

Des filières régionales des e-fuels à l'aube de leur industrialisation

Avril 2025

Une dynamique mondiale, au sein de laquelle deux pôles se distinguent particulièrement en œuvrant à la décarbonation de leurs mobilités lourdes et de leurs industries : la Chine, représentant 60% des capacités de production d'e-méthanol en projet, et l'Europe, concentrant 65% des capacités de production d'e-kérosène en projet.

Avant-propos



Arnaud Aymé

CEO du Hub France-Luxembourg-Maroc, Sia

Les e-fuels seront un levier essentiel pour décarboner certaines formes de mobilités et de filières industrielles, pour lesquelles l'électrification directe des usages ne peut être une solution performante.

Convaincus du potentiel de ces nouveaux vecteurs énergétiques, nous sommes ravis de proposer pour la seconde année consécutive un Observatoire international des e-fuels publié sous le mandat du Bureau français des e-fuels, regroupant développeurs de projets, équipementiers, consommateurs des secteurs maritimes et aériens, investisseurs, experts ou encore chercheurs et académiciens.

Cette édition propose un état des lieux des projets conduits dans le monde d'une capacité de production minimale annuelle de 50 000 tonnes équivalent pétroles (tep), soit 60 millions de litres de kérosène ou 115 000 tonnes de méthanol. Le volume important de projets atteignant cette dimension industrielle (121 !) témoigne de la confiance des acteurs dans la maturité technologique de cette filière. Les briques technologiques prises individuellement sont maîtrisées. Tout l'enjeu est maintenant de les assembler à l'échelle d'un projet à visée commerciale.

Malgré un contexte économique et géopolitique incertain, la dynamique de la filière constatée en 2024 s'est maintenue. De premiers projets verront le jour dans les prochaines années, principalement au titre de la filière e-méthanol et e-biométhanol chinoise (8 projets ayant fait l'objet d'une décision finale d'investissement). **L'Europe possède un bon potentiel occuper une place dominante sur le marché des technologies e-fuels,** du fait d'un grand nombre de champions présents sur l'ensemble de la chaîne de valeur et d'un marché intérieur qui pourra devenir au cours de la décennie 2030 le principal débouché des produits e-fuels grâce à une réglementation ambitieuse sur la demande. La France en particulier possède de nombreux atouts, notamment un mix électrique d'ores et déjà en grande partie bas carbone et un nombre important de projets portés à la fois par des acteurs de taille internationale et des *pure players*.

Si les projets européens ne se concrétisent pas au cours des prochaines années, le continent risque cependant de prendre du retard dans le développement des nouvelles filières e-fuels. Les retours d'expérience de premiers projets « first-of-a-kind » seront clés pour valider le potentiel des filières e-fuels. Ces projets devront bénéficier d'un soutien public particulier pour déclencher une dynamique industrielle.

Nous remercions les membres du Bureau français des e-fuels pour leurs précieuses contributions et regards sur les travaux que nous présentons.



Cédric de Saint-Jouan

Président et fondateur, Vol-V

Porte-parole du Bureau français des e-fuels

Le développement des e-fuels est unanimement reconnu comme essentiel pour répondre au défi climatique, dans la mesure où ces e-fuels

sont indispensables à la décarbonation des transports aérien et maritime. **Développer une production domestique ouvre à la France et à l'Europe une opportunité stratégique majeure : renforcer son autonomie énergétique et accélérer sa réindustrialisation.**

L'Observatoire international 2025 montre que **la France et l'Europe sont à la croisée des chemins.** Les projets les plus avancés en sont encore au stade des études et doivent passer la phase de décision d'investissement avant le démarrage des constructions. La Chine, elle, jusqu'ici discrète, accélère et compte déjà plusieurs projets de production de e-méthanol en construction ou opérationnels. L'Amérique du Nord confirme elle aussi sa dynamique.

Il est crucial pour la France et l'Europe de tirer les leçons des expériences passées, notamment des conséquences de l'abandon initial de la production de batteries pour l'industrie automobile. Ainsi maîtriser sa production de carburant durable conditionnera la compétitivité et la pérennité de deux filières industrielles stratégiques pour notre continent : l'aéronautique et les industries de la mer.

Résumé exécutif. *Intérêt des e-fuels et maturité*

Éléments de contexte

Que sont les e-fuels ?

Les e-fuels sont des combustibles produits à partir d'hydrogène obtenu par électrolyse de l'eau via de l'électricité renouvelable ou bas carbone, et de CO₂ capté, offrant une alternative durable aux carburants fossiles.

Quel est l'objectif de cet observatoire ?

L'Observatoire international des e-fuels 2025 dresse un état des lieux de la filière e-fuels dans le monde, avec un focus sur quatre molécules prometteuses : e-méthanol, e-méthane, e-kérosène, e-gazole et e-essence.

Les e-fuels sont un levier de décarbonation clé

Ils permettront la décarbonation de certains secteurs

Les e-fuels sont un levier de décarbonation indispensable pour les secteurs sans alternative raisonnable : transport aérien, maritime, industrie lourde (pétrochimie etc.). Près de 200 EJ (4,8Mds tep) de carburants et combustibles seront toujours consommés en 2050 dans le scénario GIEC 1,5°C. Les carburants bas carbone joueront un rôle important.

Ce sont des carburants « drop-in »

Les e-fuels peuvent être utilisés avec les mêmes infrastructures que leurs équivalents fossiles. Par exemple, l'e-kérosène peut être mélangé au kérosène conventionnel et utilisé dès aujourd'hui comme carburant pour l'aviation. Des substitutions aux produits fossiles sont également possibles dans le secteur industriel, notamment avec l'utilisation de l'e-méthanol dans le domaine de la chimie.

L'intérêt global pour les e-fuels dans le monde se confirme et doit être soutenu par les acteurs publics

Une dynamique soutenue malgré un contexte complexe

En dépit d'un environnement industriel parfois incertain, **la filière des e-fuels poursuit son développement. Plus de 130 projets d'envergure (dépassant chacun 50 ktep de capacité) sont à l'étude dans 28 pays**, ce qui témoigne de l'intérêt croissant des énergéticiens et des consommateurs de carburants.

Des projets bientôt prêts à se concrétiser

L'année 2025 pourrait marquer un tournant dans la concrétisation du potentiel industriel des e-fuels. Alors que plusieurs initiatives dans la filière du e-méthanol en Chine ont récemment franchi le stade de la FID, les études techniques de plusieurs projets européens majeurs pourraient également aboutir cette année, avec des décisions prochaines attendues quant à l'engagement d'investissements.

Les **retours d'expérience de premiers projets « first-of-a-kind »** seront clés pour valider le potentiel des filières e-fuels. Ces projets **devront bénéficier d'un soutien particulier** pour déclencher une dynamique industrielle.

Résumé exécutif. *Dynamique mondiale de la filière e-fuels*

Deux pôles majeurs émergent, avec des positionnements différenciés : la Chine et l'Europe

La Chine possède le potentiel pour devenir leader mondial de la production d'e-méthanol

Premier consommateur mondial de méthanol, **la Chine affiche une ambition forte dans la production d'e-méthanol**, pour des débouchés industriels et maritimes. Le pays concentre **60% des capacités** mondiales de production d'e-méthanol en projet, **poussé par la demande intérieure notamment dans l'industrie maritime**, avec de nombreux navires à double carburant commandés pour opérer dans les ports nationaux. La Chine compte 7 projets avec FID dans cette filière. Sur les projets les plus avancés, les sources de CO₂ sont principalement industrielles (sidérurgie, chimie) limitant leur compatibilité avec la définition européenne du CO₂ biogénique.

Des filières européennes tirées par une réglementation sur la demande, particulièrement pour la production d'e-SAF [7]

La réglementation européenne encourage à la décarbonation des transports et des mobilités lourdes, avec des contraintes particulièrement fortes dans le domaine de l'aviation via des mandats d'incorporation obligatoire de carburants alternatifs (réglementation ReFuelEU Aviation). **La filière européenne d'e-kérosène représente 75% des capacités mondiales en projet. La filière européenne d'e-méthanol est également prête à se structurer, avec 19% des capacités en projet dans le monde.**

Le volume de production d'e-kérosène en projet sur le continent représente 3,3 millions de tep (environ 4 milliards de litres). L'application de la réglementation ReFuelEU Aviation pourrait aboutir à une demande du même ordre de grandeur à horizon 2035.

Pour rester dans la course, l'Europe doit s'assurer de la prise de décisions finales d'investissement en 2025-2026. Toutefois, bien que techniquement avancés, les projets ne franchiront cette étape qu'avec la **concrétisation de soutiens publics permettant de sécuriser les modèles d'affaires** des premiers projets. Une approche pragmatique sur les sources d'électricité bas-carbone et de CO₂ éligibles sera également nécessaire.

Des ambitions à affirmer pour d'autres zones géographiques à fort potentiel

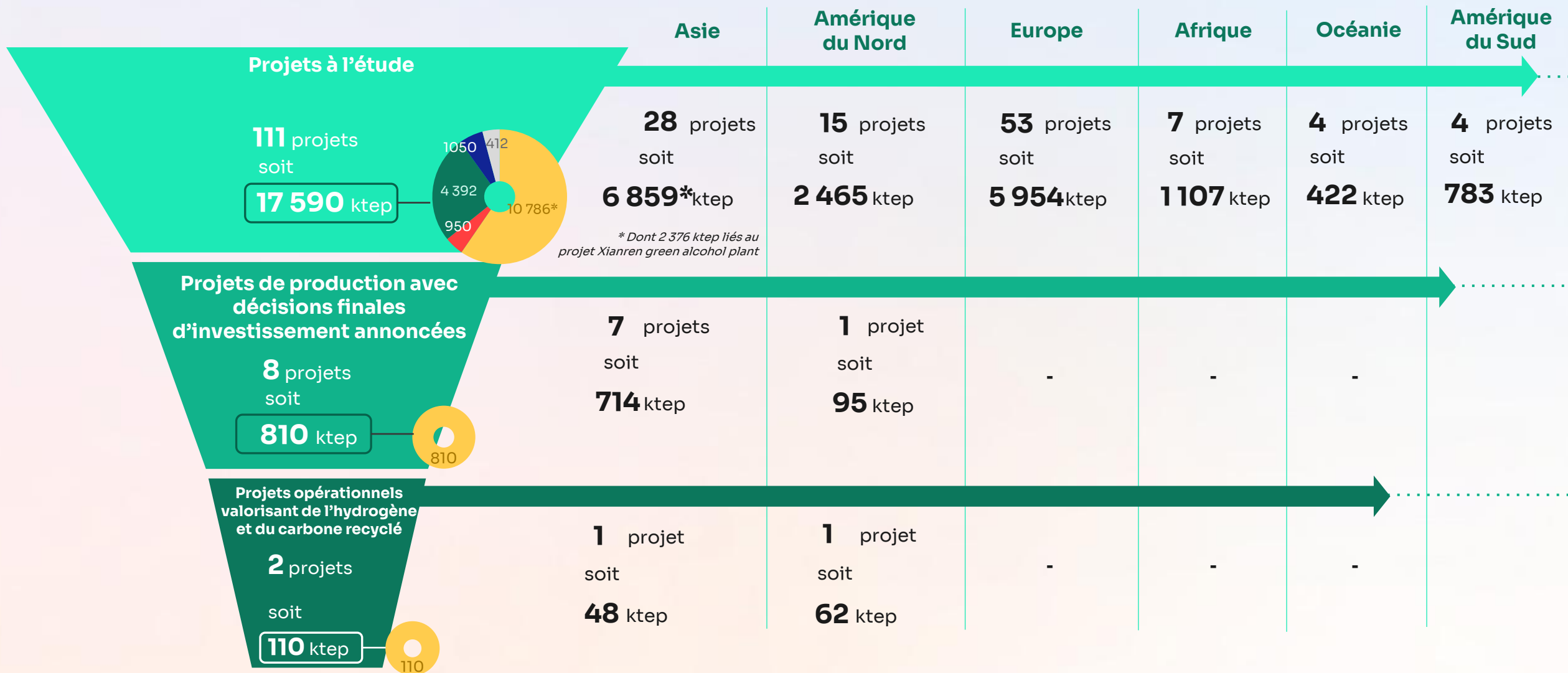
Un territoire nord-américain engagé dans la course, mais qui pourrait être freiné par un nouveau contexte politique

L'Amérique du Nord représente 19% des capacités mondiales de production d'e-fuels en projet, dont 12% pour les Etats-Unis, principalement pour des usages domestiques. Jusqu'à présent, les Etats-Unis pouvaient s'appuyer sur un cadre de soutien public favorable, adossé à l'*Inflation Reduction Act* (IRA). Cependant, **le maintien d'un engagement financier conséquent de l'Etat fédéral sous l'administration Trump semble aujourd'hui incertain.**

Encore peu de projets d'exportation dans le monde

De nombreux pays ont défini des stratégies de production et d'exportation d'hydrogène et de ses dérivées (principalement l'e-ammoniac) **en Asie, en Amérique du Sud, au Moyen-Orient et en Océanie.** Celles-ci se basent sur l'accès à une électricité décarbonée à bas coût. Cependant, **ces pays n'ont pas encore défini de perspectives claires pour l'exportation d'e-fuels.** Certains rencontrent des difficultés d'approvisionnement en CO₂ et/ou d'un manque d'infrastructures, et peinent à sécuriser une demande étrangère.

Statut des projets e-fuels cartographiés



Légende :  e-méthanol  e-méthane  e-kérosène  e-gazole / e-essence  co-produits FT

Principales évolutions constatées depuis l'édition 2024.

Un nombre croissant de projets, de toute taille



Une dynamique mondiale qui s'amplifie et de premiers projets industriels qui se concrétisent

Près de 121 projets de taille significative (≥ 50 ktep/an) sont annoncés dans 28 pays.

Plusieurs projets de production d'e-méthanol en Chine ont par ailleurs franchi le stade de la FID, voire sont en construction.

Des soutiens publics qui continuent d'essaimer partout dans le monde, malgré des craintes sur leur pérennité dans certaines zones géographiques bien précises



Davantage de pays se dotent d'une stratégie hydrogène

En 2024, près de dix pays ont publié leur première stratégie hydrogène (Islande, Egypte, Kazakhstan, Nouvelle-Zélande, etc.), incluant souvent une place pour les e-fuels. L'intérêt global pour ces molécules en tant qu'outil de décarbonation et de compétitivité économique se confirme.



Les politiques d'incitation aux investissements se multiplient

La plupart stratégies nationales prévoient des mesures incitatives pour les projets hydrogène et e-fuels, dont l'attribution de prêts, des mécanismes de subventions et l'incitation fiscale. Les gouvernements souhaitent aussi coordonner la filière via la création de hubs par exemple.



Une plus grande diversité émerge dans les projets de grande dimension

Les projets à très grande échelle (≥ 200 ktep) concernent désormais toutes les molécules d'e-fuels – 13 d'e-méthanol (principalement en Chine), 1 d'e-méthane, 7 d'e-kérosène, 3 d'e-gazole/e-essence – contre une dizaine au total l'an dernier.



Les politiques portant sur la demande se concrétisent

Plusieurs pays ont mis en place un mandat d'incorporation de carburants d'aviation durables en 2024 : le Royaume-Uni, la Corée du Sud, l'Indonésie, etc. Cependant, les quotas spécifiques aux e-fuels restent rares. Sans incitations ou obligations du côté de la demande, le développement de la filière risque de progresser lentement.



Les normes et standards hydrogène et e-fuels évoluent

Le Pérou a modifié sa définition de l'hydrogène vert pour n'inclure que celui produit à partir d'énergie renouvelable. Les États-Unis ont plutôt assoupli leur réglementation : les crédits d'impôt à l'hydrogène propre sont désormais accessibles à l'hydrogène nucléaire, et les méthodes de calcul sont aussi plus avantageuses pour l'hydrogène bleu (décisions pré-administration Trump).

Table des matières.

	Avant-propos	2
	Résumé exécutif	3
Introduction	Contexte général	8
	Périmètre de l'observatoire	9
	Le rôle des e-fuels dans la transition énergétique	11
Partie 1.	Dynamique des filières e-fuels dans le monde	12
	Technologies de production	13
	Cartographie des projets	16
Partie 2.	Analyses par zone géographique	22
	Les filières e-fuels en Afrique	23
	Les filières e-fuels en Amérique du Nord	26
	Les filières e-fuels en Amérique du Sud	33
	Les filières e-fuels en Asie (hors Moyen-Orient)	38
	Les filières e-fuels en Europe	45
	Les filières e-fuels au Moyen-Orient	57
Les filières e-fuels en Océanie	61	
Partie 3.	Perspectives de structuration des flux internationaux d'e-fuels	66
	Flux internationaux d'e-fuels attendus	
Annexes	Méthodologie : Diagramme araignée, enjeux clés pour le développement des e-fuels	68
	Glossaire	70
	Contacts et remerciements	73

Introduction.

