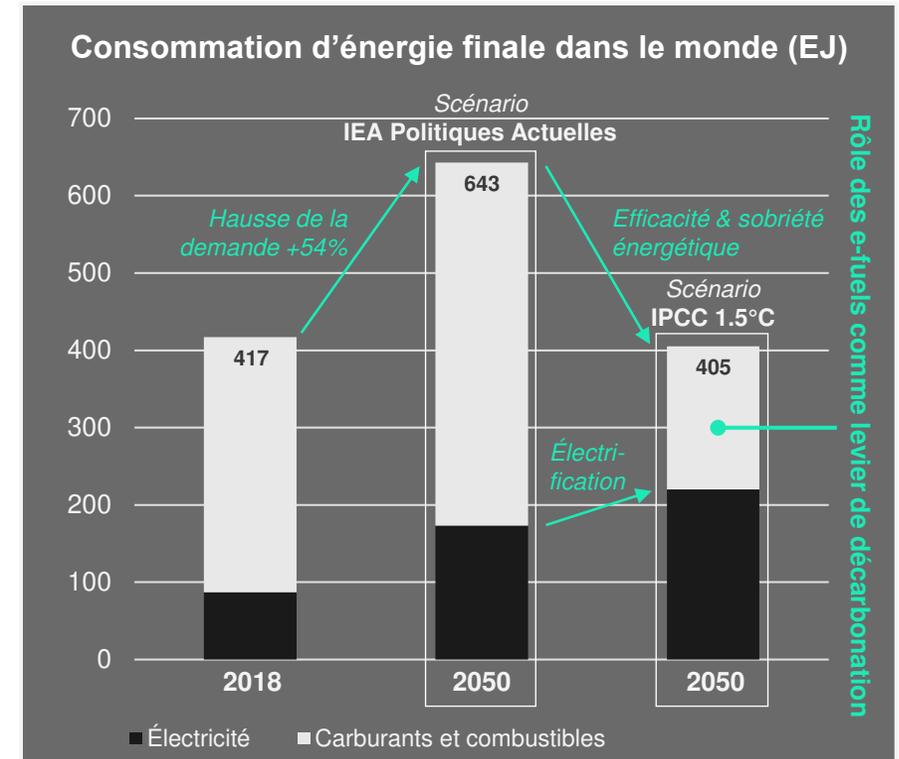
- › Les e-fuels représentent une opportunité de décarboner les transports car ils sont bas-carbone et utilisables directement dans les moteurs à combustion interne existants.
- › Le CO₂ émis lors de leur combustion est équivalent à celui capturé pour les produire. La comptabilité carbone dans le cas d'une capture industrielle fait cependant l'objet de discussions.

PRODUCTION LOCALISÉE DANS LES TERRITOIRES

- › Le coût de revient des e-fuels est aujourd'hui 2 à 7 fois plus élevé en comparaison avec leurs équivalents fossiles.
- › La production des e-fuels permet des synergies industrielles en favorisant une économie circulaire entre les intrants et les co-produits de différents secteurs (acier, ciment, biomasse...).
- › Ils bénéficient d'une meilleure performance que les accumulateurs électriques pour le stockage de longue durée et sont facilement transportables par les réseaux et les véhicules.

SIMPLICITÉ D'UTILISATION

- › La distribution des e-fuels peut reposer sur les infrastructures de transport existantes et les usages ne nécessitent pas de modifications majeures pour avoir recours à ces produits.
- › L'accélération du développement des procédés de synthèse et l'industrialisation de nouvelles technologies matures permettent la généralisation des e-fuels et le déploiement de solutions bas-carbone dans des secteurs sans alternatives comme le transport aérien ou maritime et diverses industries chimiques.



Les e-fuels ont un rôle majeur à jouer dans l'atteinte des objectifs climatiques. Leur développement peut constituer le 3^{ème} pilier de la transition énergétique avec l'électrification et l'efficacité énergétique.

Cadre réglementaire. Consolidation des politiques européennes

Pour atteindre la neutralité carbone, l'Union Européenne déploie des mesures ambitieuses afin de réaliser sa transition énergétique en développant les énergies renouvelables. Les e-fuels constituent un moyen de substitution bas-carbone en bout de chaîne lorsque les autres solutions se révèlent peu adaptées, et permettent de simplifier l'utilisation et le stockage d'énergie électrique renouvelable. En amortissant le cycle de vie des usages thermiques et en réduisant leur empreinte carbone, les e-fuels font l'objet de deux nomenclatures propres à l'Union Européenne : les RFNBO* et les LCFNBO** dont les cadres réglementaires sont en cours de définition.



Traité international visant l'objectif mondial de limiter le réchauffement climatique à un niveau bien inférieur à 2°C, de préférence 1,5°C, par rapport au niveau préindustriel.

Feuille de route européenne élaborée pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris avec l'ambition de faire de l'Europe le premier continent neutre en carbone à l'horizon 2050.

Objectif intermédiaire de réduction des émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55% d'ici à 2030 par rapport aux niveaux de 1990, reposant sur un paquet de 13 propositions.

Acte européen du paquet « Fit for 55 » encadrant le développement des EnR et visant une part renouvelable de 14% dans la consommation finale du secteur du transport européen d'ici 2030.

Définition des critères de production des RFNBO, notamment concernant la production d'hydrogène, l'approvisionnement en électricité bas-carbone, la méthodologie d'évaluation des émissions de GES.

70% Seuil de réduction minimal d'émissions de gaz à effet de serre des RFNBO par rapport à leurs équivalents fossiles (RED II)

1% Cible 2030 de RFNBO dans la part d'EnR (cible 29%) de l'énergie finale consommée par le secteur UE du transport (RED II)

Acte délégué à l'article 27(3) de la directive 2018/2001 (RED II)

➤ Critères de production des RFNBO

Pour un mix électrique avec un facteur d'émission inférieur à 18gCO₂eq/MJ (cas de la France) et concernant les électrolyseurs connectés au réseau :

- Approvisionnement en électricité renouvelable via des PPA***
- Corrélation géographique (dans la même binding zone que les PPA)
- Corrélation temporelle (au pas mensuel jusqu'au 31/12/2029 puis au pas horaire)

En France : le critère d'additionnalité des actifs d'énergies renouvelables et le critère d'absence d'aides d'Etat ne sont donc pas applicables au regard du mix électrique.

○ Focus sur les plans sectoriels

➤ RED III Industrie



➤ ReFuelEU Aviation



➤ FuelEU Maritime



Chaîne de valeur. Maturité des briques technologiques

En fonction des procédés déployés, la maturité des différentes voies technologiques de synthèse est comprise entre TRL4 et TRL9. Les procédés de fabrication des principaux e-fuels sont globalement matures mais leurs rendements sont en cours d'amélioration. Certains e-fuels sont d'ores-et-déjà certifiés et incorporés dans l'industrie et les transports aérien, maritime et terrestre. De nouvelles technologies d'électrolyse font actuellement l'objet d'études avancées pour améliorer l'efficacité énergétique de la production d'hydrogène afin de réduire les coûts et de verdir davantage la filière.

Indicateur

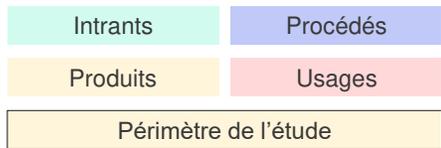
01.

Maturité technologique des voies de synthèse TRL 7-8

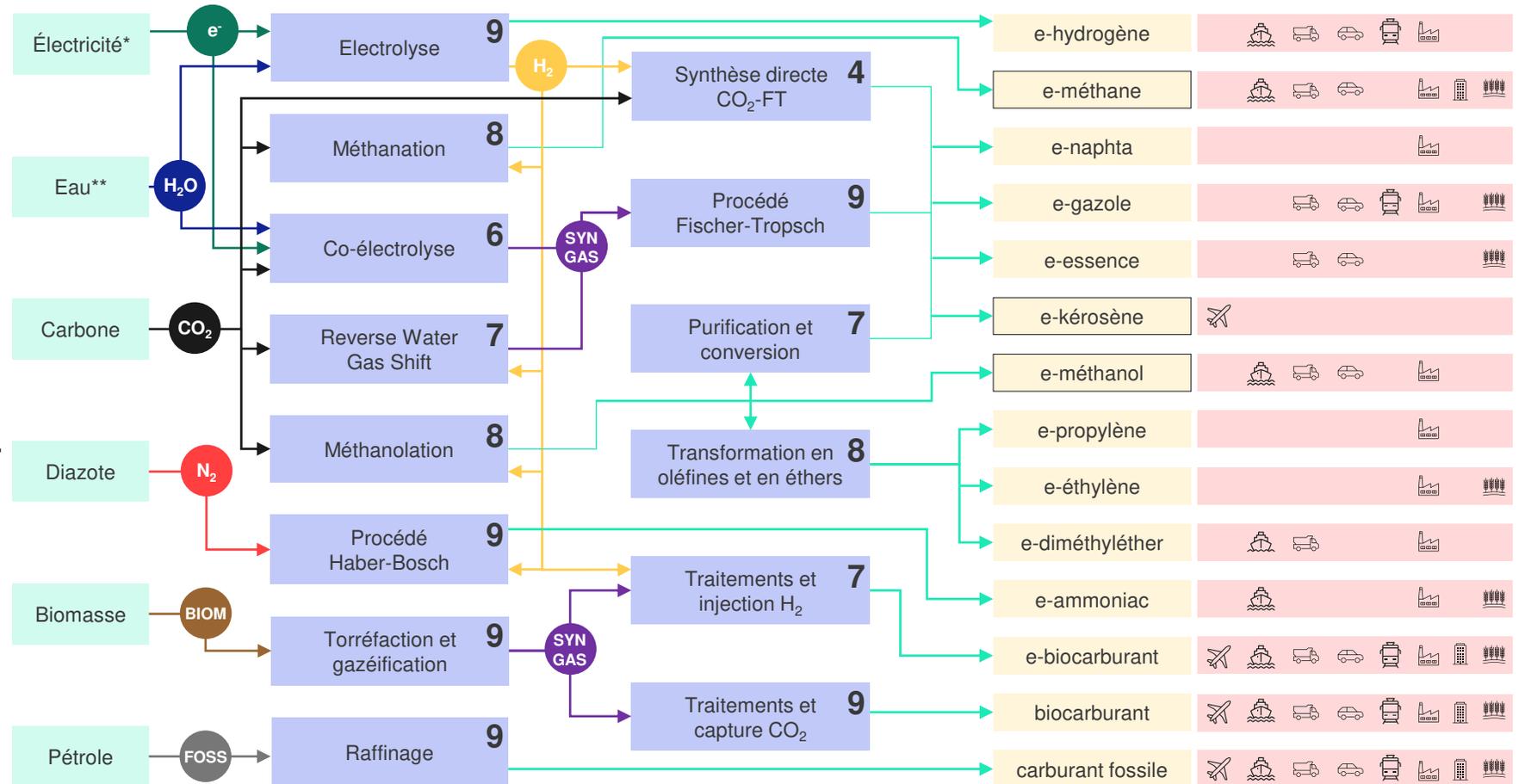
méthane : 8, méthanol : 8, kérosène : 7

- 1 Observation du principe de base
- 2 Concept technologique
- 3 Preuve expérimentale
- 4 Validation en laboratoire
- 5 Validation en environnement réel
- 6 Démonstration en environnement réel
- 7 Démonstrateur opérationnel
- 8 Qualification d'un système complet
- 9 Système opérationnel