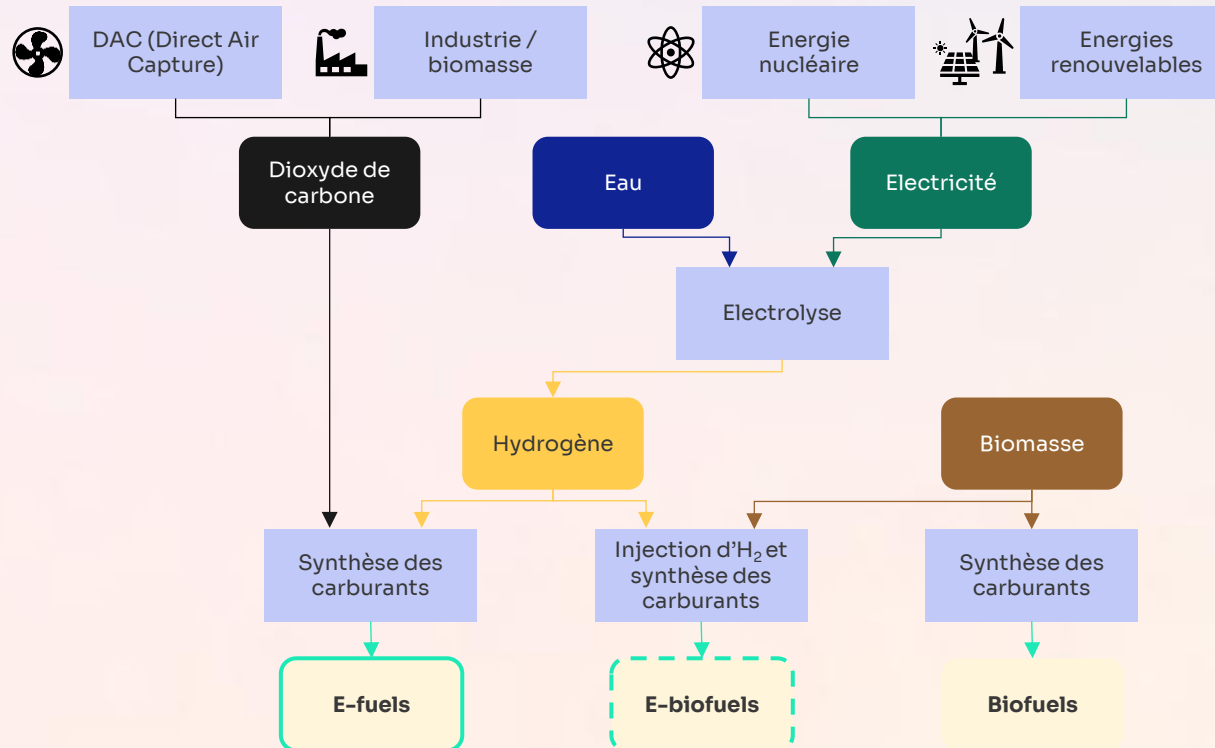
Contexte général



Périmètre de l'observatoire. *Distinction entre e-fuels, biofuels et e-biofuels*

Les **e-fuels** sont produits à partir d'électricité permettant la production d'hydrogène obtenu par électrolyse de l'eau et de CO₂. Les e-biofuels, quant à eux, utilisent du carbone issu de la biomasse. Dans les deux cas, ce carbone est combiné à de l'hydrogène pour produire un carburant synthétique.

Production des carburants renouvelables et bas carbone, schéma simplifié



✓ Périmètre retenu pour l'Observatoire

E-fuels – strictement électro-sourcés

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

Part électro-sourcée des e-biofuels

Part de l'énergie finale des e-biocarburants issue de l'injection d'hydrogène produit par électrolyse de l'eau

✗ Hors du périmètre de l'Observatoire

Part bio-sourcée des e-biofuels

Part de l'énergie finale des e-biocarburants issue de la gazéification de la biomasse






Biofuels – strictement bio-sourcés

Carburants obtenus à partir de carbone issu de la biomasse (végétaux, déchets et résidus, huiles végétales, graisses animales, etc.)

Périmètre de l'observatoire. Molécules d'e-fuels considérées

L'édition 2025 de l'Observatoire international des e-fuels se concentre volontairement sur quatre filières e-fuels au potentiel prometteur : le **e-méthane**, le **e-méthanol**, le **e-kérosène** et le **e-gazole / e-essence**. Ces molécules devront jouer un rôle clé dans la décarbonation de la mobilité lourde et de l'industrie. Elles sont synthétisées en combinant de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone avec du dioxyde de carbone de sources fossiles ou biogéniques, capté dans les fumées industrielles, ou directement dans l'air. **L'Observatoire recense tous les projets de production de ces quatre molécules dont la capacité annuelle dépasse les 50 ktep, soit l'équivalent de 325 000 trajets de passagers Paris – New York en avion.**

Périmètre de l'Observatoire

 e-méthane	 e-méthanol	 e-kérosène	 e-gazole et e-essence	 e-ammoniac
<ul style="list-style-type: none"> › Injection dans les réseaux de gaz et incorporation avec le biométhane pour décarboner les usages gaziers actuels › Utilisation pour le transport maritime ou routier, sous forme gazeuse ou après liquéfaction (e-GNL*) <div style="border: 2px solid red; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> 7 Projets annoncés ≥50ktep </div> <p style="margin-top: 10px;">➤ 950 ktep / an soit 791 kt / an</p>	<ul style="list-style-type: none"> › Conversion en oléfines et éthers : intrants bas carbone pour l'industrie chimique › Utilisation directe pour le transport maritime, avec moteurs spécifiques › Methanol-to-Jet : transformation en carburants paraffiniques pour l'aérien <div style="border: 2px solid orange; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> 66 Projets annoncés ≥50ktep </div> <p style="margin-top: 10px;">➤ 11 705 ktep / an soit 24 385 kt / an</p>	<ul style="list-style-type: none"> › Utilisation pour le transport aérien : incorporation aux carburants fossiles, sans nécessiter d'adaptation des infrastructures <div style="border: 2px solid green; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> 43 Projets annoncés ≥50ktep </div> <p style="margin-top: 10px;">➤ 4 392 ktep / an (hors co-produits) soit 4 182kt / an</p>	<ul style="list-style-type: none"> › Utilisation pour le transport routier lourd ou léger et maritime, sans nécessiter d'adaptation des infrastructures <div style="border: 2px solid blue; border-radius: 15px; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> 5 Projets annoncés ≥50ktep </div> <p style="margin-top: 10px;">➤ 1 050 ktep / an</p>	<ul style="list-style-type: none"> › <i>Principalement destiné au transport d'hydrogène</i> › <i>Utilisation pour l'industrie des engrais, envisagé pour le transport maritime</i>
<p>Maturité des briques technologiques utilisées dans les voies de synthèses</p> <p>Potentiel d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre par rapport aux carburants fossiles, sous réserve de recourir à une électricité renouvelable ou bas carbone</p>			<p>Carburants « drop-in », pouvant être transportés, stockés et distribués avec les infrastructures existantes de l'industrie des hydrocarbures</p>	<p>Non inclus dans le périmètre de l'Observatoire</p>

* Gaz Naturel Liquéfié; ** Considérés comme représentant 40% de la capacité énergétique finale pour la synthèse de e-kérosène, e-gazole et e-essence par procédé Fischer-Tropsch, non considérés pour les procédés Methanol-to-jet / Methanol-to-gasoline

Le rôle des e-fuels dans la transition énergétique. *Un levier essentiel pour les secteurs difficiles à décarboner*

Les e-fuels, carburants synthétiques produits à partir d'électricité, constituent une **solution incontournable pour décarboner certains secteurs très émetteurs** et difficilement électrifiables, tels que l'aviation ou le transport maritime. Ils représentent un **complément à l'électrification directe et à la réduction globale de la consommation d'énergie**. Leur développement reste confronté à des défis majeurs, notamment leur **coût élevé**.

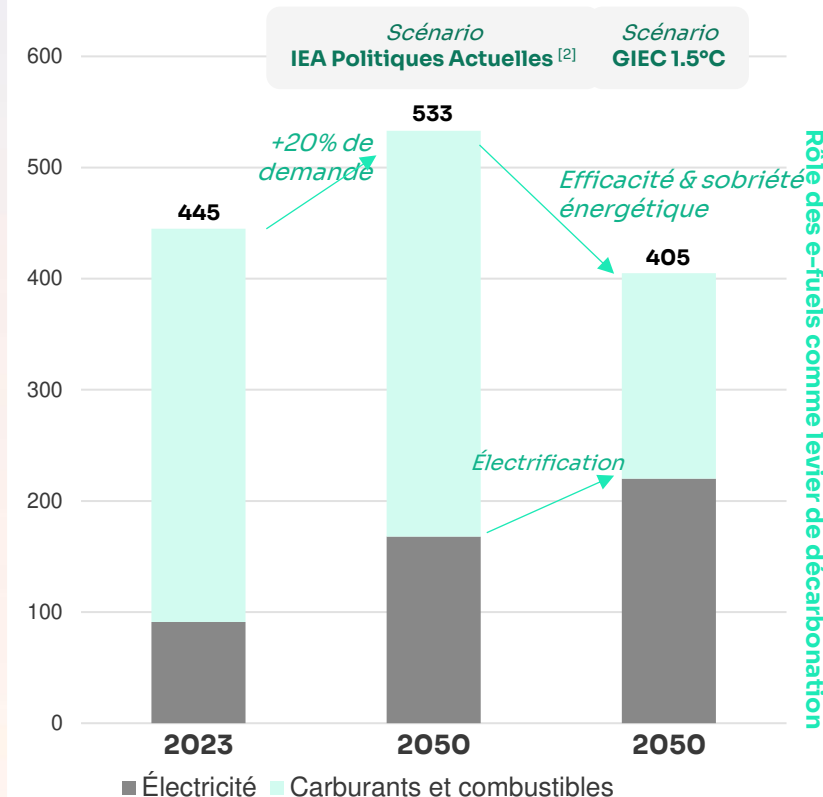
Un levier de décarbonation ...

- S'ils sont produits à partir d'électricité bas-carbone, les e-fuels peuvent permettre une **réduction des émissions allant jusqu'à 90%** par rapport à leur équivalent fossile.
- Le CO₂ émis lors de leur combustion est équivalent à celui capturé lors de leur synthèse. Dans le cas d'une capture de CO₂ industriel, la méthode de comptabilité carbone n'est pas encore établie.
- Les e-fuels présentent l'avantage significatif d'être **utilisables avec les infrastructures fossiles actuelles**. Ils peuvent être incorporés à leurs équivalent fossiles sans adaptation.
- La production d'e-fuels requiert des ressources disponibles localement dans de nombreuses régions : de l'électricité, de l'eau et du CO₂.

... à prioriser pour les secteurs difficilement électrifiables

- Le **coût de production** des e-fuels peut être estimé jusqu'à **8 voire 10 fois plus élevé que celui de leurs équivalents fossiles, selon les contextes industriels**. En Europe, l'Agence EASA estime par exemple les coûts de production de kérosène synthétique à environ 7 695 €/t dans le contexte de l'année 2024, contre un prix de vente de carburant fossile d'environ 820 €/t. Cette différence de prix est amenée à se réduire avec la mise à l'échelle des technologies de production d'e-fuels. ^[1]
- La production d'e-fuels **nécessite une quantité importante d'électricité** par rapport à l'énergie finale produite. L'efficacité énergétique, la sobriété et l'électrification directe restent des solutions prioritaires pour les secteurs où elles sont applicables.

Consommation d'énergie finale dans le monde (EJ)



Partie 1.

Dynamique des filières e-fuels dans le monde

Technologies de production. Maturité des briques technologiques

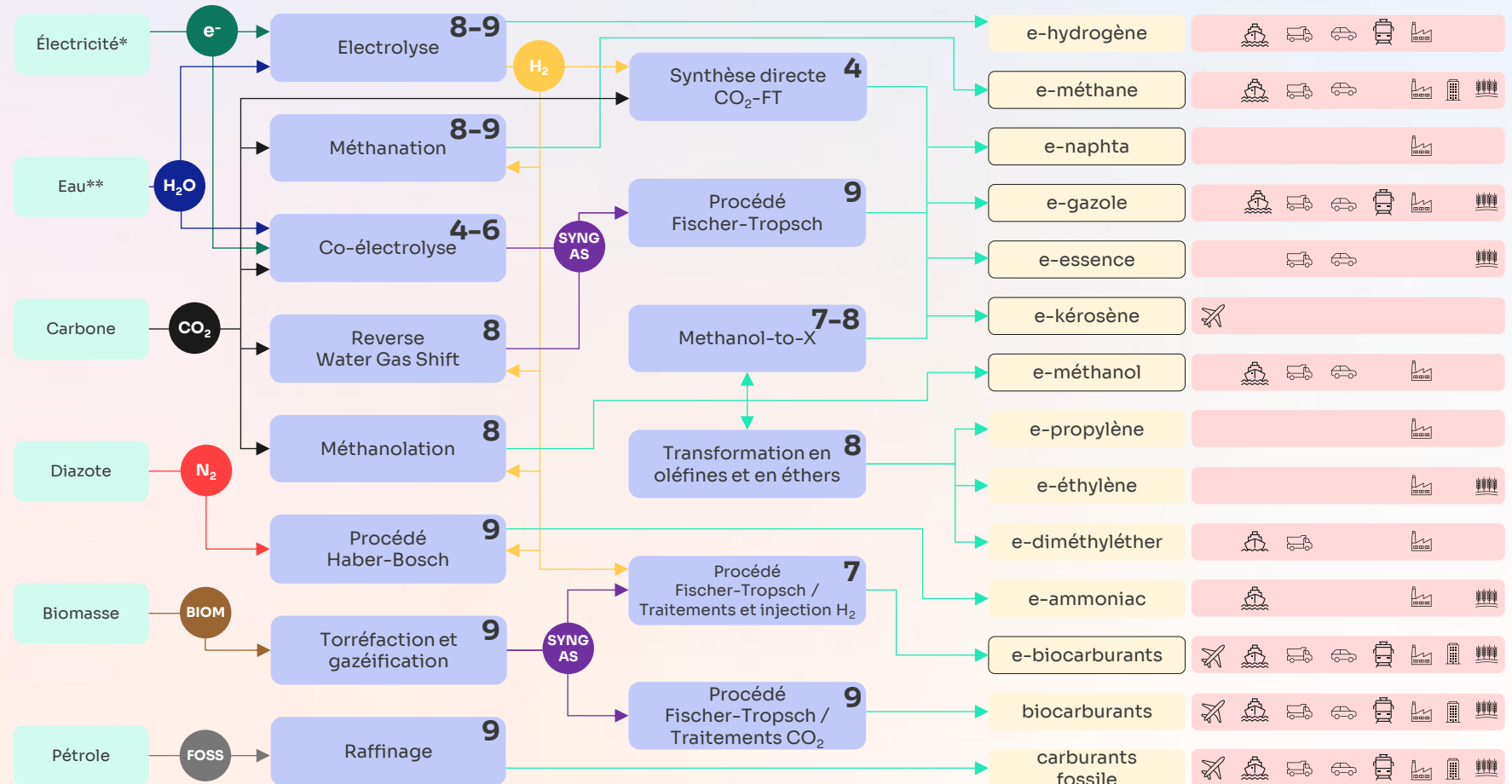
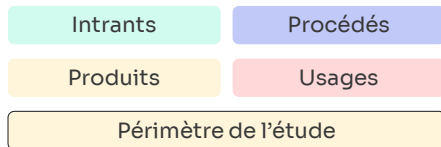
En fonction des procédés déployés, la **maturité des différentes voies technologiques de synthèse est comprise entre TRL4 et TRL9**. Les procédés de fabrication des principaux e-fuels sont globalement matures mais leurs rendements sont en cours d'amélioration. Certains e-fuels sont d'ores-et-déjà certifiés et incorporés dans l'industrie et les transports aérien, maritime et terrestre. De nouvelles technologies d'électrolyse, notamment l'électrolyse haute température 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.