- ✈️ Aviation
- 🚢 Maritime
- 🚛 Routier lourd
- 🚗 Routier léger
- 🚆 Ferroviaire
- 🏭 Industrie
- 🏠 Résidentiel
- 🌾 Agriculture



Légende



Partie 2.

Dynamique de la filière

- Gisement de dioxyde de carbone
- Cartographie des projets prévus
- Implantation sur le territoire

Gisement de dioxyde de carbone. Potentiel captable

Le gisement de CO₂ biogénique estimé aujourd'hui est voué à croître rapidement à mesure que les filières bioénergétiques et les usages de la biomasse se développent, de même que la cogénération d'électricité et de chaleur biosourcée. L'utilisation du CO₂, industriel non-évitable ou biogénique, présente un fort intérêt pour développer des symbioses industrielles régionales. La DAC (capture directe du carbone dans l'air) présente un intérêt local lorsque le CO₂ biogénique est peu disponible, mais son efficacité reste faible et ses coûts élevés, d'autant plus que les gisements non-évitable et biogéniques actuels suffisent à couvrir les besoins de la filière en France.

Indicateur

02.

Gisement valorisable de CO₂ industriel et biogénique
53 Mt / an

CO₂ industriel évitable

Il est produit lors de certains procédés industriels et peut être évité grâce à des mesures d'efficacité énergétique, de substitution technologique ou aux sources d'énergie renouvelables/bas-carbone.

CO₂ industriel non-évitable

Il est non-énergétique, produit principalement par des industries lourdes (e.g. ciment) et sa réduction induit des coûts prohibitifs, ou est impossible avec la technologie moderne.

CO₂ biogénique

Il est produit par la décomposition de matières organiques d'origine biologique et est considéré comme neutre pour le climat car il est issu d'un cycle court du carbone. Il est captable lors des procédés mettant en jeu de la biomasse (filières biogaz, biocarburants, pâte à papier, déchets organiques, bois-énergie, cogénération, etc.).

Analyse Sia Partners d'après ADEME (avis technique CSC, 2021), GRDF (article valorisation CO₂, 2021), McKinsey (rapport hard-to-abate sectors, 2022), CTBM (guide technique valorisation CO₂, 2020)

Note méthodologique

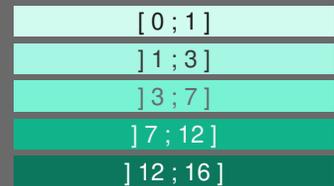
Comparaison des procédés de captage selon la source*

	CO ₂ industriel	Exemple acier	CO ₂ biogénique	Exemple biogaz
Maturité (TRL)	4 - 9	8	5 - 9	8
Coût (€/t)	16 - 130	55	8 - 250	10
Consommation d'énergie (GJ/t)	0,4 - 9,3	4	0,59 - 5,2	2
Potentiel captable (Mt/an)	52	17	0,9**	0,89

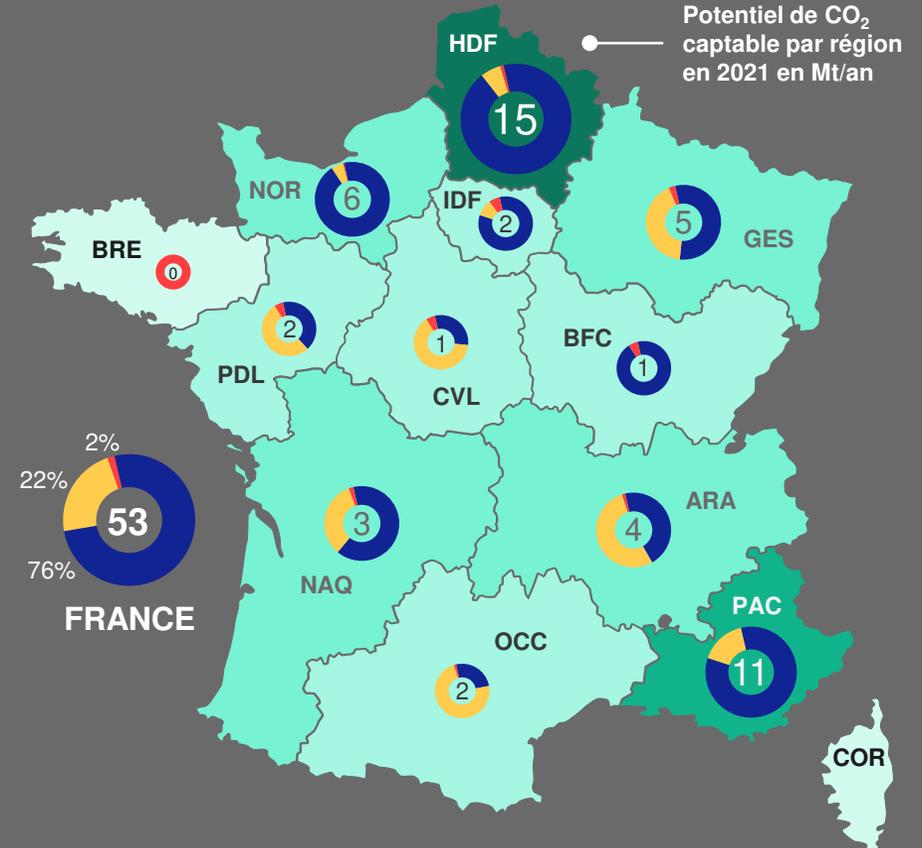
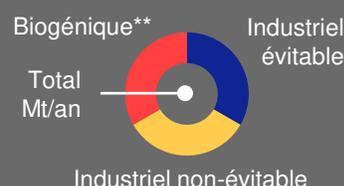
Cas d'usage	Décarboner les secteurs de l'industrie lourde aux émissions non évitables	ArcelorMittal fournit le CO ₂ pour le projet Reuze conduit avec Engie et Infinium	Créer des synergies territoriales et valoriser les ressources locales	Le projet Energo source son CO ₂ sur une unité de biogaz dans l'Oise
-------------	---	--	---	---

Légende

Volume total de CO₂ captable en Mt/an :



Répartition des sources de CO₂ captable :



* Valeurs moyennes issues de fourchettes d'estimation d'après ADEME (Avis CSC, 2021)

** Issu d'unités de biogaz / méthanisation (hors bois-énergie, pâtes à papier, etc.)

Le CO₂ atmosphérique captable par DAC (Direct Air Capture) n'est pas inclus dans cette évaluation pour des questions de maturité technologique, de rendement, de coût énergétique et d'orientation politique.

Cartographie des projets prévus.

Les projets sont principalement portés par de grands énergéticiens et transporteurs, mais également des PME industrielles, des acteurs de l'industrie lourde, et de la valorisation de la biomasse pour ce qui concerne les e-biocarburants. La R&D est aujourd'hui orientée vers les SAF en raison des enjeux prioritaires de décarbonation de l'aviation mais des perspectives prometteuses émergent pour le transport maritime. Ces molécules peuvent également être injectées dans le réseau gazier et incorporées dans l'industrie et la chimie. Pilotes et démonstrateurs s'implantent sur l'ensemble du territoire pour répondre à une dynamique territoriale.

Indicateur

03.

Capacité de production visée
par les projets prévus
528 ktep / an

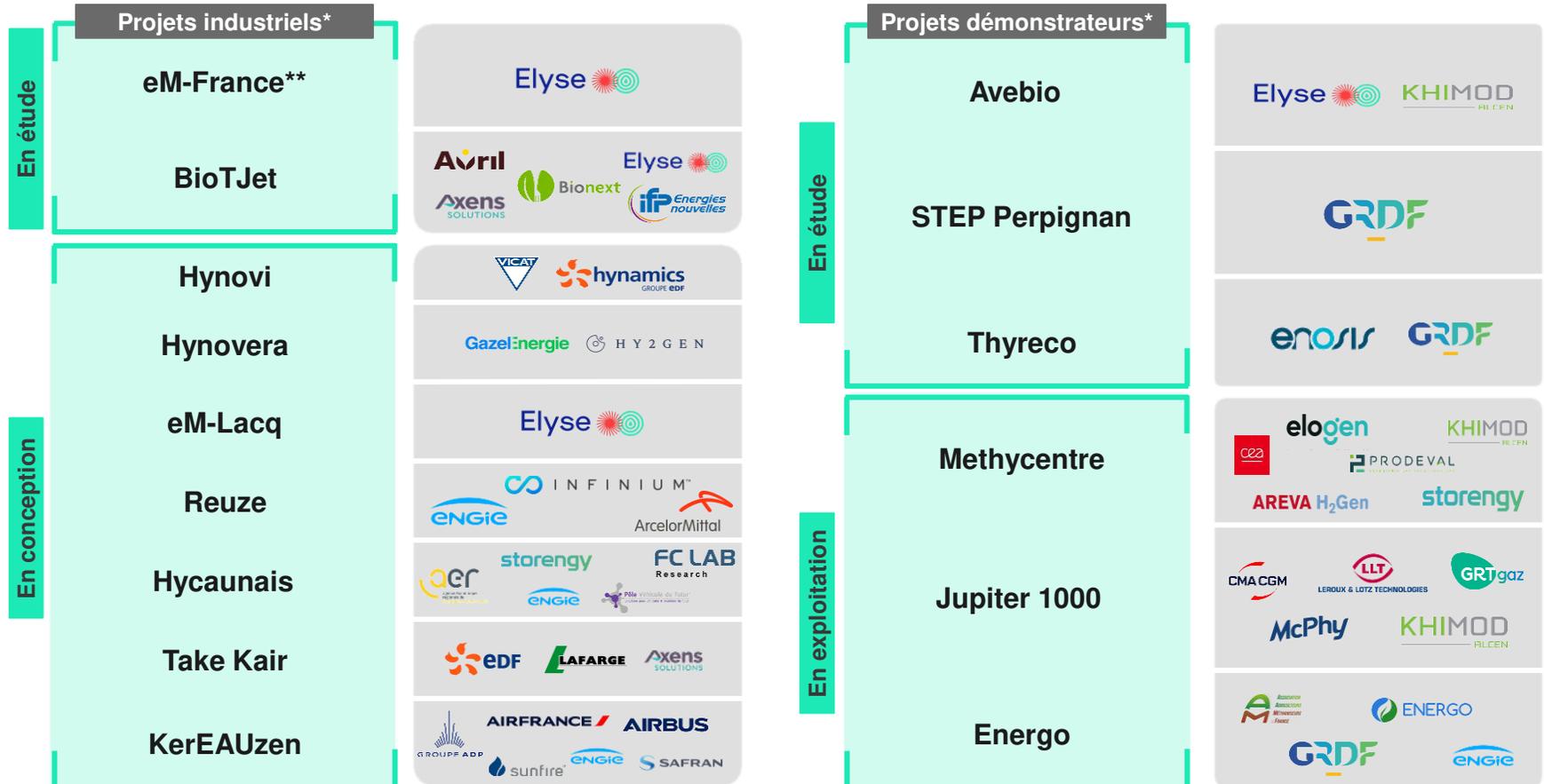
Cette sélection inclut les projets prévus à l'horizon 2030 pour lesquels une communication publique a été réalisée à date.

Certains projets combinent la synthèse d'e-fuels avec une production de biocarburants. Lorsqu'ils ne communiquent pas sur le volume d'hydrogène injecté, la part d'e-fuels choisie correspond à 50% du contenu énergétique des e-biocarburants (hypothèse Elyse Energy et Secrétariat Général à la Planification Écologique, cohérente avec les données techniques disponibles).

Les acteurs représentés sont des investisseurs, opérateurs ou partenaires des projets.

Note méthodologique

	Capacité de production	Nombre de projets
e-méthane	2 ktep/an	12
e-méthanol	272 ktep/an	5
e-kérosène	254 ktep/an	7
Total	528 ktep/an	24



* Projets majeurs (non exhaustif). La distinction faite entre projets industriels et démonstrateurs est arbitraire, d'après les annonces publiques et les capacités des projets

** 3 des 4 plateformes du programme eM-France porté par Elyse Energy (eM-Rhône, eM-CTY et NeoCarb)

Implantation sur le territoire. Échelle départementale

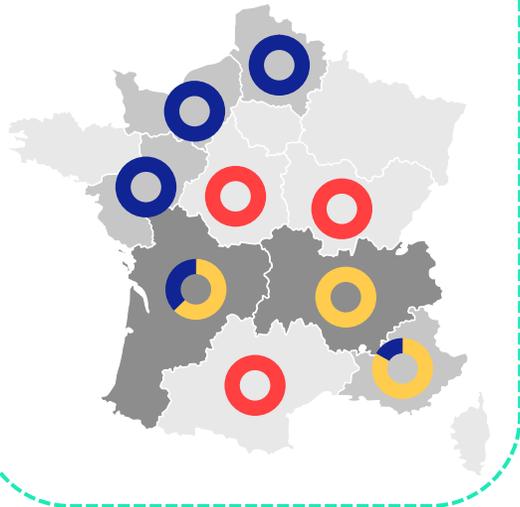
On compte aujourd'hui 24 projets d'implantation (tous stades d'avancement confondus) répartis sur 18 départements métropolitains. Parmi eux, 12 projets sont destinés à la production et à l'injection d'e-méthane pour décarboner le réseau gazier et représentent moins de 1% de la capacité totale, tandis que la production annoncée est dominée par l'e-kérosène (7 projets pour 48% de la production) et par l'e-méthanol (5 projets pour 51% de la production). On dénombre 8 projets démonstrateurs parmi lesquels une majorité d'e-méthane et 16 projets industriels reflétant notamment l'accélération des filières e-méthanol et e-kérosène en vue de leur commercialisation.

Indicateur

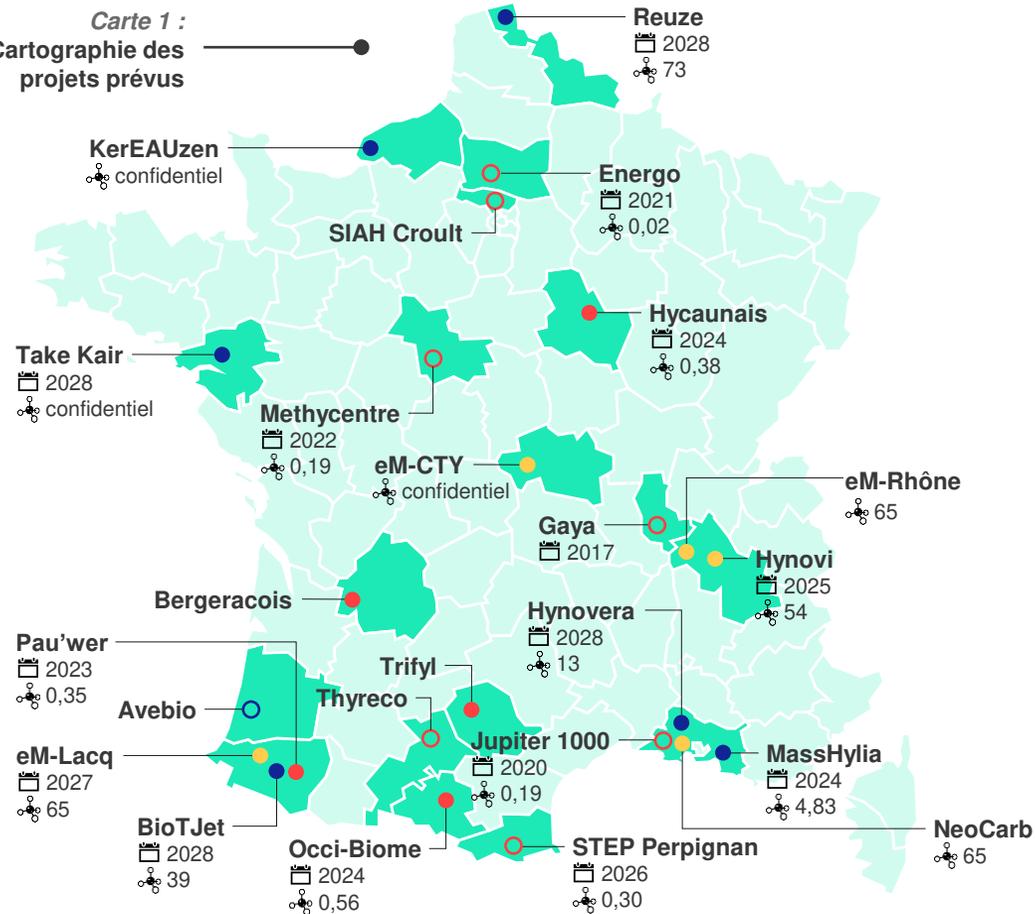
04.

Nombre de départements concernés par un projet
18 départements

Carte 2 : Répartition régionale des ambitions de production annoncées



Carte 1 :
Cartographie des
projets prévus



Légende

Carte 1

- Départements concernés par au moins un projet d'implantation
- Projets industriels d'e-méthane
- Projets industriels d'e-méthanol
- Projets industriels d'e-kérosène
- Projets démonstrateurs d'e-méthane
- Projets démonstrateurs d'e-méthanol
- Projets démonstrateurs d'e-kérosène
- 📅 Mise en service effective ou prévue
- 👤 Ambition de production en ktep/an

Carte 2

- Régions avec une production prévue inférieure à 1 ktep / an
- Régions avec une production prévue entre 1 et 100 ktep / an
- Régions avec une production prévue supérieure à 100 ktep / an



Partie 3.

Ressources à mobiliser

- ▶ Vue d'ensemble
- ▶ Besoin carbone
- ▶ Besoin électrique
- ▶ Besoin hydrique
- ▶ Besoin foncier

Vue d'ensemble. Sur la base des projets prévus

Sur l'ensemble des projets cartographiés, la production estimée à 528 ktep d'e-fuels d'ici 2030 nécessitera un volume important d'électricité bas-carbone en majorité consommée par l'électrolyse, de l'eau et une empreinte au sol des plateformes industrielles relativement réduite. Le CO₂, biogénique ou non-évitable, semble suffisant. Bien que leurs équivalents d'origine biologique ou fossile soient moins intenses en électricité, les e-fuels sont les seuls carburants à recycler du CO₂ non-évitable en proposant une solution de stockage chimique de l'énergie électrique.