Légende

Maturité technologique des voies de synthèse TRL 6-8

- 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

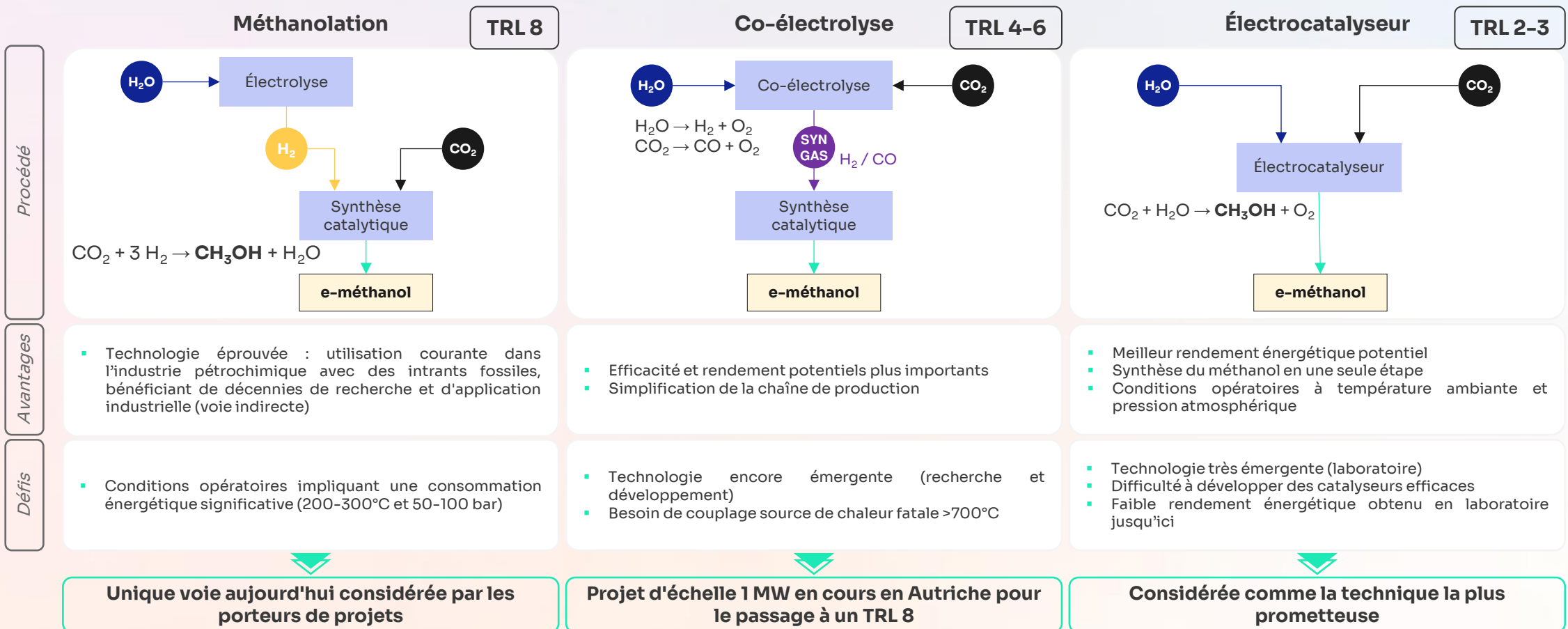


* Environ 85% du besoin électrique est lié à l'opération d'électrolyse de l'eau ;
 ** Eau ici utilisée comme matière première (exclusion des procédés)

TRL : Analyse Sia Partners d'après Evolen (Note de synthèse 2023), la Commission Européenne (RFNBO Status Report 2023) et la cartographie des projets annoncés

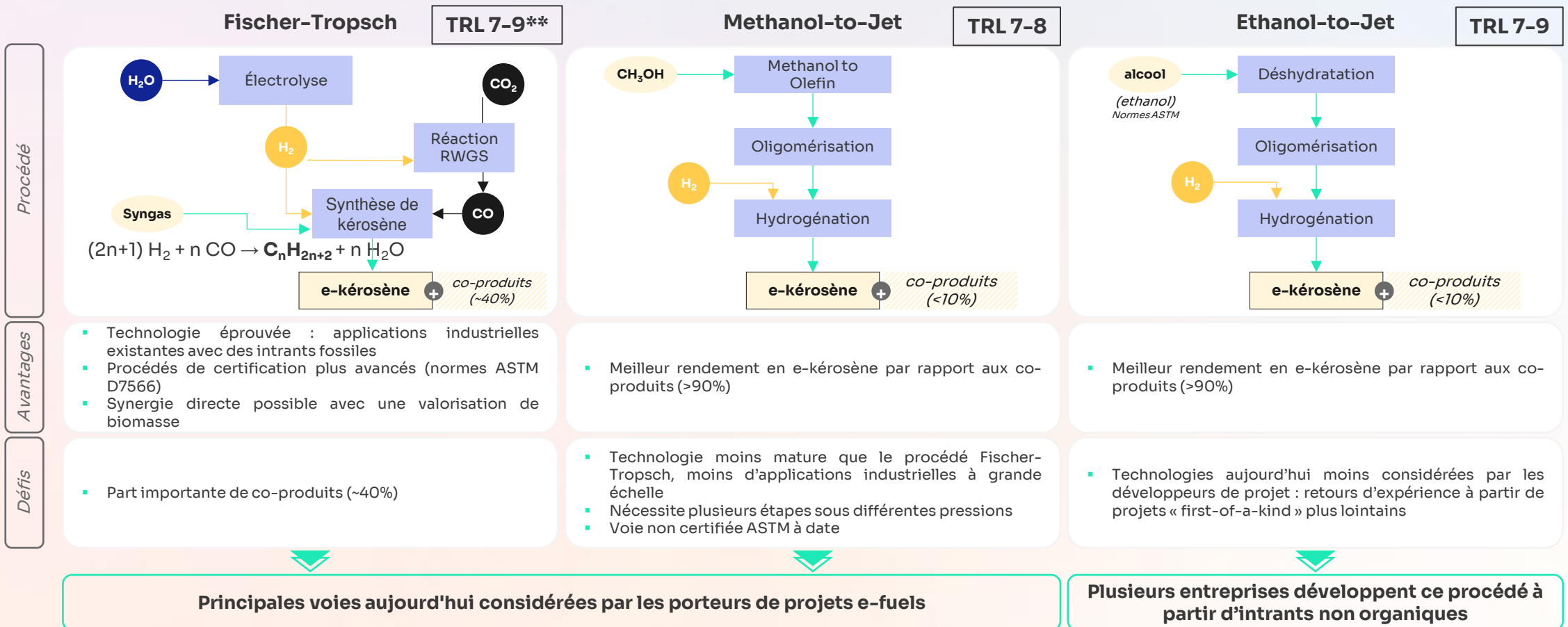
Technologies de production. Focus sur l'e-méthanol

La seule voie de synthèse du e-méthanol implémentable à échelle aujourd'hui est celle de la méthanolation, qui consiste à produire de l'hydrogène puis du e-méthanol en deux étapes distinctes. Des recherches sont en cours pour développer deux autres méthodes de production qui permettraient de contourner l'étape d'électrolyse, en la combinant à d'autres procédés, et qui permettraient un meilleur rendement énergétique.



Technologies de production. Focus sur l'e-kérosène*

Les projets en développement reposent à la fois sur la technologie **Fischer-Tropsch** et sur la voie **Methanol-to-Jet** dont les technologies sont dérivées de la pétrochimie. La voie **Methanol-to-Jet** consiste à produire du e-méthanol, puis à le transformer en carburant d'aviation.



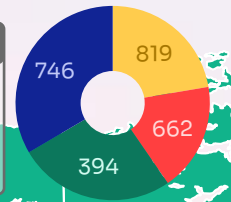
Cartographie des projets.

Sur la base des projets ≥ 50ktep annoncés publiquement

L'Amérique du Nord, l'Europe et la Chine dominent largement la filière des e-fuels, regroupant 85 % des projets annoncés dépassant les 50 ktep, et une part équivalente en termes de capacité de production. Ces initiatives se concentrent principalement sur l'e-méthanol et l'e-kérosène (respectivement 50% et 25% des capacités annoncées), avec pour objectif de décarboner les secteurs de l'aviation et du transport maritime.

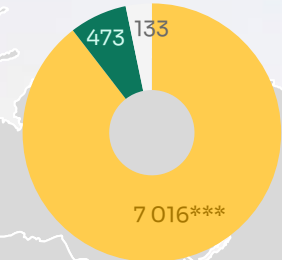
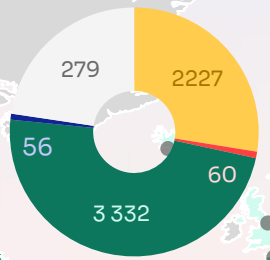
Amérique du Nord

17 projets
2 621 ktep



Europe

53 projets
5 954 ktep



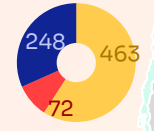
Asie

36 projets
7 622*** ktep

* Dont 2 376 ktep liés au projet Xianren green alcohol plant

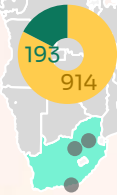
Amérique du Sud

4 projets
783 ktep



Afrique

7 projets
1 107 ktep



Océanie

4 projets
422 ktep



Légende

- Pays concerné par au moins un projet e-fuels ≥ 50ktep *
- 1 projet
- 2 à 4 projets
- ≥ 5 projets
- Projet de production d'e-fuel ≥ 50ktep *

Capacité de production cumulée ** (ktep/an)

- e-méthanol
- e-méthane
- e-kérosène
- e-gazole / e-essence
- co-produits FT

* Capacité totale du projet, peut être différente de celle prise en compte dans cet observatoire (electrobio) ;
 ** En considérant seulement la capacité correspondant au périmètre de l'Observatoire
 *** Capacités des projets en Asie : dont * Dont 2 376 ktep liés au projet Xianren green alcohol plant

Cartographie des projets. E-méthanol

Sur la base des projets ≥ 50 ktep annoncés publiquement

La Chine concentre à elle seule plus de la moitié des capacités de production d'e-méthanol annoncées dans le monde, avec des projets plus avancés qu'ailleurs. Elle sera donc très rapidement leader dans la production d'e-méthanol. Cette molécule est **principalement destinée à l'industrie chimique ou au transport maritime**.

Amérique du Nord

7 projets
819 ktep
soit **1 706** kt

Europe

16 projets
2 227 ktep
soit **4 639**kt

Asie

33 projets
7 016 ktep
soit **14 616** kt

Océanie

3 projets
266 ktep
soit **554** kt

Afrique

6 projets
914 ktep
soit **1 904**kt


Amérique du Sud

2 projets
463 ktep
soit **964** kt

Légende

 Pays concerné par au moins un projet e-méthanol ≥ 50 ktep *

 Projet de production d'e-méthanol ≥ 50 ktep *

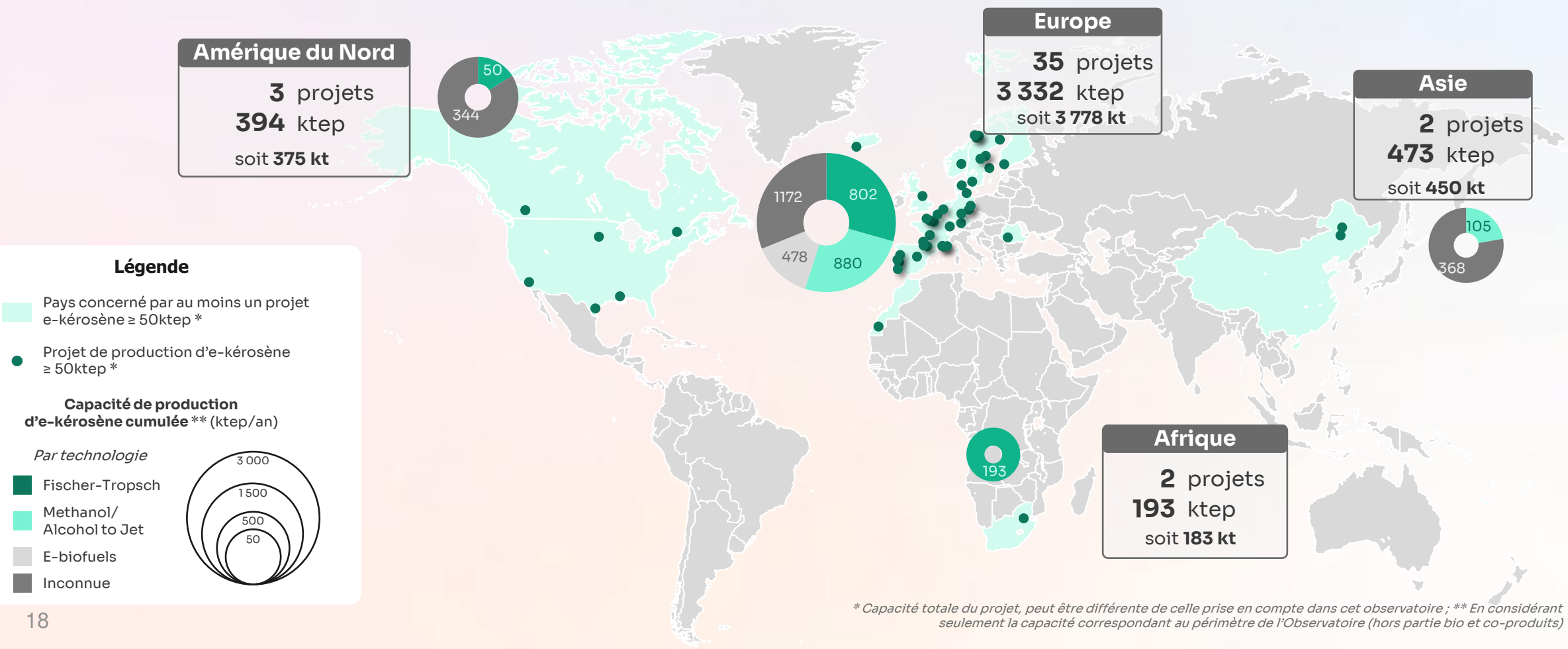
 Nombre de projets e-méthanol
Somme des capacités ** de tous les projets e-méthanol en ktep/an

* Capacité totale du projet, peut être différente de celle prise en compte dans cet observatoire (électrobio); ** En considérant seulement la capacité correspondant au périmètre de l'Observatoire

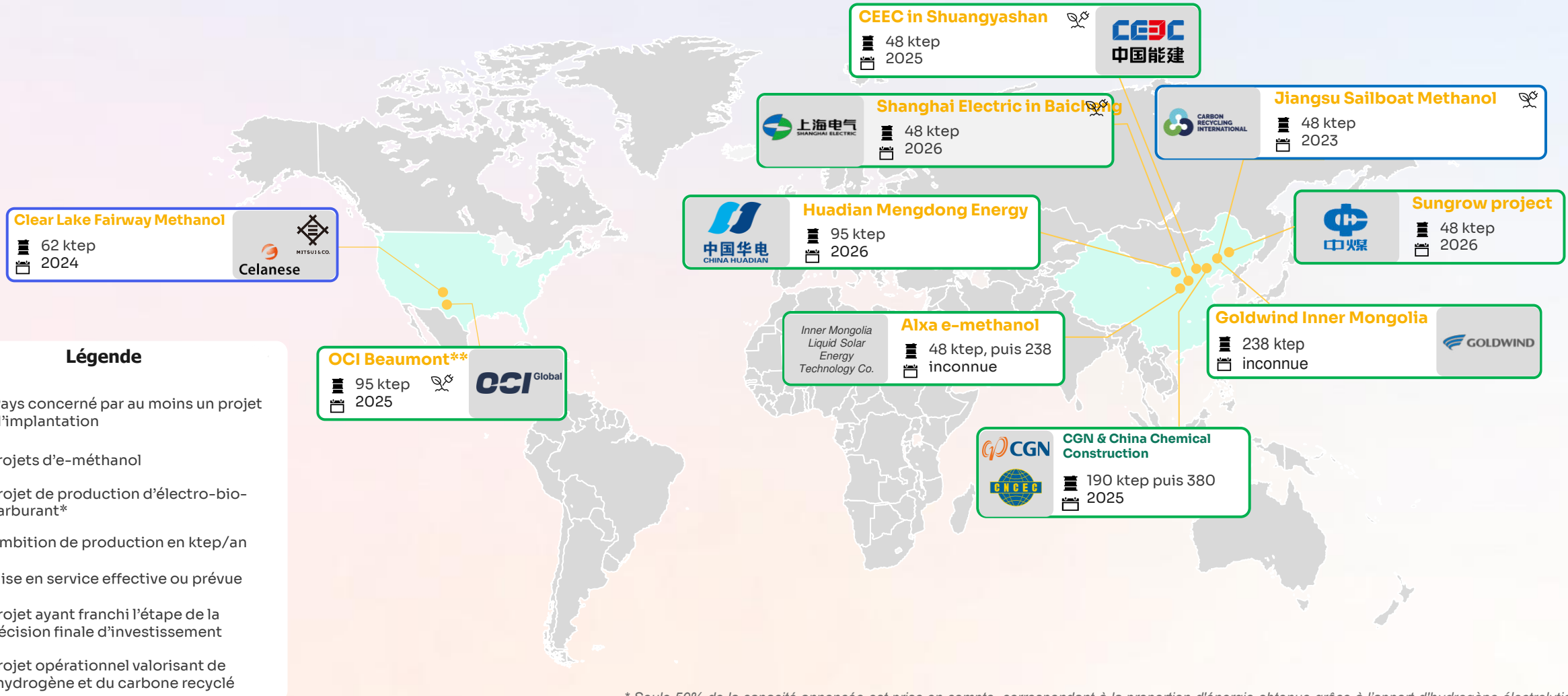
Cartographie des projets. E-kérosène

Sur la base des projets ≥ 50ktep annoncés publiquement

Encouragée par le mandat d'incorporation d'e-SAF de l'Union européenne, **l'Europe s'impose comme leader mondial de la filière e-kérosène**. La plus grande partie des porteurs de projets basés strictement sur une valorisation d'hydrogène électrosourcé, sans apport en biomasse, **misent sur la technologie Fischer-Tropsch**, bien maîtrisée par l'industrie des hydrocarbures.