528 ktep / an
 Projection France 2030*



1,7 MtCO₂
Carbone
 à capter dans la biomasse ou l'industrie



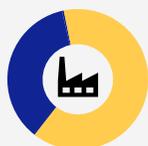
14 TWh
Électricité
 - 11,9 TWh : électrolyse de l'eau
 - 2,1 TWh : synthèse des e-fuels



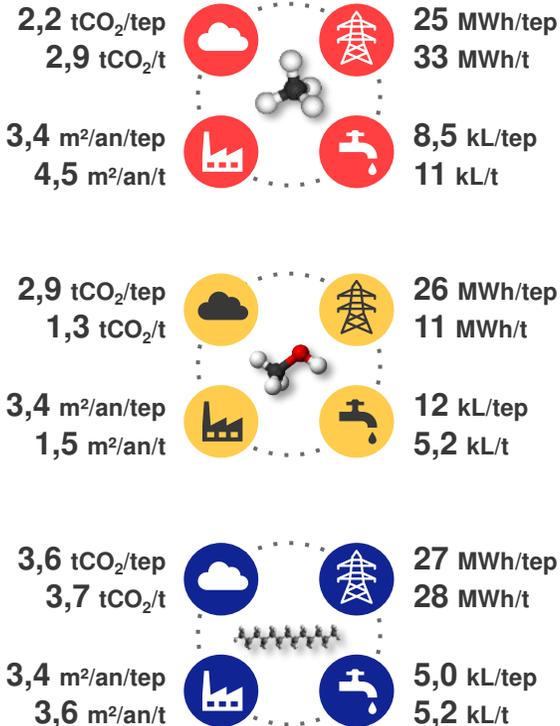
4 620 ML
Eau
 - 880 ML : consommés
 - 3 740 ML : prélevés et restitués



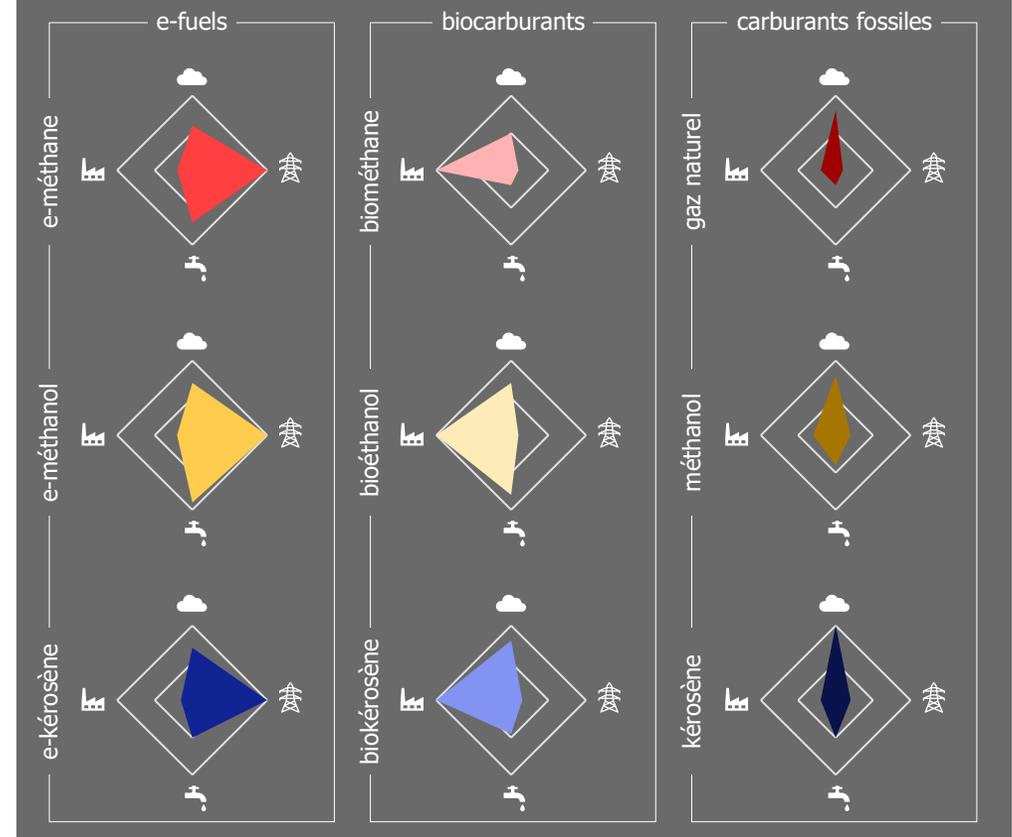
180 ha
Foncier
 - 30 ha : électrolyse de l'eau
 - 150 ha : synthèse des e-fuels



Quantités intensives de ressources à mobiliser par unité d'e-fuel produite



Étude comparative des besoins par type de carburant**



* Selon la cartographie des projets prévus à date dans le périmètre de l'étude

** Analyse Sia Partners des ressources relatives à mobiliser (eau industrielle hors production biomasse, gisement CO₂ industriel-biogénique-fossile selon type)

Besoin carbone. Sur la base des projets prévus

Levier de décarbonation de l'énergie stockée dans les carburants et les intrants chimiques, l'utilisation de dioxyde de carbone dans les procédés de synthèse des e-fuels impliquent des besoins conséquents, pouvant être satisfaits par le captage de CO₂ d'origine biogénique ou industrielle non-évitable. Cette émission négative compense celle de la combustion ou de la décomposition, l'empreinte carbone dépendant alors des procédés de fabrication et de la logistique, notamment le transport en amont et en aval de la chaîne de production. La réduction des émissions sur l'ensemble du cycle de vie peut atteindre plus de 90% par rapport aux équivalents fossiles.

Indicateur

05.

Besoin en CO₂
des projets prévus
1,7 Mt / an

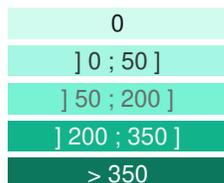
Estimation du besoin en CO₂ par région et par e-fuel selon la cartographie des projets prévus à l'horizon 2030.

Données *Global demand analysis for carbon dioxide*, 2022, T. Galimova et al. :

- 2,2 tCO₂ / tep e-méthane produite
- 2,9 tCO₂ / tep e-méthanol produite
- 3,6 tCO₂ / tep e-kérosène produite

Note méthodologique

Besoin en CO₂
(kt / an)



Part du besoin
par e-fuel



Légende

Enjeux de l'approvisionnement en CO₂

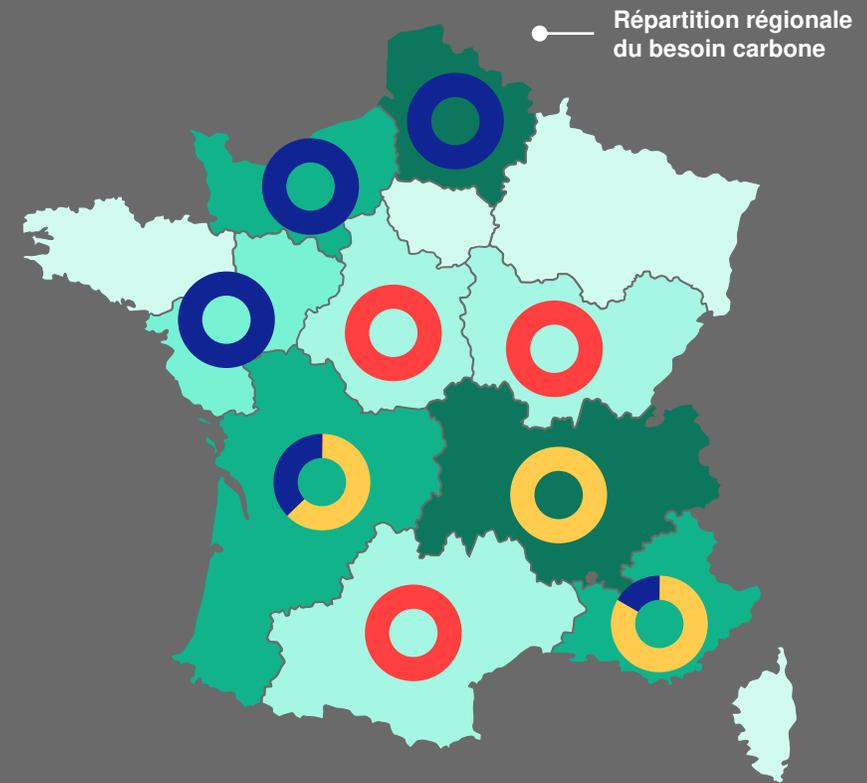
Les principaux projets d'e-fuels sont en grande majorité localisés à proximité de complexes industriels fortement émetteurs de CO₂, afin de minimiser les coûts et les émissions liées au processus de capture et de s'inscrire dans une logique d'économie du carbone circulaire et locale.

Les problématiques sont liées à l'acheminement et au développement de réseaux de carbone pour subvenir aux demandes élevées de la synthèse d'e-fuels, dans la mesure où le gisement actuellement valorisable semble déjà suffisant.

La méthanation, biologique ou catalytique, peut être combinée à la méthanisation pour favoriser les synergies et optimiser le gisement biogénique.

Focus sur un projet : Reuze

Situé à proximité de la zone industrielle et portuaire de Dunkerque, le projet Reuze, porté par Engie et Infinium, vise à transformer et valoriser 300 kt de CO₂ à partir des émissions des installations de sidérurgie d'ArcelorMittal, présentes dans les environs immédiats, avec un objectif de plus de 100 kt de carburants et naphtha produits à terme.



Besoin électrique. Sur la base des projets prévus

Le recours aux e-fuels permet d'électrifier de manière indirecte des usages difficilement électrifiables. Principalement utilisée pour la production d'hydrogène, l'électricité bas-carbone induit des e-fuels bas-carbone. C'est le cas du mix électrique français, en majorité issu de l'énergie nucléaire et de l'hydroélectricité. L'électricité constitue donc l'intrant fournisseur d'énergie, convertie puis stockée chimiquement dans les e-fuels, permettant une électrification indirecte de certains secteurs aux émissions non-évitable via une multitude de vecteurs gazeux et liquides dérivés de l'hydrogène. Le besoin électrique est l'un des enjeux prioritaires d'approvisionnement de la filière.

Indicateur

06.

Besoin électrique
des projets prévus
14 TWh / an

Estimation du besoin électrique par région et par e-fuel selon la cartographie des projets prévus à l'horizon 2030.