De la décision d'investissement à la mise en production. Projets de production d'e-méthanol ayant passé le stade de la décision finale d'investissement (FID)



Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthanol
- ✂ Projet de production d'électro-bio-carburant*
- ▮ Ambition de production en ktep/an
- 📅 Mise en service effective ou prévue
- Projet ayant franchi l'étape de la décision finale d'investissement
- Projet opérationnel valorisant de l'hydrogène et du carbone recyclé

* Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique
 ** OCI Beaumont : Devenir du projet à confirmer suite au rachat par Woodside Energy en 2024

Partie 2.

Analyses par zone géographique





Partie 2.

Analyses par zone géographique



Afrique

Amérique du Nord

Amérique du Sud

Asie

Europe

Moyen-Orient

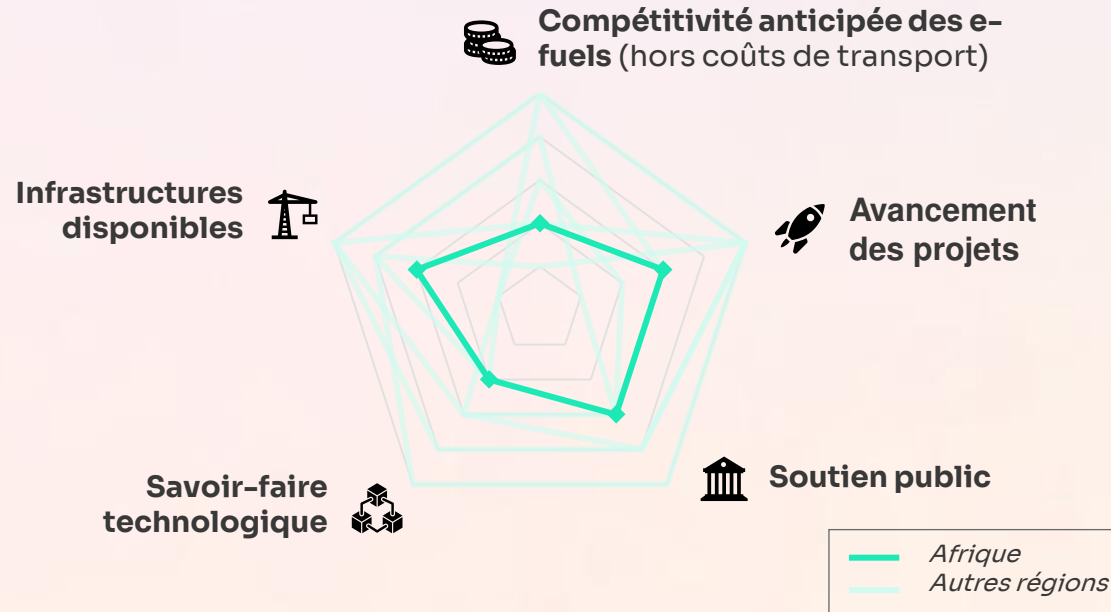
Océanie






Les filières e-fuels en Afrique. *Vue d'ensemble des principaux enjeux régionaux*



Les pays d'Afrique du Nord, l'Afrique du Sud et la Namibie, riches en ressources solaires et éoliennes, affichent une **ambition forte pour la production d'hydrogène vert et e-fuels**. Dix pays africains se sont regroupés dans l'AGHA (*Africa Green Hydrogen Alliance*) pour développer ces filières. Malgré des infrastructures limitées et un savoir-faire technologique moins avancé que d'autres régions, **l'Afrique compte déjà six projets majeurs d'e-fuels et de nombreuses initiatives dans l'hydrogène et l'e-ammoniac**. Les stratégies nationales, **axées sur l'exportation**, notamment vers l'Europe, s'appuient sur des **partenariats internationaux** pour accélérer le développement de la filière.

Enjeux clés pour le développement des e-fuels ^{*,**}



-  **Compétitivité** : LCOH*** majoritairement supérieur à 3\$/kg, mais avec des zones fortement compétitives (Maroc, Egypte, Namibie)
-  **Projets** : 7 projets ≥ 50 ktep, aucun avec FID à notre connaissance
-  **Soutien public** : plusieurs pays ont établi une stratégie hydrogène et ont mis en place des mesures incitatives pour la filière hydrogène
-  **Technologie** : un projet pilote d'e-kérosène et e-méthanol est prévu au Maroc, les grands projets annoncés en Afrique sont tous co-menés par des entreprises non africaines
-  **Infrastructures** : peu de pipelines et raffineries, mais 3 ports dans le top 15 pour le pétrole ou le top 15 pour le GNL

Les filières e-fuels en Afrique. *Une stratégie d'export soutenue par les acteurs internationaux*



Plusieurs pays africains misent sur leurs **gisements solaires et éoliens** pour **produire de l'hydrogène renouvelable et des e-fuels à bas-coût**, principalement destinés à l'**export**. Ils reçoivent un **soutien croissant de la part d'acteurs internationaux**, notamment à travers des subventions des **gouvernements européens** et des projets pilotés par des **entreprises étrangères**.



Enjeux énergétiques et géopolitiques

- **L'Afrique consomme encore peu d'énergie par rapport au reste du monde** : elle représente 6% de la demande mondiale pour près de 20% de la population. Malgré une consommation électrique par habitant en hausse, 600M de personnes restent sans accès à l'électricité.
- L'Afrique possède un **potentiel en énergies renouvelables immense mais sous-exploité** : elle abrite plus de la moitié de la superficie des 20% des meilleurs sites solaires au monde, contre seulement 1% des panneaux photovoltaïques installés.
- L'énergie consommée sur le continent est dominée par les combustibles fossiles, avec une **dépendance notable aux hydrocarbures pour la production d'électricité (75%) et le transport (>99%)**.
- Son territoire est riche en **ressources naturelles stratégiques** telles que les combustibles fossiles et les métaux essentiels à la transition énergétique. 48 pays africains ont engagé de nouveaux projets fossiles, principalement menés par des entreprises étrangères pour l'exportation vers l'Europe.



Positionnement sur les e-fuels

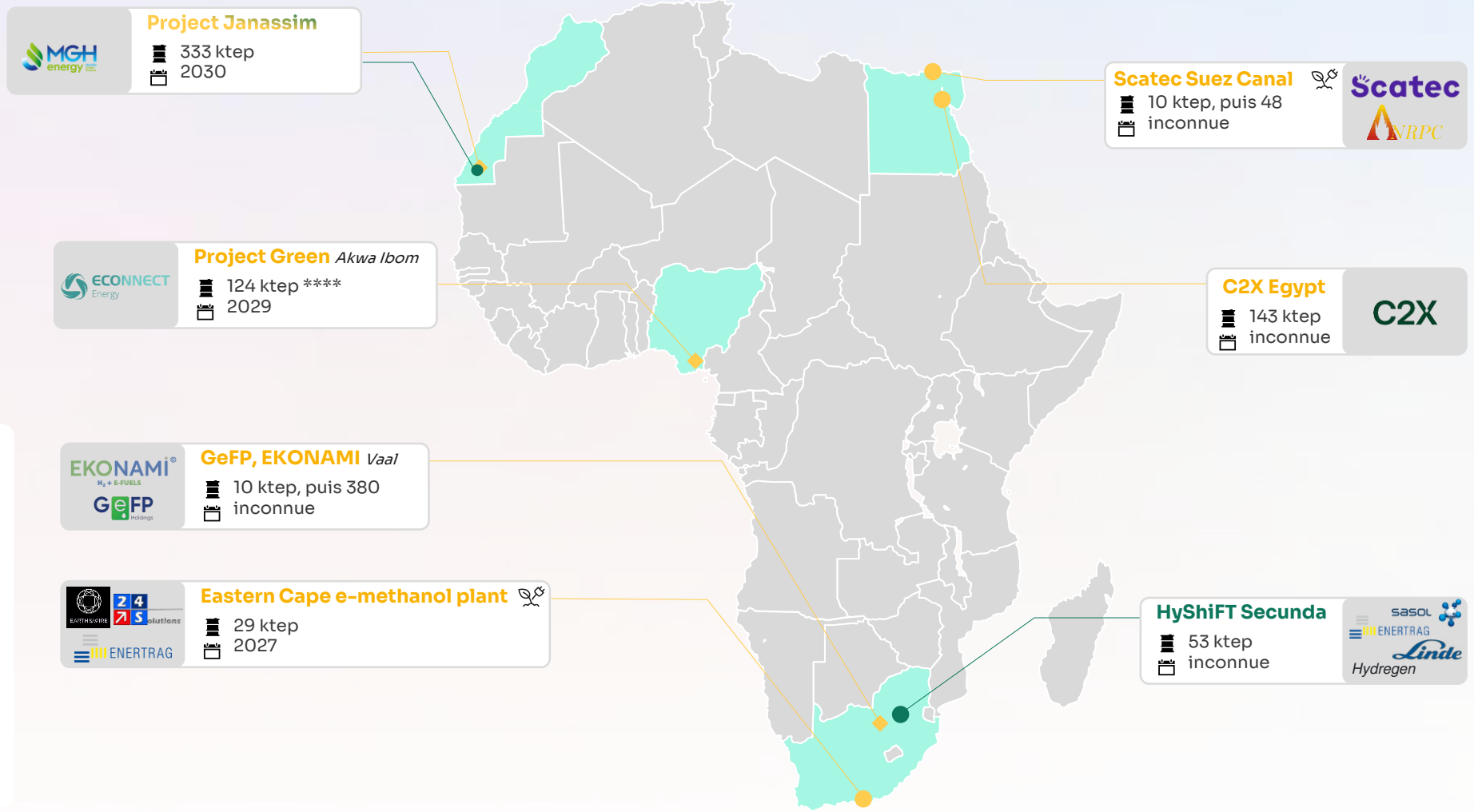
- Plusieurs pays d'Afrique du Nord et Australe souhaitent **tirer parti de leur potentiel solaire et éolien pour devenir des producteurs majeurs d'hydrogène renouvelable**, et de leurs produits dérivés dont les **e-fuels**.
- Leurs stratégies sont majoritairement tournées vers l'**export, en particulier vers l'Europe**. Certains gouvernements ont noué des **partenariats avec de futurs pays importateurs**, qui soutiennent financièrement le développement des filières hydrogène. Des entreprises internationales se positionnent également sur le marché.
- Une dizaine de pays africains se sont regroupés dans l'**AGHA (Africa Green Hydrogen Alliance)**, une entité créée en 2022 se concentrant sur les politiques réglementaires, les capacités de construction, le financement et la certification nécessaires au développement de la filière hydrogène renouvelable.
- L'Afrique compte **cinq projets d'e-méthanol et un projet d'e-kérosène majeurs** (≥ 50 ktep), et environ 80 projets d'hydrogène, dont la majorité renouvelable. Plusieurs projets d'e-ammoniac de grande capacité ont aussi été annoncés.

Les filières e-fuels en Afrique. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Les projets e-fuels ≥50ktep annoncés en Afrique sont tous situés dans un **pays membre de l'AGHA**. Ils sont majoritairement menés par des **entreprises nationales et européennes associées**.

Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- 🌿 Projet d'e-biocarburant ***
- 🏗️ Ambition de production en ktep/an
- 📅 Mise en service effective ou prévue



* Capacité totale du projet, peut être différente de celle prise en compte dans cet observatoire (voir e-kérosène et électrobio) ; ** Seule 60% de la capacité annoncée est prise en compte, le reste étant considéré comme des co-produits ; *** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique ; **** 247ktep d'e-méthanol vert et bleu, hypothèse : 50% de la production sera verte.

Les filières e-fuels en Afrique. *Politiques publiques dans une sélection de pays*



Les stratégies hydrogène en Afrique se concentrent principalement sur le **développement de projets pilotes jusqu'en 2030**, et une **forte orientation vers l'export**. Bien que quelques **mesures incitatives** soient déjà en place, les pays africains ambitionnent d'élargir ces initiatives pour structurer la filière. Des **accords de soutien** avec des nations européennes viennent renforcer cette dynamique.



Afrique du Sud

- *Hydrogen Society Roadmap, 2021* :
 - ▶ capitaliser sur : **potentiel en énergies renouvelables**, industrie existante (**procédé Fischer-Tropsch**), infrastructures, partenariats commerciaux ;
 - ▶ produire **500kt d'hydrogène en 2030** (renouvelable et gaz avec CCUS) ;
 - ▶ **développer les e-fuels** pour l'usage national et l'export ;
 - ▶ mesures gouvernementales : programme HySA depuis 2007 pour soutenir le développement technologique, création de clusters H₂, révision des réglementations, encouragement des partenariats public-privé.
- 32M€ accordés par l'UE pour développer les chaînes d'approvisionnement d'H₂ vert en Afrique du Sud.



Egypte

- *Stratégie Nationale Hydrogène Bas Carbone, 2024* :
 - ▶ jusqu'à **8% du marché mondial en 2040** : 2-4Mt/an pour l'usage national et 4-6Mt pour l'export (Europe et Asie) ;
 - ▶ principaux débouchés identifiés : **e-méthanol** (maritime), **e-kérosène** ;
 - ▶ **24-34Mds\$ d'investissements nécessaires** jusqu'en 2040 ;
 - ▶ 1^{ère} phase : projets pilotes jusqu'en 2030.
- Signature de **23 MoU*** et **9 accords de partenariat**.
- Loi offrant aux projets d'hydrogène vert des incitations financières votée en 2023 (aide de 33% à 55% des taxes dues, exonération de TVA sur certains biens), autres incitations prévues.



Maroc

- *Feuille de route Hydrogène Vert, 2021* :
 - ▶ atouts : positionnement géographique, interconnexions énergétiques avec l'Europe, énergies renouvelables (52% des capacités installées en 2030) ;
 - ▶ d'abord **développer H₂ et e-fuels pour l'export** : 33-67TWh en 2050 ;
 - ▶ puis investir pour favoriser la consommation nationale d'H₂ et dérivés.
- *Commission Nationale de l'Hydrogène, 2019* : mettre en œuvre la feuille de route H₂ (soutien à la R&D, cadre réglementaire, soutien direct financier).
- Accord avec l'Allemagne sur la production et l'export d'hydrogène vert, et notamment construction d'une usine de 10 000t/an d'hydrogène.
- Offre Hydrogène Maroc 2024 : 1 million d'hectares mis à disposition pour des projets d'H₂ vert et dérivés.



Namibie

- *Green Hydrogen Strategy, 2022* :
 - ▶ production d'**hydrogène vert à très bas coût** possible sur la côte : potentiel solaire et éolien exceptionnel, disponibilité d'eau et infrastructures portuaires ;
 - ▶ concentration sur l'**export de produits dérivés** : e-méthanol, e-kérosène ;
 - ▶ objectif : produire 1-2Mt d'équivalent H₂ en 2030, **10-15Mt en 2050** ;
 - ▶ 3 vallées de l'hydrogène prévues, fonds SDG Namibia One (1Md\$ pour développer un des hubs H₂), autres mesures incitatives.
- UE : 25M€ accordés et prêt avantageux de 500M€ pour un projet H₂.
- MoU* avec Allemagne (40M€), Belgique, Pays-Bas, entreprises japonaises.



Partie 2.