Données *Note de synthèse*, 2023, Evlen :

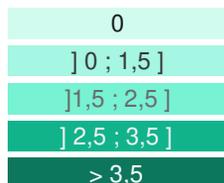
- 25,2 MWh / tep e-méthane produite
- 26,3 MWh / tep e-méthanol produite
- 26,8 MWh / tep e-kérosène produite

Cela inclut la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau qui représente 85% du besoin électrique de la chaîne de valeur.

Note méthodologique

Légende

Besoin électrique
(TWh / an)



Part du besoin
par e-fuel



Enjeux de l'approvisionnement en électricité

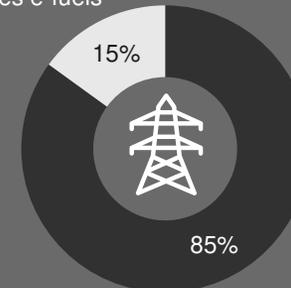
Les producteurs d'e-fuels s'accordent à dire que l'électricité est la ressource critique de la chaîne de production, consommée en grande majorité par l'électrolyse de l'eau pour produire l'hydrogène.

Au-delà des contraintes réglementaires (PPA, corrélations géographique et temporelle, critère d'additionnalité), fournir plus de 14 TWh d'électricité bas-carbone pour la filière soulève des questions économiques et technologiques majeures, notamment pour l'allocation des ressources. Le déploiement rapide de nouveaux moyens de production sera nécessaire à son développement. La France jouit d'une situation favorable grâce à son parc électronucléaire et hydraulique qui permet de connecter des projets en base.

Focus sur un projet : Hynovi

Implanté sur le site de la cimenterie Vicat de Montalieu-Vercieu pour valoriser une partie de ses émissions de CO₂, le projet vise à produire 125 kt/an d'e-méthanol dès 2025 grâce à l'installation sur site d'un électrolyseur Hynamics d'une puissance de 180 MW soit près de 1,6 TWh / an dans l'hypothèse d'un facteur de charge à 100%.

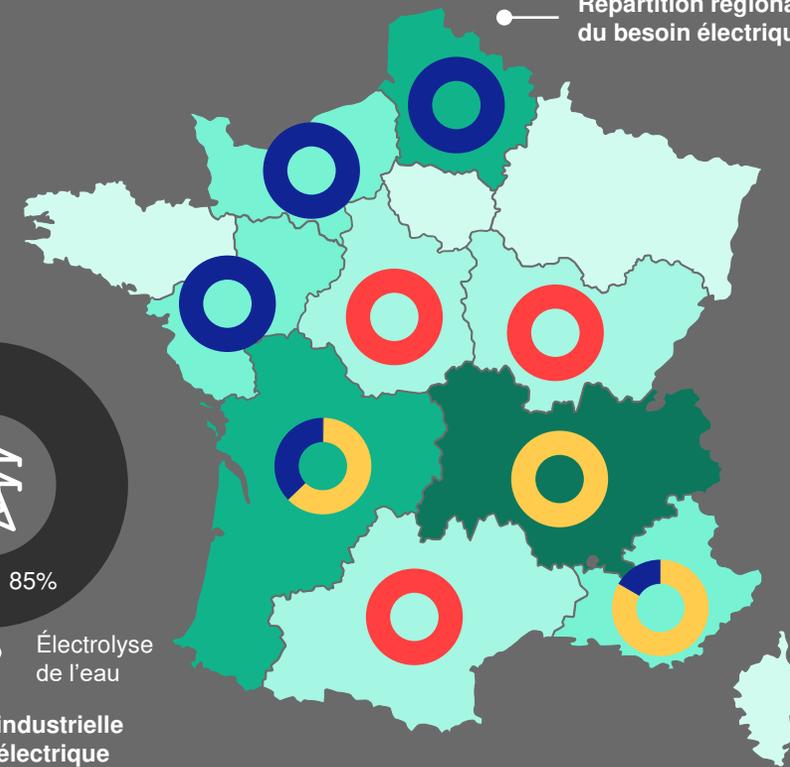
Synthèse
des e-fuels



Électrolyse
de l'eau

Répartition industrielle
du besoin électrique

Répartition régionale
du besoin électrique



Besoin hydrique. Sur la base des projets prévus

Il faut distinguer l'eau utilisée dans le procédé d'électrolyse produisant l'hydrogène, que l'on considère consommée, de celle utilisée dans les étapes de synthèse industrielle des e-fuels, par exemple en tant que liquide de refroidissement en circuit fermé ou dans les procédés de lavage et de purification, que l'on considère prélevée. Le volume d'eau électrolysée représente moins d'un cinquième de la consommation hydrique totale de la chaîne de valeur, tandis qu'une majorité de l'eau industrielle prélevée est recyclée ou restituée après son utilisation.

Indicateur

07.

Besoin hydrique
des projets prévus
4 620 ML / an

Estimation du besoin hydrique par région et par e-fuel selon la cartographie des projets prévus à l'horizon 2030.

- Données *Literature review*, 2019, Concawe :
- 8 507 L / tep e-méthane produite
 - 12 215 L / tep e-méthanol produite
 - 5 057 L / tep e-kérosène produite

Ces valeurs incluent le volume d'eau consommée (prélèvement net) et d'eau prélevée puis restituée (prélèvement brut).

Note méthodologique

Légende

Enjeux de l'approvisionnement en eau

L'utilisation de l'eau pour la filière e-fuel peut poser des défis d'approvisionnement quand les besoins locaux d'autres secteurs peuvent exercer une tension, comme l'agriculture et les besoins industriels. Le besoin hydrique de la filière est dominé par ses procédés industriels.

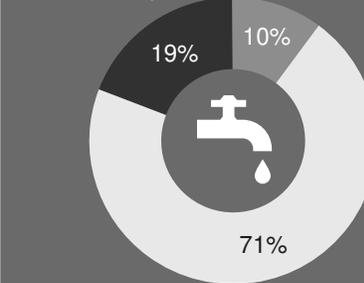
L'eau utilisée pour la production d'hydrogène doit être d'une grande pureté afin d'éviter les contaminants qui affectent les performances des électrolyseurs ou entraînent un phénomène de corrosion sur les machines de production. Les procédés chimiques génèrent des sous-produits indésirables tels que des gaz résiduels ou des produits issus du traitement de l'eau, qu'il faut donc recycler, réutiliser dans les procédés ou évacuer.

Focus sur un projet : Hynovera

Suite à la concertation publique, les porteurs du projet Hynovera ont décidé de réduire de moitié la capacité totale de l'installation en abandonnant la production d'e-méthanol. Avec l'objectif de 25 kt/an d'e-bioSAF dès la phase 2 du projet en 2030, l'unité industrielle devrait consommer entre 350 et 400 ML d'eau annuellement.

Eau prélevée pour le refroidissement des électrolyseurs et restituée au milieu naturel

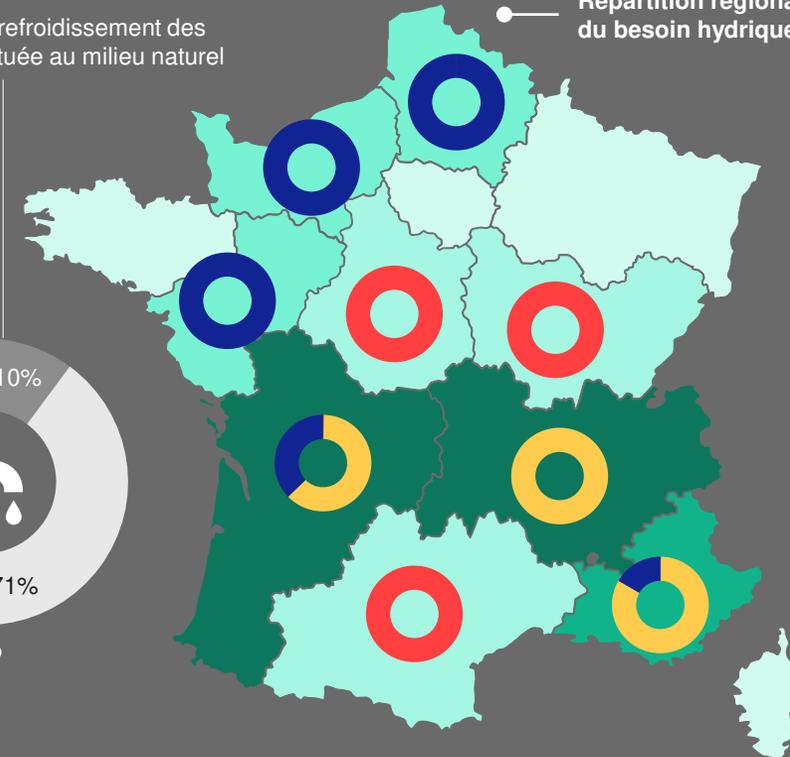
Eau consommée par l'électrolyse



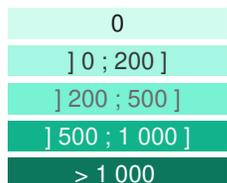
Eau prélevée pour les procédés de synthèse puis recyclée / restituée

Répartition industrielle du besoin hydrique

Répartition régionale du besoin hydrique



Besoin hydrique
(ML / an)



Part du besoin
par e-fuel



Besoin foncier. Sur la base des projets prévus

Le besoin foncier matérialise les surfaces d'exploitation nécessaires à la chaîne de production des e-fuels, depuis les électrolyseurs qui fournissent l'hydrogène jusqu'aux plateformes de synthèse intégrant les divers réacteurs (méthanation, méthanolation, Fischer-Tropsch, etc.). Il est exclu de cet indicateur l'empreinte au sol des dispositifs de capture du CO₂ qui sont associés aux installations industrielles partenaires, ainsi que le besoin foncier électrique nécessaire à l'alimentation bas-carbone des électrolyseurs et des autres procédés. Le besoin estimé à 180 hectares est relativement faible en comparaison à d'autres filières conventionnelles ou alternatives.

Indicateur

08.

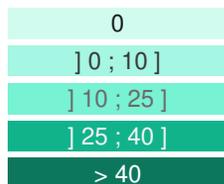
Besoin foncier*
des projets prévus
180 ha

Estimation du besoin foncier industriel pour les procédés de synthèse par région et par e-fuel avec des hypothèses fixées sur la base de données Elyse Energy. Le besoin foncier relatif à l'électrolyse est pris arbitrairement à hauteur de 20% du besoin foncier industriel des procédés de synthèse.

Le besoin foncier électrique** peut être évalué en complément, selon le mix français (2,4 kha) ou avec un scénario EnR à 50% photovoltaïque et à 50% éolien (7,7 kha).

Note méthodologique

Besoin foncier
(ha / an)



Part du besoin
par e-fuel



Légende

Enjeux de l'empreinte au sol

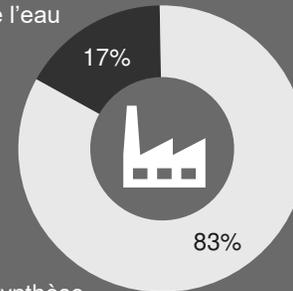
L'empreinte au sol relative à la production de l'hydrogène électrolytique et de sa combinaison avec le carbone pour synthétiser les e-fuels est faible en comparaison au foncier industriel nécessaire aux autres filières énergétiques, telles que les raffineries conventionnelles pour produire des carburants d'origine fossile. En tenant compte du foncier électrique**, 13 à 43 fois plus important que le foncier industriel selon le type de production d'électricité retenu, le besoin foncier total de la filière ramené à la tep est tout de même d'environ 5 fois inférieur à celui des biocarburants équivalents. L'enjeu n'est pas tant sur le besoin foncier intrinsèque de la filière mais plutôt sur la localisation, la concurrence entre les activités industrielles et la disponibilité sur les plateformes d'implantation.



Focus sur un projet : eM-Rhône

Le projet eM-Rhône, implanté sur la Plate-forme Chimique des Roches - Roussillon, ambitionne de produire 150 kt/an d'e-méthanol. Ses installations devraient occuper près de 10 ha dans la Vallée de la Chimie, soit près de 7% de la surface totale de la plateforme multi-opérateurs d'Osiris qui couvre 150 ha et accueille une quinzaine d'entreprises.

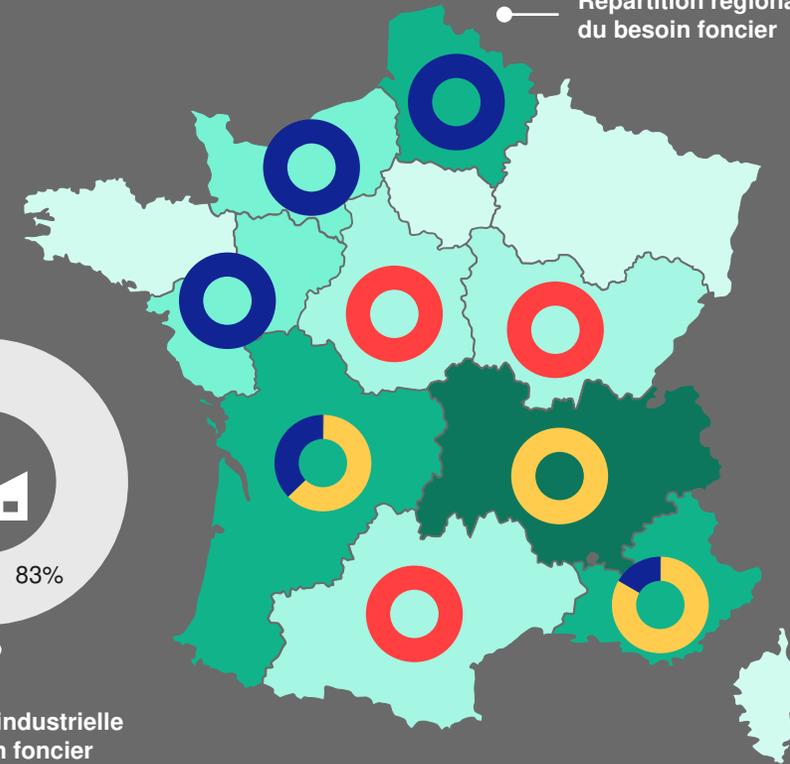
Électrolyse
de l'eau



Synthèse
des e-fuels

Répartition industrielle
du besoin foncier

Répartition régionale
du besoin foncier



Partie 4.

Externalités positives

- Impact social
- Impact environnemental
- Impact économique
- Impact commercial

Impact social. Création d'emplois sur la base des projets prévus

Les emplois estimés sur la base des projets prévus représentent à la fois des créations directes liées aux activités de production des e-fuels, d'électrolyse de l'eau et de support et d'administration, et des créations indirectes sur la chaîne de valeur (logistique, commerciale...). Ce nombre d'emplois créés total correspond à environ un tiers des emplois des raffineries de pétrole en France, et à près de 5% des emplois totaux (directs et indirects) liés à l'industrie des carburants fossiles en France. Les emplois nécessaires à la construction des infrastructures, et plus largement pour toutes les activités en amont de la mise en service, ne sont pas évalués dans cet indicateur.

Indicateur

09.

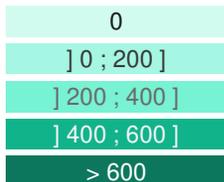
Création d'emplois*
pour les projets prévus
2 950 emplois

Estimation du besoin humain par région et par e-fuel selon la cartographie des projets prévus à l'horizon 2030, sur la base d'hypothèses construites avec des données Elyse Energy et du scénario Global PtX market (*Synthetic fuels: potential for Europe*, IW, 2021).

Note méthodologique

Légende

Emplois créés
(directs et indirects)



Part du besoin
par e-fuel



Enjeux sociaux

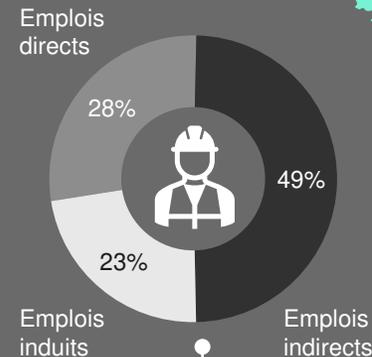
Le principal enjeu est la nécessité de développer les compétences techniques et professionnelles nécessaires dans des temps limités, nécessitant des programmes de formation et de reconversion adaptés pour garantir que les emplois créés par la filière soient opérationnels le plus tôt possible.

De la même façon, il sera primordial de valoriser le savoir-faire industriel français présent sur des secteurs proches, et de le développer sur cette nouvelle filière notamment grâce à la professionnalisation des formations (lycées professionnels, apprentissages...)

Les métiers existant déjà, ces compétences à développer restent cependant marginales.

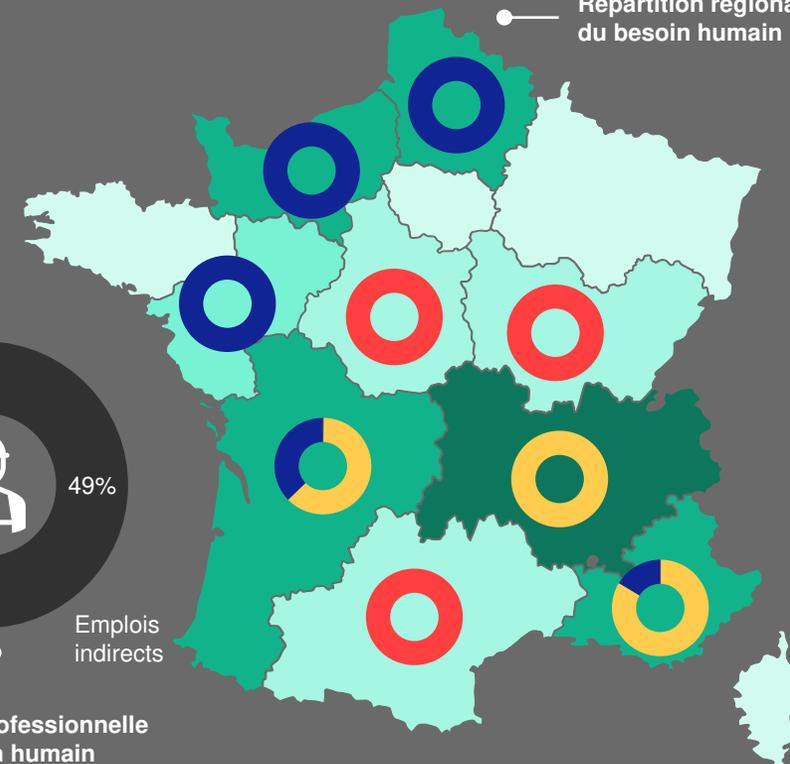
Focus sur un projet : eM-Lacq

La plateforme de Lacq est la première des 4 implantations du programme eM-France piloté par Elyse Energy. Avec un investissement prévu qui atteindra 350 millions d'euros, eM-Lacq est l'un des projets majeurs en France et produira 150 kt de méthanol de synthèse par an dès 2027 et créera 110 nouveaux emplois directs et indirects.



Répartition professionnelle du besoin humain

Répartition régionale du besoin humain



Impact environnemental. Émissions évitées sur la base des projets prévus

En capitalisant sur les 2 leviers de décarbonation principaux (électricité, capture de carbone), la synthèse d'e-fuel est un moyen efficace de construire une économie du carbone circulaire. Les émissions de carbone évitées grâce à l'utilisation d'e-fuels dépasseraient d'ores et déjà le minimum de réduction RFNBO selon les hypothèses de calcul retenues.

Indicateur

10.

Émissions de CO₂ évitées par les projets prévus
1,7 Mt / an

Dans l'hypothèse d'un mix 35% EnR - 65% FR

Calculs ci-dessous effectués selon la méthodologie européenne (règlement délégué UE 2023/1185 de la directive UE 2018/2001 dite RED II).