Analyses par zone géographique

Afrique



Amérique du Nord

Amérique du Sud

Asie

Europe

Moyen-Orient

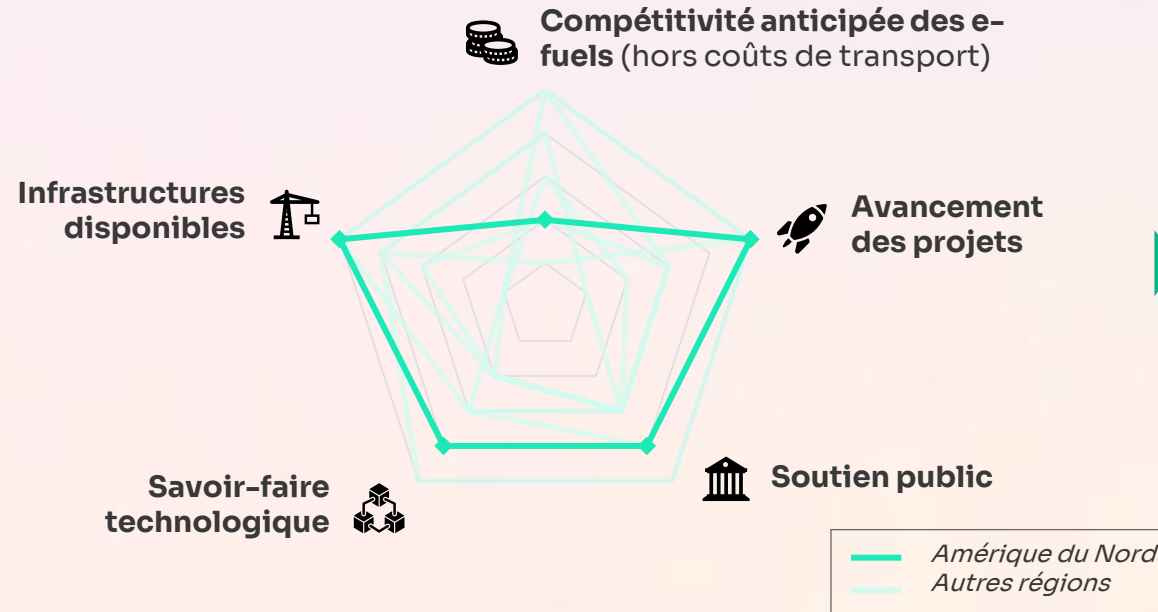
Océanie

Les filières e-fuels en Amérique du Nord. *Vue d'ensemble des principaux enjeux régionaux*



La filière e-fuels nord-américaine est très dynamique, avec une vingtaine de projets majeurs annoncés et **plusieurs acteurs spécialisés développant des technologies innovantes**. Elle est portée par une combinaison de facteurs clés. Le secteur oil & gas, très important dans la région, apporte des infrastructures et un savoir-faire précieux transmissibles aux e-fuels. L'**écosystème R&D** est développé, avec de nombreuses universités et entreprises novatrices. La région dispose aussi de ressources en CO₂ exploitables et est en **avance sur les technologies CCUS**. Enfin, plusieurs zones sont très propices à la production d'électricité renouvelable et d'hydrogène vert, notamment dans le golfe du Mexique, en Alaska ou au Canada.

Enjeux clés pour le développement des e-fuels *



Compétitivité : LCOH** majoritairement entre 2,5\$/kg et 3\$/kg, certaines zones très compétitives



Projets : 17 projets ≥50ktep, dont 1 en construction



Soutien public : plusieurs pays ont mis en place des réglementations contraignantes impliquant implicitement le développement des e-fuels, et des incitatifs financiers pour les e-fuels



Technologie : plus de 5 projets pilotes pour l'e-kérosène et l'e-méthanol, plusieurs entreprises nationales spécialisées ayant annoncé un projet ≥50ktep, grande diversité des molécules produites



Infrastructures : plus de 20% des capacités de raffinage, près de la moitié des pipelines et plus de 10% de la puissance installée en EnR au monde

Les filières e-fuels en Amérique du Nord. *Un développement freiné par les enjeux économiques du pétrole*



L'Amérique du Nord, **riche en ressources énergétiques**, cherche à **réduire son empreinte carbone** tout en conservant une économie dynamique, **très dépendante de sa filière hydrocarbure**. Les États-Unis et le Canada misent notamment sur l'hydrogène bas-carbone et les e-fuels pour valoriser leur potentiel renouvelable. La **R&D autour des e-fuels** est particulièrement dynamique dans la région.



Enjeux énergétiques et géopolitiques

- Les trois plus grands pays d'Amérique du Nord (Canada, États-Unis et Mexique) sont d'**importants producteurs d'hydrocarbures** : ils ont produit près de 30% du pétrole et du gaz mondial en 2023.
- Leurs **ressources en énergie renouvelable sont importantes**, notamment hydroélectrique, solaire et éolien. Le mix électrique du Canada repose ainsi à plus de 50% sur l'hydroélectricité. **Les États-Unis et le Mexique sont moins avancés** malgré un bon potentiel : ils produisent respectivement 60% et 75% de leur électricité à partir de sources fossiles. Cependant, les deux pays **accélèrent sur le développement des énergies renouvelables**, et notamment du solaire.
- Le secteur du transport repose à environ 95% sur les énergies fossiles au Canada et aux États-Unis, équivalent à la moyenne mondiale. Au Mexique, c'est plus de 99%.
- Ces trois pays ont fixé des objectifs de décarbonation, mais sont prudents quant à la mise en place de mesures incitatives des technologies propres, face à la **réticence du secteur pétrolier**, moteur de leurs économies.



Positionnement sur les e-fuels

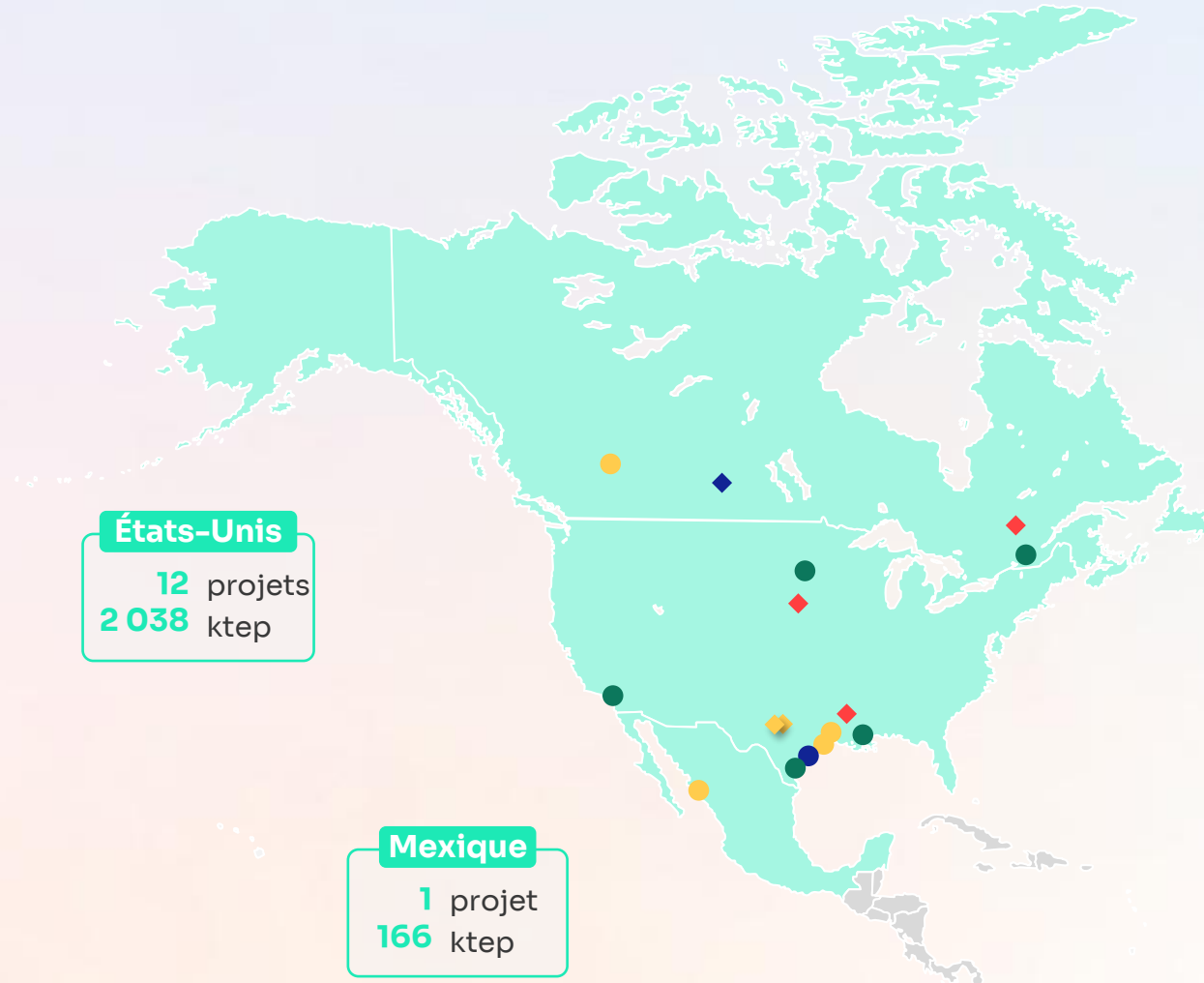
- L'Amérique du Nord se distingue par un **écosystème dynamique et innovant** dédié aux solutions bas carbone, notamment les e-fuels. Elle abrite des programmes de recherche et développement (R&D) ainsi que des projets pilotes majeurs.
- De **grands projets e-fuels se développent**, notamment **dans les zones où l'électricité est la moins chère**, comme le golfe du Mexique ou certaines régions du Canada.
- Ces projets **visent d'abord la consommation locale**, avec un potentiel d'exportation croissant.
- La filière e-fuels en Amérique du Nord se démarque également par la **diversité des molécules produites**. C'est ainsi le seul continent où la production d'e-essence et d'e-gazole serait significative.
- Aux États-Unis, l'Inflation Reduction Act soutient l'hydrogène vert et les carburants bas carbone, tandis qu'au Canada, des initiatives fédérales et provinciales encouragent les investissements dans l'hydrogène et les énergies renouvelables.

Les filières e-fuels en Amérique du Nord. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Les États-Unis et le Canada comptent un grand nombre de projets, grâce à **leur politique incitative, leurs ressources en énergie renouvelable et la présence d'entreprises innovantes.**

Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- Nombre de projets
- Somme des capacités de tous les projets en ktep/an **



* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels
 ** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

Les filières e-fuels en Amérique du Nord. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep* États-Unis

Pas de localisation annoncée

Hy2gen États-Unis

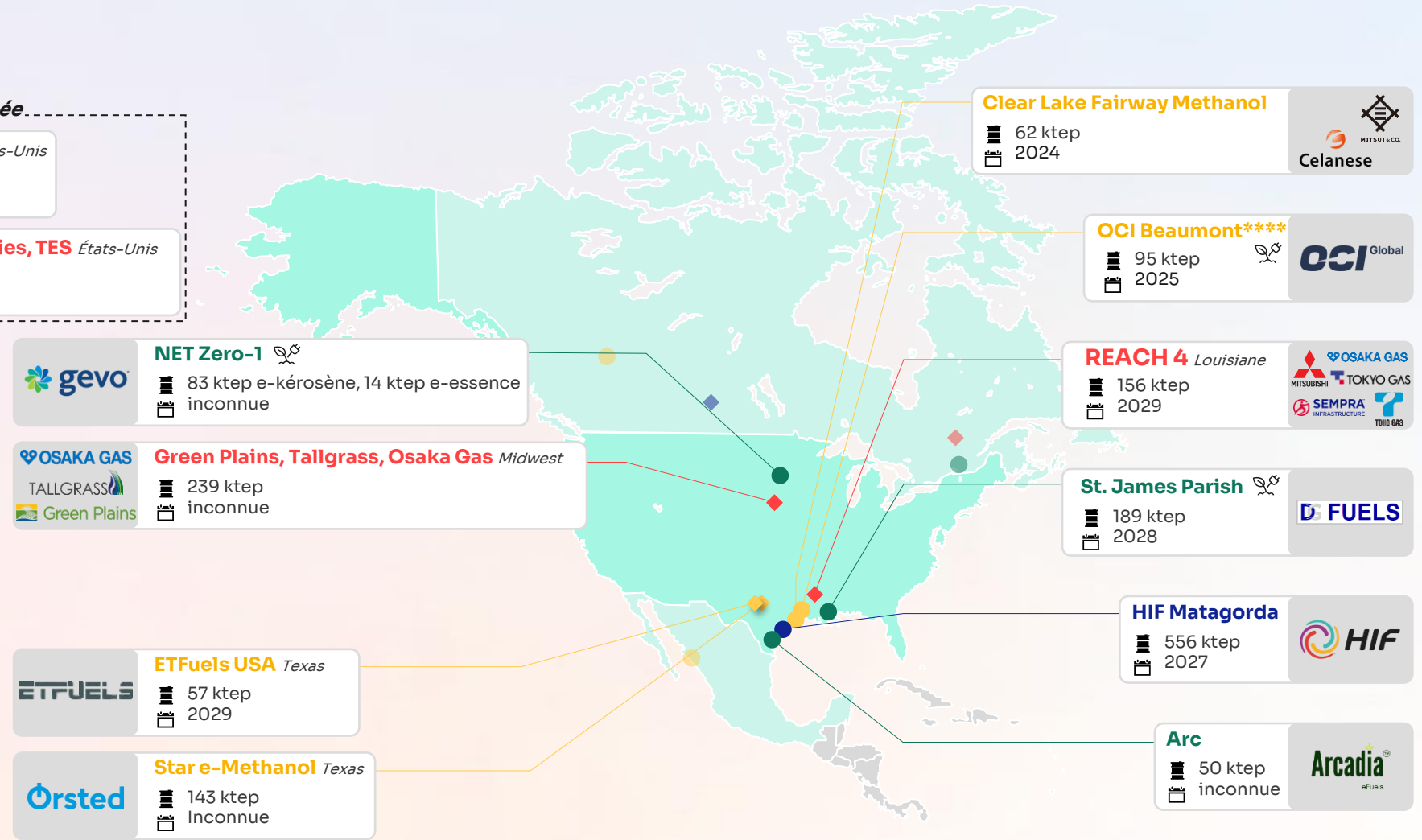
215 ktep
inconnue

Total Energies, TES États-Unis

179 ktep
inconnue

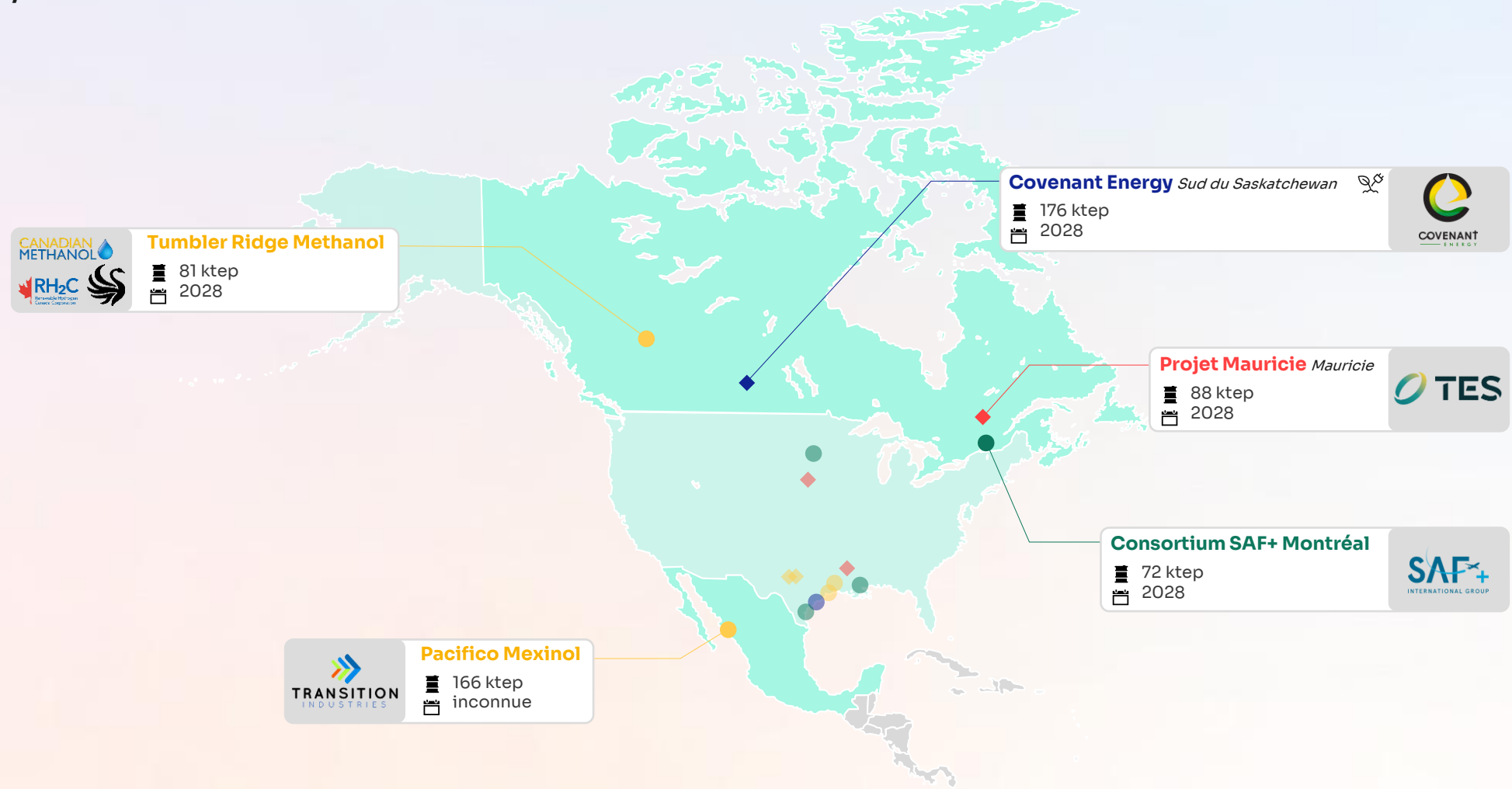
Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- Localisation imprécise
- Projet d'e-biocarburant ***
- Ambition de production en ktep/an
- Mise en service effective ou prévue



* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels
 ** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels
 *** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique
 **** OCI Beaumont : Devenir du projet à confirmer suite au rachat par Woodside Energy en 2024

Les filières e-fuels en Amérique du Nord. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep* Canada et Mexique



Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- 🌱 Projet d'e-biocarburant ***
- 🏭 Ambition de production en ktep/an
- 📅 Mise en service effective ou prévue

* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels

** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

*** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique

Les filières e-fuels en Amérique du Nord. *Politiques publiques dans une sélection de pays*



Le Canada et les États-Unis misent sur **toutes les technologies bas carbone de production d'hydrogène** pour réduire leurs émissions. Ils ont mis en place un **soutien financier important** pour l'hydrogène et ses dérivés. Le Mexique est moins avancé et apporte peu de soutien à la filière pour l'instant. Les **objectifs de décarbonation des trois pays semblent éloignés** face à l'importance de leur industrie fossile.