Hypothèses :

E-méthanol :

- Vapeur/chaleur utilisée pour le captage de CO₂ et la méthanolation d'origine biomasse.
- Transport du produit fini par camion diesel (200km).

E-kérosène :

- Approximation d'équivalence avec e-biokérosène.
- Approvisionnement en biomasse.
- Transport du produit fini à 75% par train (600km) et 25% par camion (200km).

E-méthane :

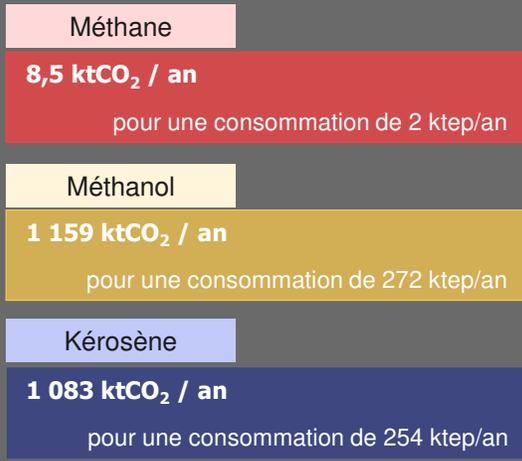
ACV réalisée en prenant en compte une électrolyse 100% EnR.**
 Le facteur d'émissions des EnR est pris nul.

Note méthodologique

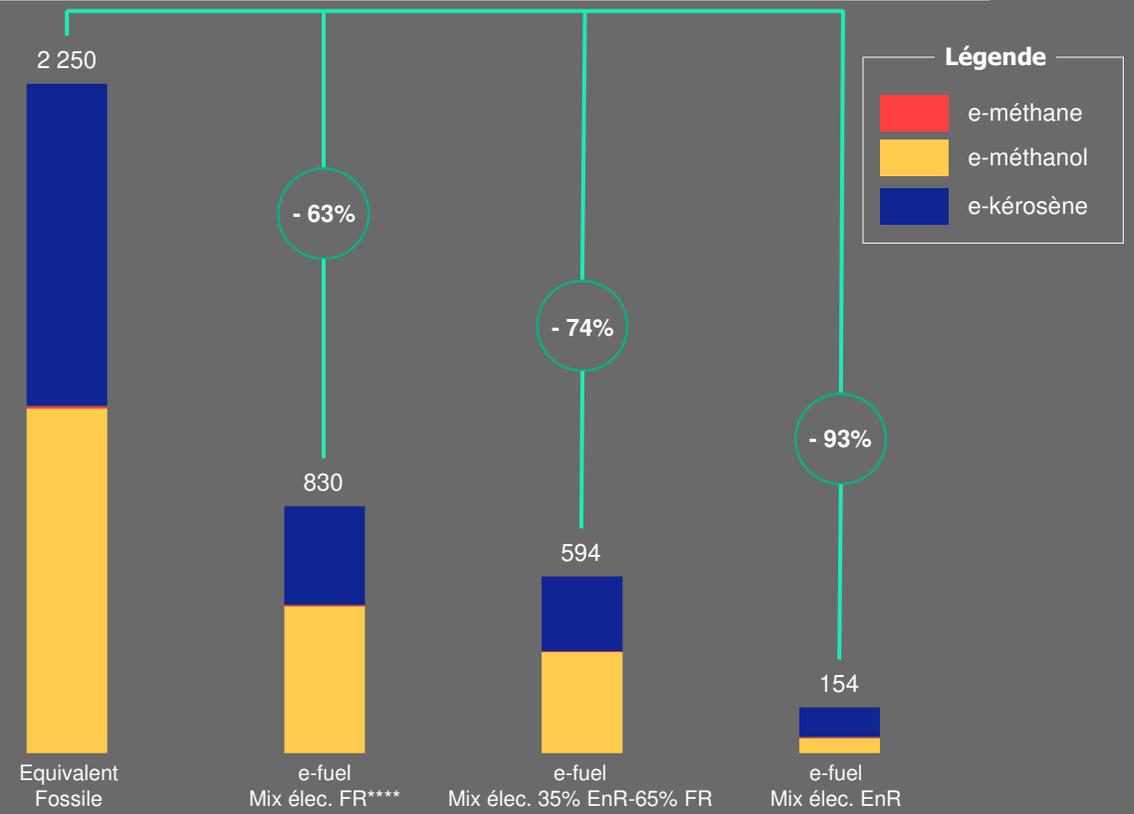
Emissions équivalentes carburants fossiles (en CO₂eq) pour production 2030 :

Facteur d'émissions retenus : 94 gCO₂/MJ***, soit **4,3 tCO₂/tep**

Soit, pour les volumes de production considérés, des volumes d'émissions à retenir de :



Emissions de CO₂eq des molécules pour production projetée à 2030 (en ktCO₂)



*Emissions hypothétiques correspondant aux rejets de CO₂ émis si la production totale d'e-fuel des projets retenus était remplacée par des carburants fossiles

**Source : Life cycle assessment of CO₂-based C1-chemicals – Green Chemistry, Issue 9, 2017

***Référence d'émissions de carburant fossile utilisée par les actes délégués UE.

****Facteur d'émissions : 57 gCO₂/kWh, Source Base Carbone ADEME 2022

Impact économique. Investissements, sur la base des projets prévus

D'importants investissements seront nécessaires pour financer la recherche et le développement, la construction de nouvelles installations de production d'e-fuels ou la conversion et modernisation de sites industriels existants dédiés à d'autres activités. Une partie de ces investissements pourra bénéficier directement aux territoires d'implantation des projets et les ambitions françaises de verdir au maximum les installations industrielles assurent un intérêt envers la filière des e-fuels, dans une optique d'écologie industrielle et territoriale favorisant les synergies et la circularité des ressources.

Indicateur

11.

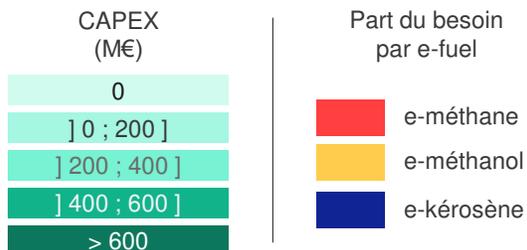
Dépenses d'investissement
pour les projets prévus
3,6 Md€

Analyse Sia Partners avec des hypothèses d'entrée reprises de Concawe (*A look into the rôle of e-fuels*, 2019), IW-Expertise (*Synthetic fuels: potential for Europe*, 2021), Commission Européenne (*RFNBO Status Report*, 2022) et d'un benchmark des annonces de projets annoncés.

Les dépenses d'investissement (CAPEX) se réfèrent aux immobilisations et sont fonction notamment de la capacité prévue et des technologies choisies dans les procédés.

Note méthodologique

Légende



Enjeux économiques

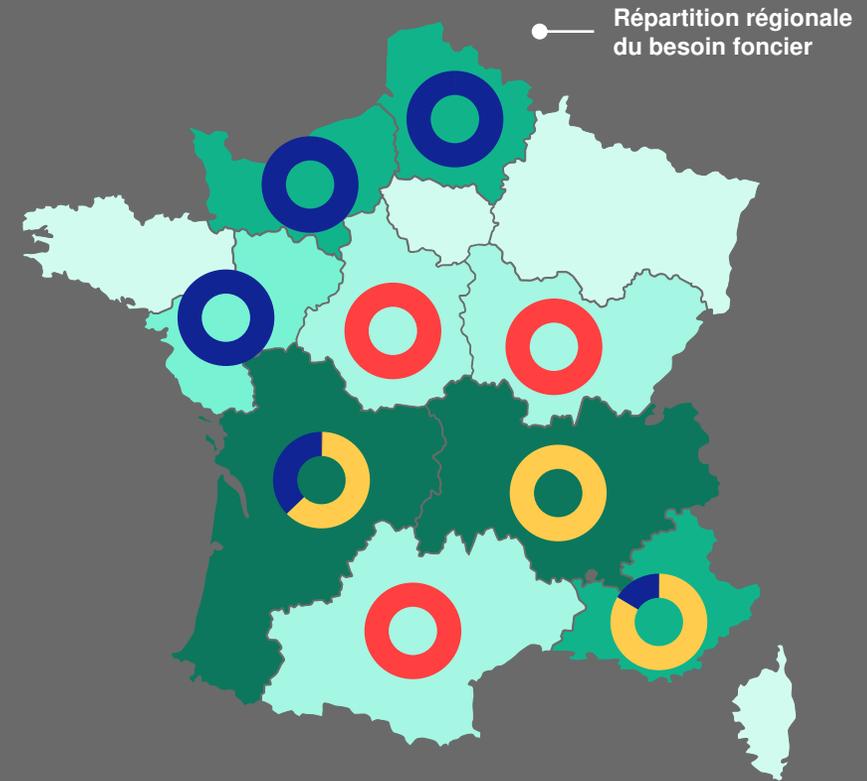
Les projets industriels d'e-fuels peuvent nécessiter des investissements initiaux élevés et des coûts continus de maintenance. La production de carburants de synthèse est rentable à long terme et peut être soutenue par des mécanismes liés au développement de l'industrie verte.

Le financement privé provenant de l'industrie pétrolière et gazière, des transports et de la chimie peuvent être facilités par des instruments prenant la forme de fonds de garantie et de contrats de long-terme pour la fourniture d'électricité.

Des mécanismes de soutien plus directs, tels que les subventions, peuvent aussi être étudiés pour le développement de projets d'e-fuels.

Focus sur un projet : Hynovera

Porté par HY2GEN, Hynovera a pour objectif de produire des carburants Fischer-Tropsch par gazéification de biomasse forestière et injection d'hydrogène électrolytique, sur le site de Meyreuil-Gardanne. Les investissements initiaux s'élèvent à plus de 450 M€ dont 186 M€ de fonds propres, 163 M€ de subventions et 109 M€ de prêts bancaires.*



Impact commercial. Substitution d'importations sur la base des projets prévus

Les carburants synthétiques substituent de l'énergie fossile importée par des alternatives bas-carbone produites localement. Leur impact sur la balance est donc extrêmement positif, avec des avantages en termes économiques, de souveraineté énergétique et de réduction de risques d'approvisionnement. La relocalisation en France de la chaîne de valeur de production de carburants et combustibles aura par ailleurs un impact positif d'un point de vue fiscal et pourra contribuer en ce sens au financement de mesures d'amortissement des impacts des fluctuations des cours des énergies sur les marchés régionaux ou mondial.