Canada

- Engagement de décarbonation : **40 à 45% de réduction de GES en 2030** (vs 2005).
- *Clean Fuels Regulation*, 2022 : réglementation basée sur la performance visant une **réduction de 15% de l'intensité carbone des carburants** de transport d'ici 2030 (vs 2016).

Fonds publics

- ▶ *Net Zero Accelerator*, 2020 : **8Mds\$CAD** pour décarboner l'industrie, priorité aux projets court terme pour atteindre les objectifs de 2030 ;
- ▶ *Clean Fuels Fund*, 2021 : **1,5Mds\$CAD** sur 5 ans pour la transition vers des carburants propres ;
- ▶ *Canadian Growth Fund*, 2022 : **15Mds\$CAD** pour transformer l'industrie, soutenir les technologies propres ;
- ▶ *Clean Economy Investment Tax Credit (ITC)*, 2023 : **93Mds\$CAD** d'incitatifs fédéraux d'ici 2035 pour favoriser les investissements, dont 2 programmes ITC dédiés aux CCUS et à l'hydrogène propre.
- ▶ *2024* : subvention de 4,9M\$CAD pour un projet e-fuels à partir d'électricité nucléaire.



États-Unis

- **Neutralité carbone d'ici 2050.**
- *Inflation Reduction Act (IRA)*, 2022 : plus de 360 Mds\$ notamment pour les énergies propres et la santé.
- *45V Hydrogen Production Tax Credit*, 2025 (règles précisant les crédits d'impôts introduits par l'IRA) :
 - ▶ jusqu'à **3\$/kgH₂ de crédit d'impôt pour l'hydrogène propre**, échelonné selon la réduction des émissions ;
 - ▶ conditions : additionnalité de la production d'électricité, correspondance horaire entre la production d'H₂ et d'électricité propre (après 2030).
- *Bipartisan Infrastructure Law*, 2023 : **7Mds\$ pour 7 hubs H₂**, qui devraient produire 3Mt d'H₂ par an.
- *SAF Grand Challenge*, 2021 : produire 9,4 Mtep/an de SAF, dont e-fuels, en 2030.
- *Bipartisan Policy Center (ONG)*, 2024 : note sur les politiques fédérales possibles pour soutenir les e-fuels.
- **Incertitudes sur les mesures de soutien à l'hydrogène suite à la prise de fonction de Donald Trump à la présidence** : souhait annoncé de réduire les dépenses liées à l'IRA



Mexique

- Objectifs du gouvernement, 2024 : **45% d'énergie renouvelable en 2030** (90% fossile en 2023), pour renforcer la souveraineté énergétique nationale.
- Forte **dépendance aux énergies fossiles**, exportateur de pétrole brut mais importateur de produits raffinés : subventions de plusieurs Mds\$/an à Pemex, l'entreprise nationale pétrolière surendettée.
- 2022, **roadmap hydrogène** publiée par *H2 México* (association industrielle) : demande domestique estimée à **230kt/an en 2030**, 6Mds\$ nécessaires pour y répondre.
- 2024 : **11 orientations pour le développement de la filière hydrogène** publiées par le SENER (secrétariat à l'énergie), dont : définir une vision long terme, coordonner au niveau de l'État, favoriser les types de production renouvelables.



Partie 2.

Analyses par zone géographique

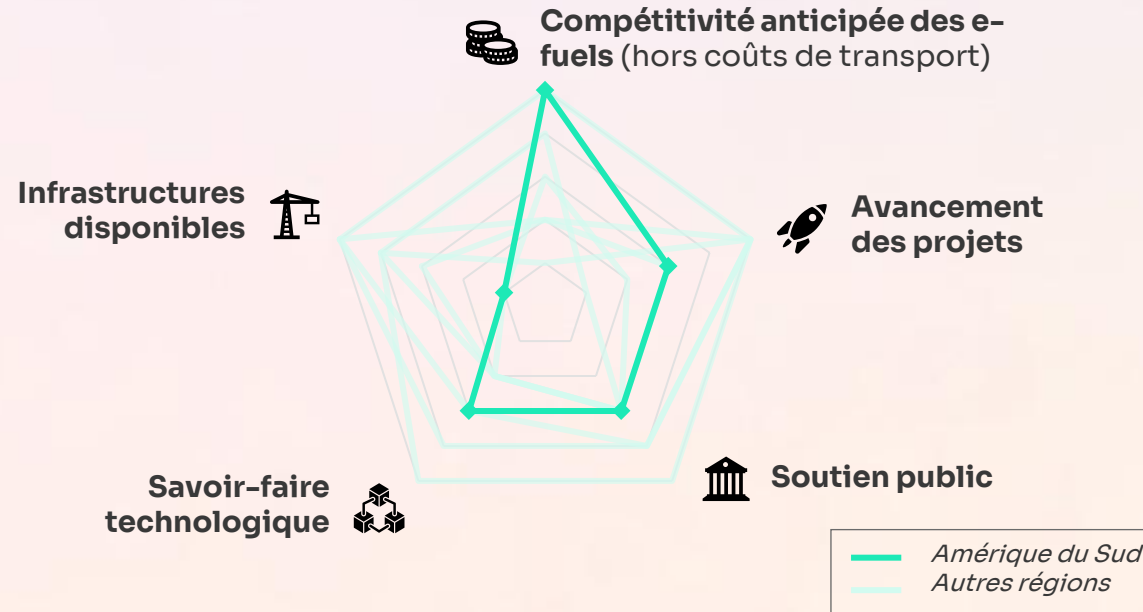
- Afrique
- Amérique du Nord
- ▶ **Amérique du Sud**
- Asie
- Europe
- Moyen-Orient
- Océanie

Les filières e-fuels en Amérique du Sud. *Vue d'ensemble des principaux enjeux régionaux*



L'Amérique du Sud dispose des **meilleurs gisements d'énergie renouvelable à bas coût** au monde, ce qui lui permettrait de produire des **e-fuels très compétitifs**. Les pays sud-américains misent ainsi sur une production excédentaire d'hydrogène vert et d'e-fuels, principalement destinée à l'**export**. La première livraison au monde d'e-fuels a d'ailleurs eu lieu depuis une usine pilote au Chili. Bien que la région dispose de peu d'infrastructures fossiles comparé à d'autres, elle reste avancée en matière de recherche sur les e-fuels et abrite plusieurs grands projets en développement, qui produiront des molécules variées.

Enjeux clés pour le développement des e-fuels *



- Compétitivité** : LCOH** majoritairement inférieur à 2,5\$/kg, zones avec un LCOH autour de 1,5\$/kg
- Projets** : 4 projets ≥ 50 ktep, aucun avec FID
- Soutien public** : plusieurs pays ont établi une stratégie hydrogène et ont mis en place des mesures incitatives pour la filière hydrogène
- Technologie** : au moins 3 projets pilotes e-fuels, plusieurs entreprises nationales ayant annoncé un projet ≥ 50 ktep, entreprise HIF spécialisée dans les e-fuels développant des projets à travers le monde
- Infrastructures** : peu d'infrastructures de la filière hydrocarbure par rapport aux autres régions

Les filières e-fuels en Amérique du Sud. Des stratégies mêlant export et décarbonation nationale, portées par un fort potentiel renouvelable



L'Amérique du Sud, riche en ressources énergétiques et minérales, se positionne comme un **acteur clé dans la transition énergétique mondiale**. Avec des **projets ambitieux d'hydrogène vert, e-fuels** et e-ammoniac, la région cherche à **exploiter son potentiel renouvelable** pour devenir un **leader dans la production et l'exportation** de ces technologies, tout en répondant à ses besoins de décarbonation.



Enjeux énergétiques et géopolitiques

- L'Amérique du Sud possède des **ressources énergétiques importantes**. Elle détient environ **15% des réserves mondiales de pétrole et de gaz naturel**, avec des acteurs majeurs tels que le Venezuela et le Brésil, et a produit 8% du pétrole mondial en 2023. La région est également un **leader en énergie propre**, notamment grâce à l'**hydroélectricité**, assurant **plus de la moitié de sa production électrique**.
- Les énergies fossiles continuent de jouer un rôle majeur dans le mix énergétique, bien que la dépendance aux hydrocarbures varie selon les pays.
- Des pays comme le Chili et l'Argentine disposent d'un **fort potentiel de production d'hydrogène renouvelable**, grâce à des ressources abondantes en énergies renouvelables. La région est aussi riche en minerais stratégiques (lithium, cuivre) essentiels pour le développement des technologies propres.
- Des défis subsistent pour le développement des e-fuels en Amérique du Sud, notamment le sous-développement de certains réseaux énergétiques ou l'exposition aux effets du changement climatique, pouvant entraver la production énergétique.



Positionnement sur les e-fuels

- L'Amérique du Sud vise à devenir un **leader global de l'hydrogène vert**, tirant parti de ses **vastes gisements d'énergie renouvelable**, notamment éolien, solaire et hydroélectrique.
- **Cinq projets majeurs d'e-fuels sont en cours**, dont trois pilotés par **HIF Global**, une entreprise spécialisée fondée par une société chilienne et péruvienne, qui joue un rôle central dans ce secteur au niveau mondial.
- La région développe des **projets ambitieux de production d'hydrogène et d'e-ammoniac** destinés à l'exportation ou à l'utilisation domestique (transport, industrie). Elle se positionne sur **les e-fuels**, avec une volonté de développement dès 2030-35.
- Le Chili se distingue avec le projet pilote HIF Haru Oni*, marquant une étape importante avec la première livraison d'e-fuels au monde (de l'e-essence vers le Royaume-Uni), soulignant son potentiel exportateur. Bien que le Brésil et le Chili soient les plus avancés, d'autres pays développent des **stratégies pour l'hydrogène vert et les e-fuels**.

Les filières e-fuels en Amérique du Sud. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Cinq projets e-fuels ont été annoncés en Amérique du Sud. Trois sont portés par l'entreprise internationale aux origines sud-américaines HIF. Deux projets sont menés par des entreprises locales et étrangères associées.

Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- ✂ Projet d'e-biocarburant ***
- Ambition de production en ktep/an
- Mise en service effective ou prévue


Pas de localisation annoncée



Perú LNG e-metano Pérou

■ 72 ktep

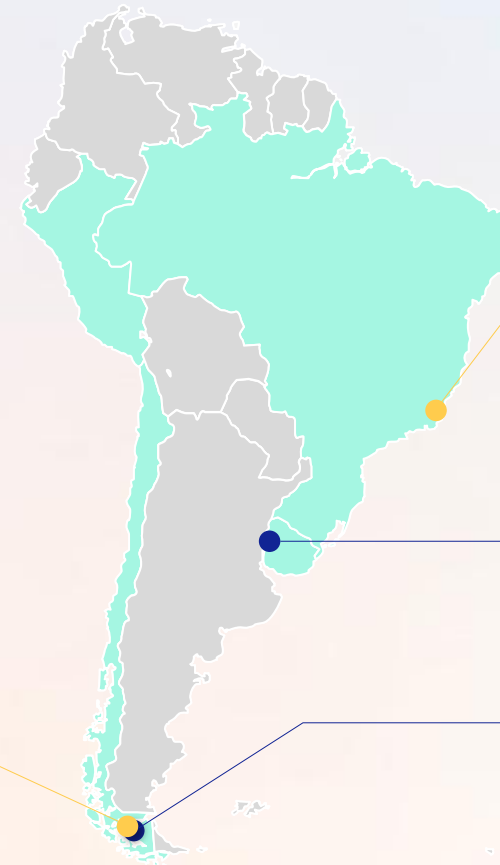
■ 2030



HIF Cabo Negro

■ 83 ktep


■ inconnue



HIF Port of Açú

■ 380 ktep


■ inconnue



HIF Paysandú

■ 248 ktep

■ Inconnue



Haru Oni

■ pilote

■ 2022



* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels

** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

*** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique

Les filières e-fuels en Amérique du Sud. *Politiques publiques dans une sélection de pays*



Les pays sud-américains concentrent majoritairement leurs stratégies sur la **production d'hydrogène renouvelable pour l'export**, avec un pan dédié à leurs consommations domestiques. Quelques **mesures incitatives** sont déjà implémentées, et plusieurs pays ont mis en place un cadre législatif adapté pour encourager la filière, et **attirer les investissements nationaux et étrangers**.



Brésil

- *Programme National de l'Hydrogène, 2023* :
 - ▶ objectifs : usines pilotes dans toutes les régions d'ici 2025, hubs hydrogène bas carbone d'ici 2035, production annuelle potentielle de **1,8Gt** ;
 - ▶ **actions prioritaires** : mise en place d'un cadre légal, certification internationale ;
 - ▶ **signatures d'accords** avec la banque mondiale et le Royaume-Uni pour développer la chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène.
- *Fuel of the Future, 2024* : loi pour soutenir les filières de carburants durables
 - ▶ réduction des émissions de l'aviation intérieure de 1% en 2027 à 10% en 2037 grâce aux **SAF**, introduction de quotas de **gazole vert**.
- 2024 :
 - ▶ approbation d'un **cadre juridique** pour la production d'hydrogène bas carbone ;
 - ▶ approbation d'**investissement de 1,09Mds\$** du gouvernement pour développer des hubs hydrogène vert ;
 - ▶ loi prévoyant des **crédits d'impôt de 3,4Mds\$** pour les producteurs d'hydrogène bas carbone.



Chili

- *National Green Hydrogen Strategy, 2020* :
 - ▶ produire l'**hydrogène renouvelable au plus bas LCOH* de la planète** grâce au potentiel solaire et éolien exceptionnel (1,3-1,4\$/kg) ;
 - ▶ atteindre **33Mds\$ de marché en 2050**, dont 24 à l'export (Europe et Asie principalement) ;
 - ▶ **40% de l'hydrogène sera converti en e-fuels** en 2040 ;
 - ▶ 3 phases : développer les usages domestiques jusqu'en 2025, capitaliser pour devenir un acteur clé, puis devenir un exportateur global de carburants durables après 2030 ;
 - ▶ actions : programme de financement (jusqu'à 50M\$), table ronde public-privé, diplomatie de l'hydrogène vert, régulations et normes, quotas d'hydrogène dans le gaz naturel.
- *Plan d'Action National de l'Hydrogène Vert 2023-2030* :
 - ▶ mesures clés : système d'échange de quotas d'émission, réformes fiscales, fonds de 1Md\$, système de certification internationale.