Indicateur

12.

Impact sur la balance commerciale
des projets prévus
506 M€ / an

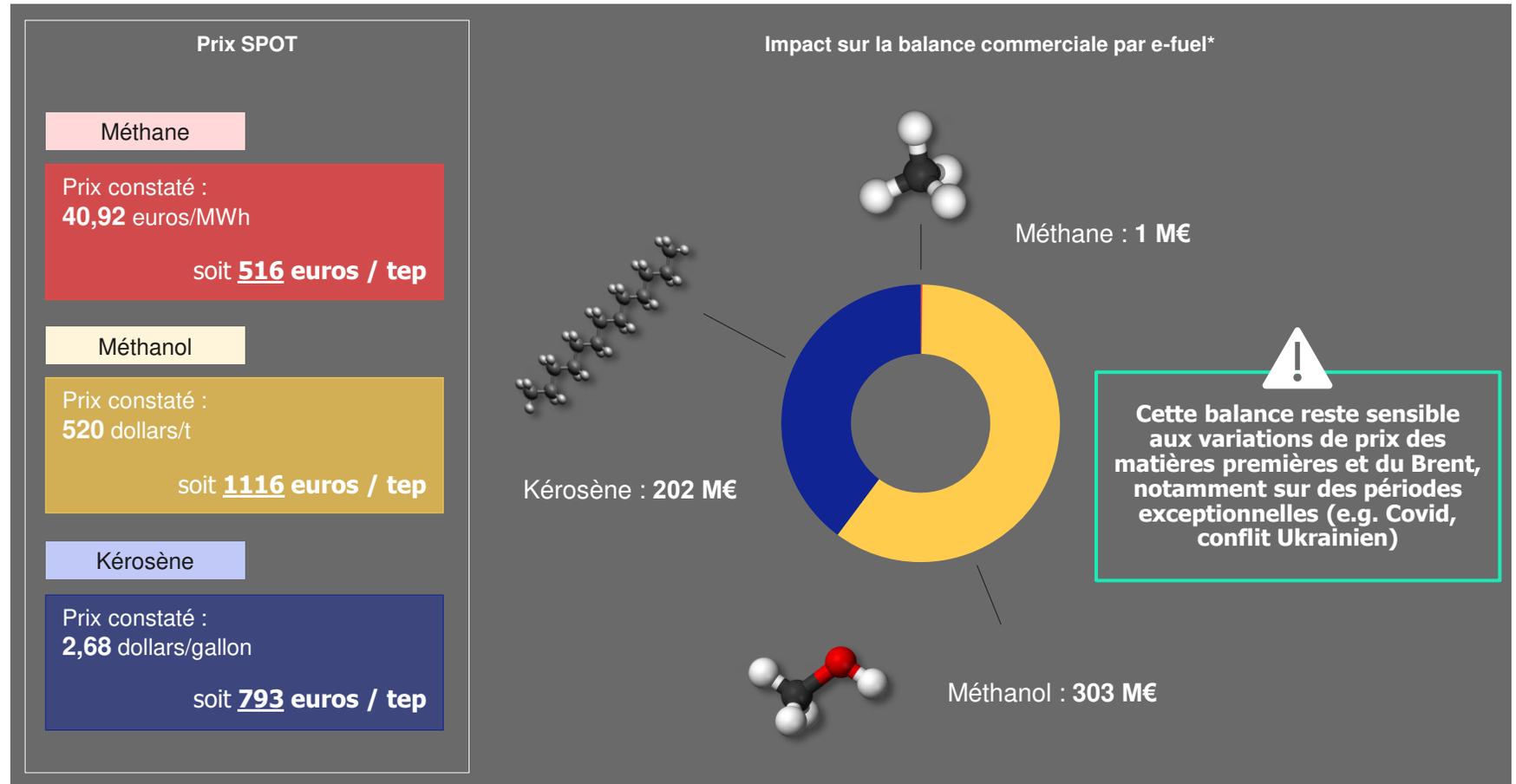
L'impact sur la balance commerciale des projets prévus est évalué en substitution des volumes importés et en €, avec les prix spots actuels des différentes molécules.

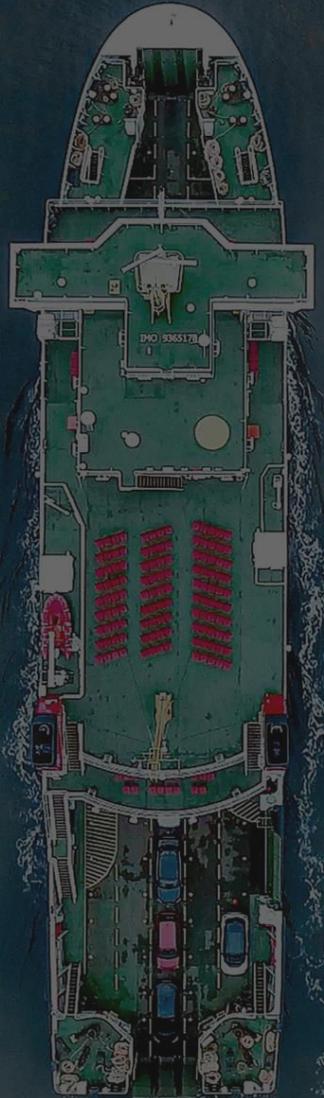
Les données de mai 2023, constatés sur les marchés internationaux d'échange de matière première, ont été retenues.

Taux de conversion utilisés :

- 1 \$ = 0,93 €

Note méthodologique





Partie 5.

Annexes

➤ Glossaire

➤ Méthodologie

➤ Contacts

Glossaire.

k	Kilo, Mille (10 ³)	CO₂	Dioxyde de carbone (« carbone » par raccourci)
M	Méga, Million (10 ⁶)	CSC	Capture et Stockage du Carbone
G, Md	Giga, Milliard (10 ⁹)	DAC	Direct Air Capture
T	Téra, Billion (10 ¹²)	e-fuel	Électro-carburant, carburant de synthèse
		EnR, RES	Énergies Renouvelables, Renewable Energy Sources
€	Euro	GES	Gaz à Effet de Serre
ha	Hectare	GNL	Gaz Naturel Liquéfié
L	Litre	H₂	Dihydrogène (« hydrogène » par raccourci)
m, m², m³	Mètre, mètre carré, mètre cube	H₂O	Monoxyde de dihydrogène (« eau » par raccourci)
t	Tonne	rWGS	Reverse Water Gas Shift
tep	Tonne d'équivalent pétrole	CAPEX, OPEX	Dépenses d'investissement, d'exploitation
W	Watt	PME	Petite ou Moyenne Entreprise
Wh	Watt-heure	PPA	Power Purchase Agreement
		R&D	Recherche et Développement
NC	Non Communiqué	RED II, RED III	Renewable Energy Directive II, III
TRL	Technology Readiness Level (échelle 1-9)	RFNBO	Renewable Energy Sources
		SAF	Sustainable Aviation Fuel
		UE, EU	Union Européenne, European Union

Méthodologie.

Périmètre

Cette première édition de l'Observatoire français des e-fuels publiée en juillet 2023 couvre le méthane, le méthanol et le kérosène de synthèse dont le contenu énergétique est partiellement ou totalement d'origine électrique. Est donc incluse dans l'étude la part du volume énergétique des e-biocarburants issue de l'injection d'hydrogène produit par électrolyse de l'eau. Le périmètre géographique retenu correspond aux 13 régions métropolitaines de France et la cartographie des projets d'implantation englobe les projets pilotes et démonstrateurs annoncés publiquement et dont la mise en service est effective ou prévue à l'horizon 2030. Les projets n'ayant pas abouti ne sont pas inclus, de même que les projets clôturés et les projets encore confidentiels.

Sources

Les données et informations fournies dans le cadre de cette publication sont le résultat d'analyses internes basées sur des informations publiques et disponibles. Sia Partners fournit cet outil à titre d'information uniquement et ne peut être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité des données. Les sources utilisées sont référencées sur les pages correspondantes. Ce sont des sources étatiques ou officielles (ADEME, Secrétariat Général à la Planification Écologique, Commission Européenne, etc.), des sources provenant d'associations liées au secteur des e-fuels et d'organisations sectorielles (Evolen, France Hydrogène, eFuel Alliance, etc.), des sources indépendantes de travaux de recherche scientifique (Journal of Cleaner Production, Journal of Hydrogen Energy, Dr. Chris Malins, etc.), des sources d'acteurs privés producteurs et consommateurs d'e-fuels ou porteurs de projets (CMA-CGM, Engie, Hynamics, etc.) et enfin, toutes les sources de données publiques en accès libre.

Analyse

Sia Partners met régulièrement à jour sa base de données interne sur les projets d'e-fuels en France et leurs caractéristiques (intrants, capacités, puissances, technologies, coûts, etc.). Les sources de données sont vérifiées afin de garantir une consolidation fiable des indicateurs et de s'assurer que la version la plus récente soit à jour concernant les filières d'e-fuels couvertes dans le périmètre de l'étude.

Contacts.



Charlotte de Lorgeril

Partner
Energy, Utilities & Environment
Sia Partners
charlotte.delorgeril@sia-partners.com

Auteurs.



Yann Lesestre

Manager
Energy, Utilities & Environment
Sia Partners
yann.lesestre@sia-partners.com



Antoine Hurillon

Consultant
Energy, Utilities & Environment
Sia Partners



Chihabeddine Karam

Consultant
Energy, Utilities & Environment
Sia Partners

BUREAU
FRANÇAIS
des **e-fuels**

SIAPARTNERS

Charlotte de Lorgeril
Partner Energy, Utilities & Environment
charlotte.delorgeril@sia-partners.com

Juillet 2023

**Observatoire
français des e-fuels.**