Pérou

- 2021 : association H2 Peru créée en collaboration avec le gouvernement pour soutenir l'hydrogène.
- Proposition de roadmap par H2 Peru, 2022 :
 - ▶ développer l'hydrogène vert pour **réduire la dépendance aux importations** ;
 - ▶ créer un **marché à l'export** ;
 - ▶ 12GW d'électrolyse en 2050 au coût moyen de 1\$/kgH₂, usage pour aérien et maritime.
- 2024 : modification de la définition légale de l'hydrogène renouvelable



Argentine

- National Hydrogen Strategy, 2023 :
 - ▶ produire **5Mt/an d'hydrogène bas carbone** dont **80% pour l'export** ;
 - ▶ usages : industrie, carburants synthétiques pour le maritime et l'aviation, réseau de gaz naturel.
- 2023 : **projet de loi** pour l'hydrogène bas carbone (aides financières, avantages commerciaux).
- Plan d'action : développement des infrastructures, soutien à la R&D, renforcement de la législation.



Partie 2.

Analyses par zone géographique

Afrique
Amérique du Nord
Amérique du Sud



Asie

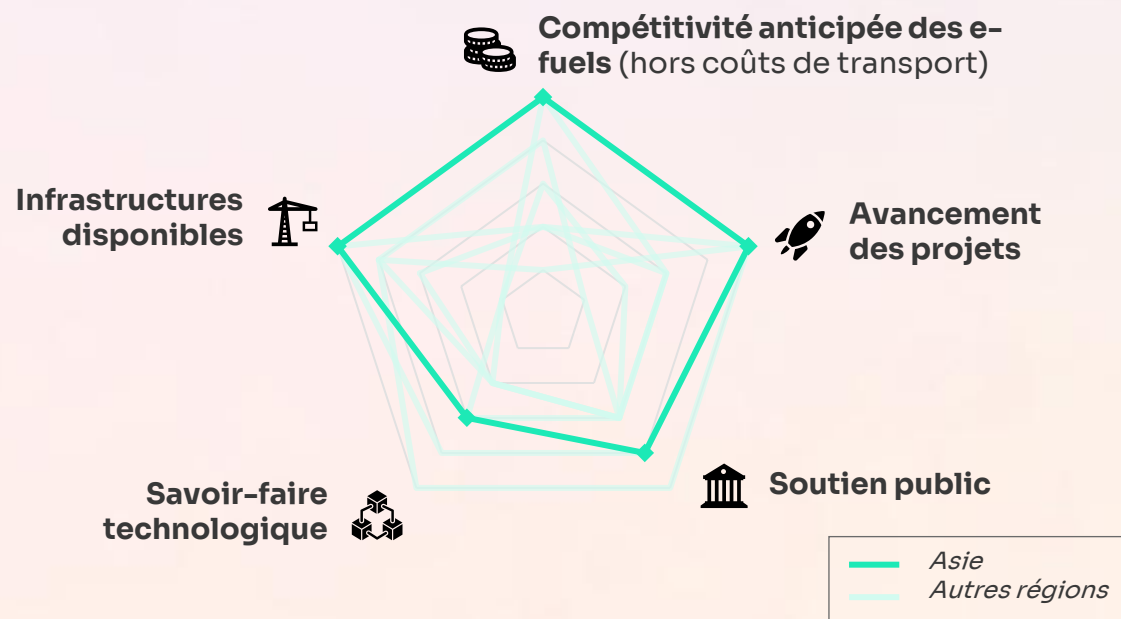
Europe
Moyen-Orient
Océanie






Les filières e-fuels en Asie (hors Moyen-Orient). Vue d'ensemble des principaux enjeux régionaux



L'Asie combine **de nombreux atouts pour développer rapidement une filière e-fuels**, Chine en tête. La région dispose de vastes **ressources solaires et éoliennes**, ainsi que d'espaces pour implanter des infrastructures énergétiques. Les délais de développement des projets sont souvent plus courts qu'ailleurs. L'industrie des hydrocarbures, bien développée, offre un **savoir-faire technologique** et des **infrastructures** qui pourraient soutenir la filière e-fuels. Enfin, les politiques de décarbonation relativement ambitieuses des gouvernements asiatiques sont susceptibles d'accélérer le développement de la filière. **La Chine se distingue en hébergeant les projets d'e-méthanol les plus avancés au monde.**

Enjeux clés pour le développement des e-fuels *



-  **Compétitivité** : LCOH** majoritairement inférieur à 2,5\$/kg, zones avec un LCOH autour de 1,5\$/kg
-  **Projets** : 36 projets ≥ 50 ktep, dont 6 en construction ou opérationnels
-  **Soutien public** : plusieurs pays ont mis en place des réglementations contraignantes impliquant implicitement le développement des e-fuels, et des incitatifs financiers pour les e-fuels
-  **Technologie** : au moins 3 projets pilotes e-fuels, et de nombreuses entreprises asiatiques ayant annoncé un projet ≥ 50 ktep, mais presque exclusivement dédiés à l'e-méthanol
-  **Infrastructures** : plus d'un tiers des capacités de raffinage et des pipelines et plus de la moitié de la puissance installée en EnR au monde

Les filières e-fuels en Asie (hors Moyen-Orient). Une filière dynamique largement tirée par la Chine



L'Asie, principal moteur de la croissance énergétique mondiale, reste **particulièrement dépendante aux énergies fossiles**. Elle **accélère cependant ses investissements dans les énergies renouvelables et l'hydrogène renouvelable et bas carbone**, notamment en Chine. Tandis que l'Asie du Sud privilégie les biofuels, des pays comme le Japon misent sur des partenariats internationaux pour la production d'e-fuels.



Enjeux énergétiques et géopolitiques

- **La consommation énergétique de l'Asie croît rapidement**, portée par une économie et une démographie dynamique. Les pays de l'ASEAN (Association des Nations de l'Asie du Sud Est) ont vu leur consommation d'énergie presque tripler depuis 1990.
- Le mix énergétique des pays asiatiques reste **dominé par les combustibles fossiles**, malgré des efforts menés sur le nucléaire et l'énergie renouvelable.
- La Chine est le premier producteur et consommateur mondial d'énergie primaire, et le premier producteur d'électricité. Le charbon, abondamment disponible sur son territoire, représente 60% de sa production d'électricité, malgré des investissements massifs dans les énergies renouvelables.
- La région est riche en charbon (Chine, Inde) mais relativement pauvre en pétrole et gaz, la laissant **dépendante aux importations** notamment du Moyen-Orient. La Chine est le premier importateur mondial de pétrole et gaz.
- Les secteurs du **transport aérien et maritime** connaissent une **croissance particulièrement rapide dans la région**, un défi pour la décarbonation. L'Asie Pacifique est déjà la première région pour le trafic aérien.



Positionnement sur les e-fuels

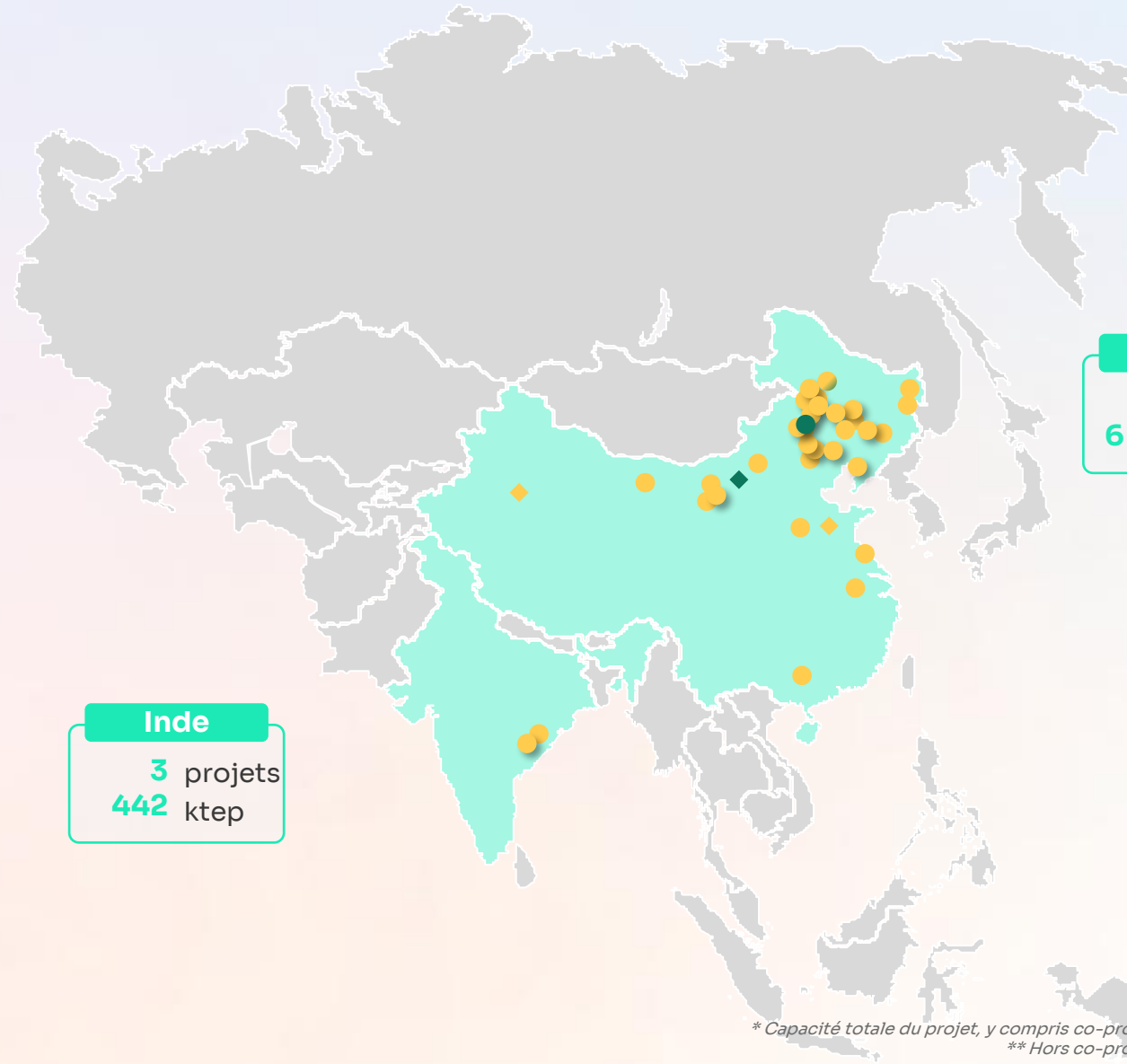
- Plusieurs pays asiatiques, notamment la Chine et l'Inde, ont élaboré une **stratégie hydrogène bas carbone nationale**. Ils misent sur cette molécule pour décarboner leur économie, et se positionnent en tant que **producteurs, consommateurs et exportateurs d'hydrogène et ses dérivés**.
- **La majorité des projets de grande ampleur se situent en Chine**. Le pays compte une trentaine de projets d'e-méthanol de plus de 50ktep, à un **stade de développement plus avancé** en moyenne qu'ailleurs dans le monde.
- La plupart des pays d'Asie du Sud se concentrent sur les biofuels, pour valoriser leurs matières premières abondantes, notamment pour produire des SAF. Quelques pays ont déjà mis en place des mandats de mélange de SAF (Malaisie, Inde, Japon, etc.)
- Le Japon, la Corée du Sud et Singapour ont une approche différente : ils **financent des projets à l'étranger** pour leur consommation. Le Japon notamment participe à plusieurs projets (Australie, Oman) d'e-méthane pour son réseau de gaz urbain.

Les filières e-fuels en Asie (hors Moyen-Orient). Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep* Vue d'ensemble

33 projets asiatiques sur 36 sont situés en Chine, la très grande majorité étant des projets d'e-méthanol. La Chine mise sur cette molécule pour **se décarboner, assurer sa sécurité énergétique et valoriser son énergie renouvelable.**

Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- Nombre de projets
- Somme des capacités de tous les projets en ktep/an **



Chine

33 projets
6 701 ktep

Inde

3 projets
442 ktep


* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels

** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

Les filières e-fuels en Asie (hors Moyen-Orient). Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Détail des projets 1/2

Pas de localisation annoncée



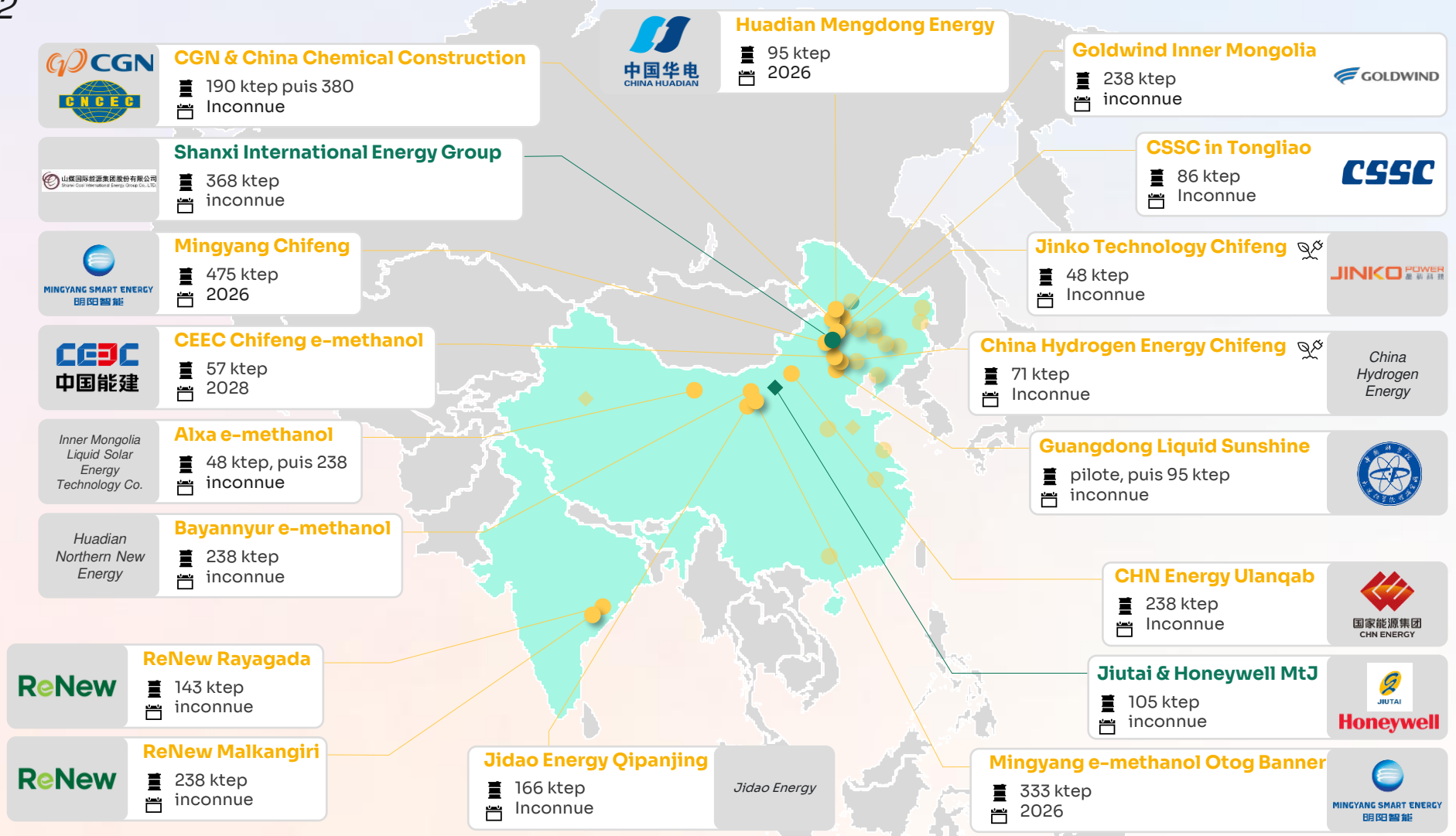
GAIL & AM Green Inde

62 ktep
inconnue



Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- Localisation imprécise
- Projet d'e-biocarburant ***
- Ambition de production en ktep/an
- Mise en service effective ou prévue



* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels

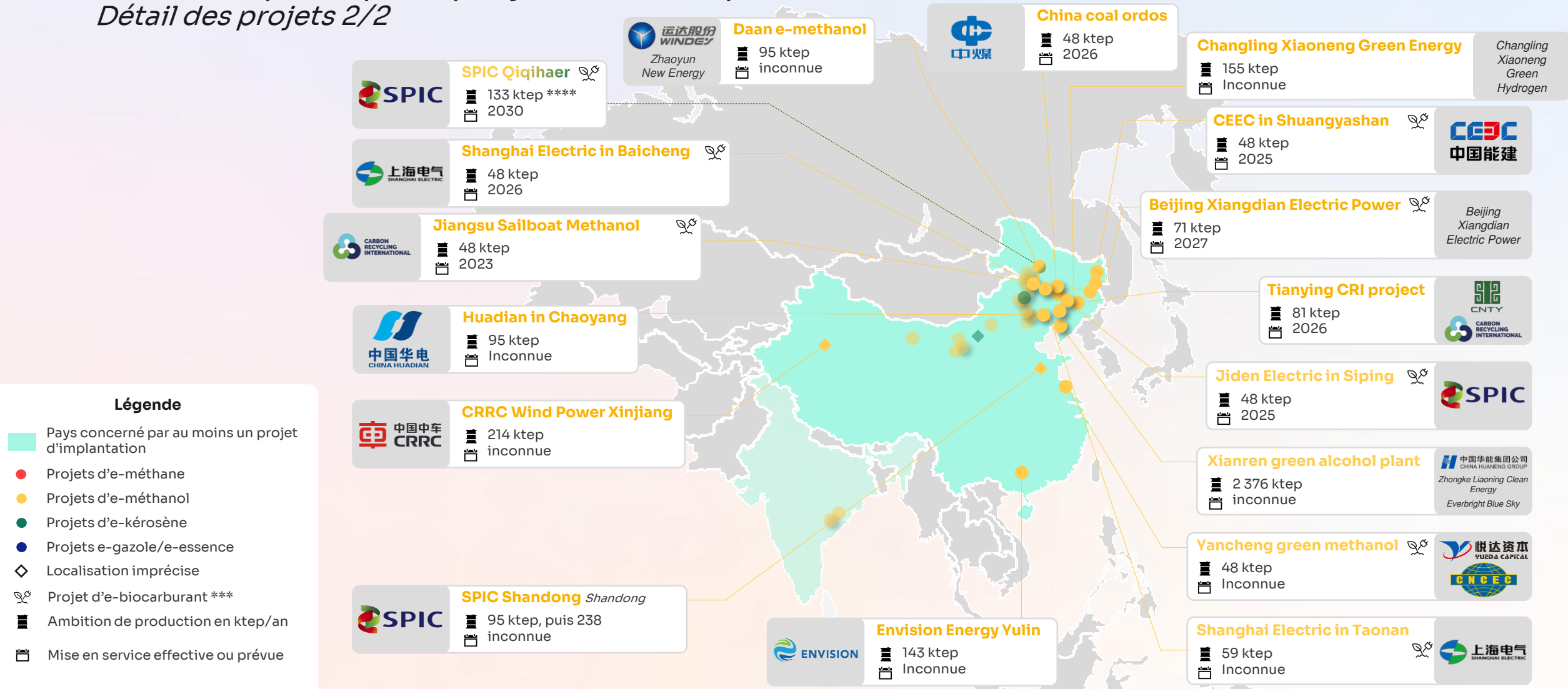
** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

*** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique

Les filières e-fuels en Asie (hors Moyen-Orient).

Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Détail des projets 2/2



Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- 🌿 Projet d'e-biocarburant ***
- 🏗️ Ambition de production en ktep/an
- 📅 Mise en service effective ou prévue

* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels ; ** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels ; *** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique **** Estimation basée sur la capacité en tonnes méthanol et kérosène confondus

Les filières e-fuels en Asie (hors Moyen-Orient). Politiques publiques dans une sélection de pays



L'Asie intensifie sa politique de soutien des énergies renouvelables et à l'hydrogène, pour tenter de respecter ses engagements climatiques qui semblent éloignés. Avec son énergie renouvelable à bas coût et ses délais de développement courts, **la Chine est en passe de devenir leader mondial de l'e-méthanol**. Les gouvernements d'Asie du Sud privilégient pour l'instant les biocarburants.



Chine

- **Neutralité carbone en 2060** avec un pic des émissions en 2030, 20% de combustibles non fossiles dans le mix énergétique en 2025.
- *Plan EnR, 2024* :
 - ▶ développer les infrastructures de production, transport, stockage, consommation ;
 - ▶ objectif : près de **9 000 TWh d'énergie renouvelable consommée en 2025** ;
 - ▶ encourager l'hydrogène vert dans l'industrie, les SAF, etc. ;
 - ▶ mesures incitatives : soutien réglementaire et financier, réforme des mécanismes de marché, etc.
- *National Hydrogen Development Plan, 2022* :
 - ▶ **production de 100 000 à 200 000t/an d'hydrogène vert en 2025** ;
 - ▶ **priorité à l'usage domestique**, notamment dans la mobilité, l'industrie lourde, le stockage d'énergie.
- Pas de stratégie nationale pour l'e-méthanol, mais de nombreuses entreprises d'Etat développant des projets.



Inde

- Indépendance énergétique en 2047, **Net Zero en 2070**.
- 2050 : 500GW de capacité non fossile installée et **50% de production électrique renouvelable**.
- *National Green Hydrogen Mission, 2023* :
 - ▶ **produire au moins 5Mt/an d'hydrogène vert d'ici 2030** (via électrolyse et biomasse), **capturer 10% de la demande mondiale d'hydrogène et dérivés** ;
 - ▶ usages prioritaires : industries, transport, gaz urbain, **e-fuels et e-biocarburants** ;
 - ▶ attirer 8 000Mds de roupies (90Mds€) d'investissements d'ici 2030 ;
 - ▶ **mesures de soutien** prévues : incitations financières, mise en place de standards, etc.
- Fonds incitatif de 2,3 Mds\$ distribués entre 2022 et 2030 pour l'hydrogène vert dans l'industrie.
- Banque Européenne d'Investissement : soutien de 1 Md€ pour le déploiement de l'hydrogène vert.
- 24M\$ en 2025-2026 pour le développement d'au moins 2 hubs hydrogène.



Malaisie

- **Net Zero en 2050**.
- *National Energy Transition Roadmap, 2023* :
 - ▶ EnR : 70% de la capacité installée en 2050 (en grande partie solaire) ;
 - ▶ arrêter l'hydrogène gris et **produire 2,5Mt/an d'hydrogène renouvelable d'ici 2050** ;
 - ▶ identification de mesures incitatives pour soutenir la production et la demande d'H₂ ;
 - ▶ mandat de mélange de SAF de 1% à partir de 2023, avec l'objectif d'atteindre 47% d'ici 2050 ;
 - ▶ objectif de 40% de carburant bas-carbone dans le transport maritime d'ici 2050.
- *Aviation Decarbonization Blueprint, 2024* :
 - ▶ **net zero en 2050 pour l'aviation** ;
 - ▶ 46% de la baisse des émissions viendra des SAF (seulement bioSAF mentionnés).
- Objectif de devenir un leader de l'hydrogène, avec plus de 85 Mds\$ de recettes prévues d'ici à 2050.
- Environ 1 Mds\$ d'investissements promis par le gouvernement entre 2024 et 2030 pour soutenir les énergies renouvelables et l'hydrogène vert.



Partie 2.

Analyses par zone géographique

Afrique
Amérique du Nord
Amérique du Sud
Asie



Europe

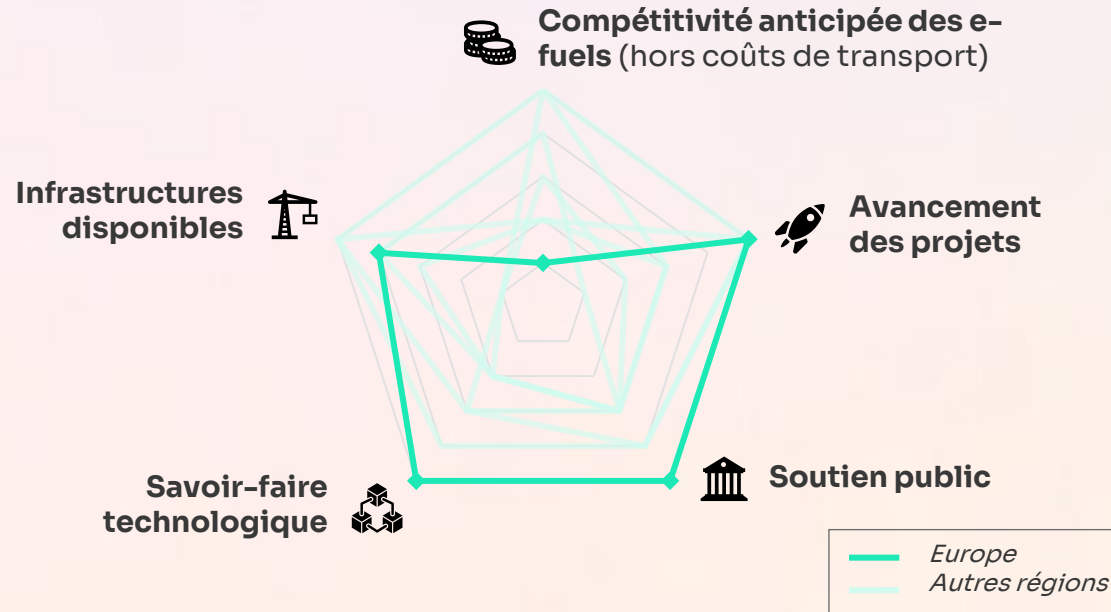
Moyen-Orient
Océanie






Les filières e-fuels en Europe. *Vue d'ensemble des principaux enjeux régionaux*



Malgré un environnement globalement moins favorable à la production d'e-fuels à bas coût, l'**Europe s'affirme comme le principal acteur mondial de ces nouvelles filières industrielles**. Elle regroupe le plus grand nombre de projets dépassant 50 ktep, dont la moitié pour la production d'e-kérosène. Soutenue par une **réglementation stricte** et diverses **mesures incitatives**, la filière e-fuels européenne se distingue par son dynamisme, particulièrement en R&D. L'industrie des hydrocarbures bien développée de la région constitue un atout majeur, combinant un **savoir-faire technologique avancé** et la possibilité de **réutiliser des infrastructures existantes**.

Enjeux clés pour le développement des e-fuels *



-  **Compétitivité** : LCOH** majoritairement supérieur à 3\$/kg, malgré des zones compétitives (Espagne, Scandinavie, Islande)
-  **Projets** : 53 projets ≥50ktep
-  **Soutien public** : l'UE et plusieurs pays ont adopté une réglementation contraignante explicite sur le développement des filières e-fuels
-  **Technologie** : plus de 20 projets pilotes pour toutes les molécules e-fuel, plusieurs entreprises nationales spécialisées ayant annoncé un projet ≥50ktep
-  **Infrastructures** : plus de 15% des capacités de raffinage, 10% des pipelines et plus de 20% de la puissance installée en EnR au monde

Les filières e-fuels en Europe. *En quête d'un système énergétique souverain et décarboné*



Face à sa forte dépendance énergétique, l'Europe **redouble d'effort pour renforcer son indépendance et diversifier ses sources d'énergie**. En parallèle d'objectifs ambitieux en matière d'énergies renouvelables, elle **pousse le développement des e-fuels pour décarboner les secteurs clés** de l'aviation et du maritime, avec des projets locaux et des stratégies d'importations depuis les régions à fort potentiel.



Enjeux énergétiques et géopolitiques

- L'Europe est une importatrice d'énergie : en 2022, son solde d'importation net était de 930M tep, soit 70% de sa consommation finale totale [1].
- La **crise énergétique** européenne, qui a débutée en 2021, s'est intensifiée avec la guerre en Ukraine. Elle a mis en lumière la **vulnérabilité de l'Europe face à sa dépendance énergétique**, notamment vis-à-vis du gaz russe. Pour réduire ses importations, l'Europe s'est principalement tournée vers l'import de GNL, depuis les États-Unis par exemple.
- La **sécurité d'approvisionnement** et la **souveraineté énergétique** sont devenues des priorités : les pays européens cherchent à diversifier leurs sources d'énergie et à renforcer leur production propre pour réduire leur dépendance aux importations de gaz et de pétrole.
- L'Europe s'est fixée des **objectifs de décarbonation ambitieux**. L'Union Européenne vise ainsi à atteindre 42,5 % d'énergies renouvelables dans sa consommation d'ici 2030.
- **30% des projets hydrogènes** annoncés dans le monde sont en Europe.



Positionnement sur les e-fuels

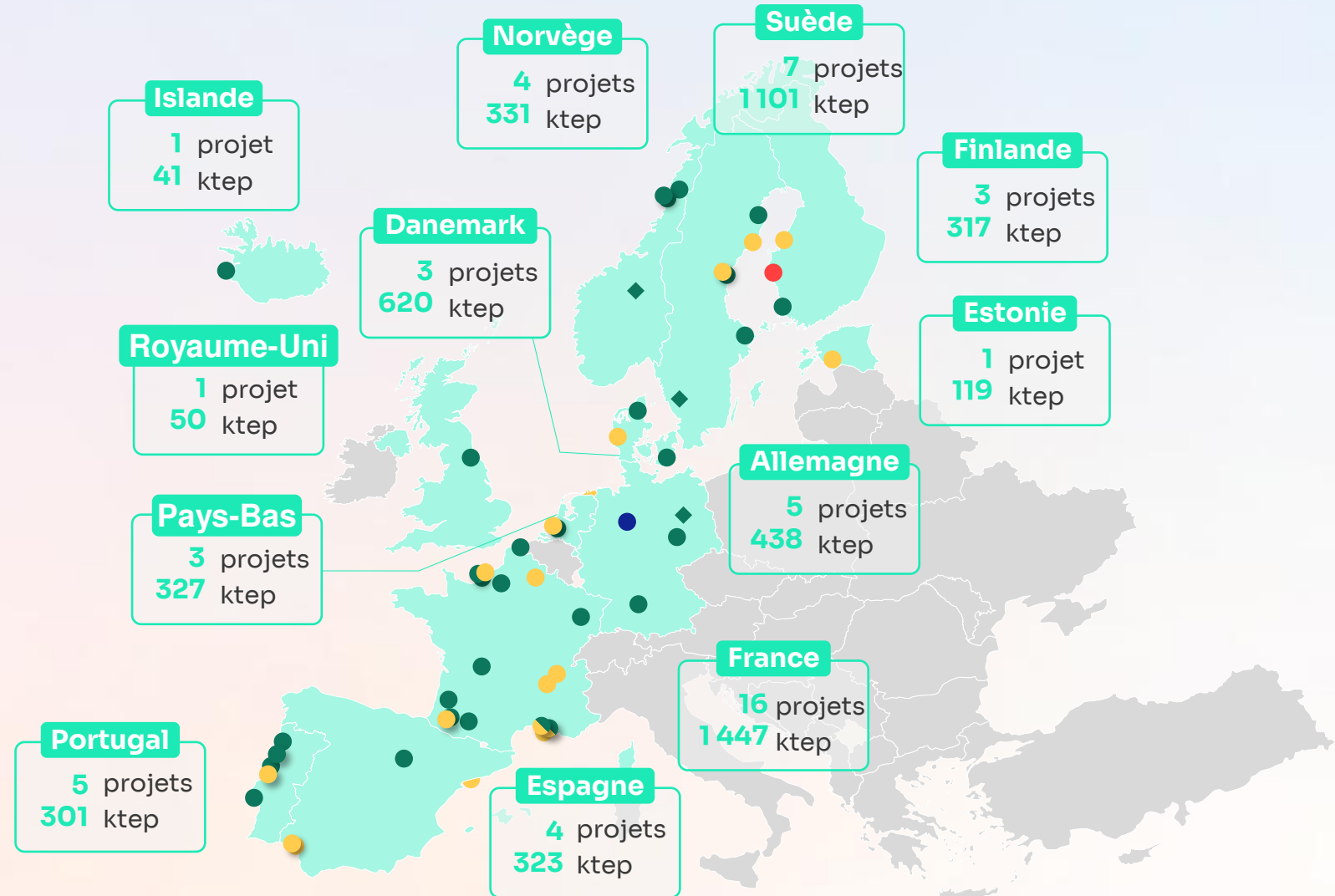
- Les pays européens misent notamment sur l'hydrogène et les e-fuels pour **décarboner les secteurs les plus difficilement électrifiables** : l'aviation, le transport maritime et certaines industries.
- Subventions, programmes de recherche et feuilles de route stratégiques sont déployés par les gouvernements européens pour soutenir les e-fuels, avec par exemple des **quotas minimaux d'e-fuels imposés** pour certains usages.
- L'**Europe envisage de produire des e-fuels** sur son territoire mais également d'en **importer** de régions au potentiel important. Plus de 50 grands projets e-fuels (≥ 50 ktep) et une centaine de projets plus petits, pilotes ou démonstrateurs sont en cours en Europe.
- L'Europe **priorise la production de carburants de synthèse pour l'aviation et le transport maritime**. Leur usage pour le routier devrait être marginal, bien que l'UE ait finalement introduit une exception à l'interdiction de la vente de voitures thermiques après 2035 pour les véhicules fonctionnant exclusivement aux e-fuels.

Les filières e-fuels en Europe. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

L'Europe est le continent **comptant le plus de projets e-fuels** supérieurs à 50ktep, principalement de e-kérosène et e-méthanol, en lien avec sa **politique contraignante de décarbonation du maritime et de l'aérien.**

Légende

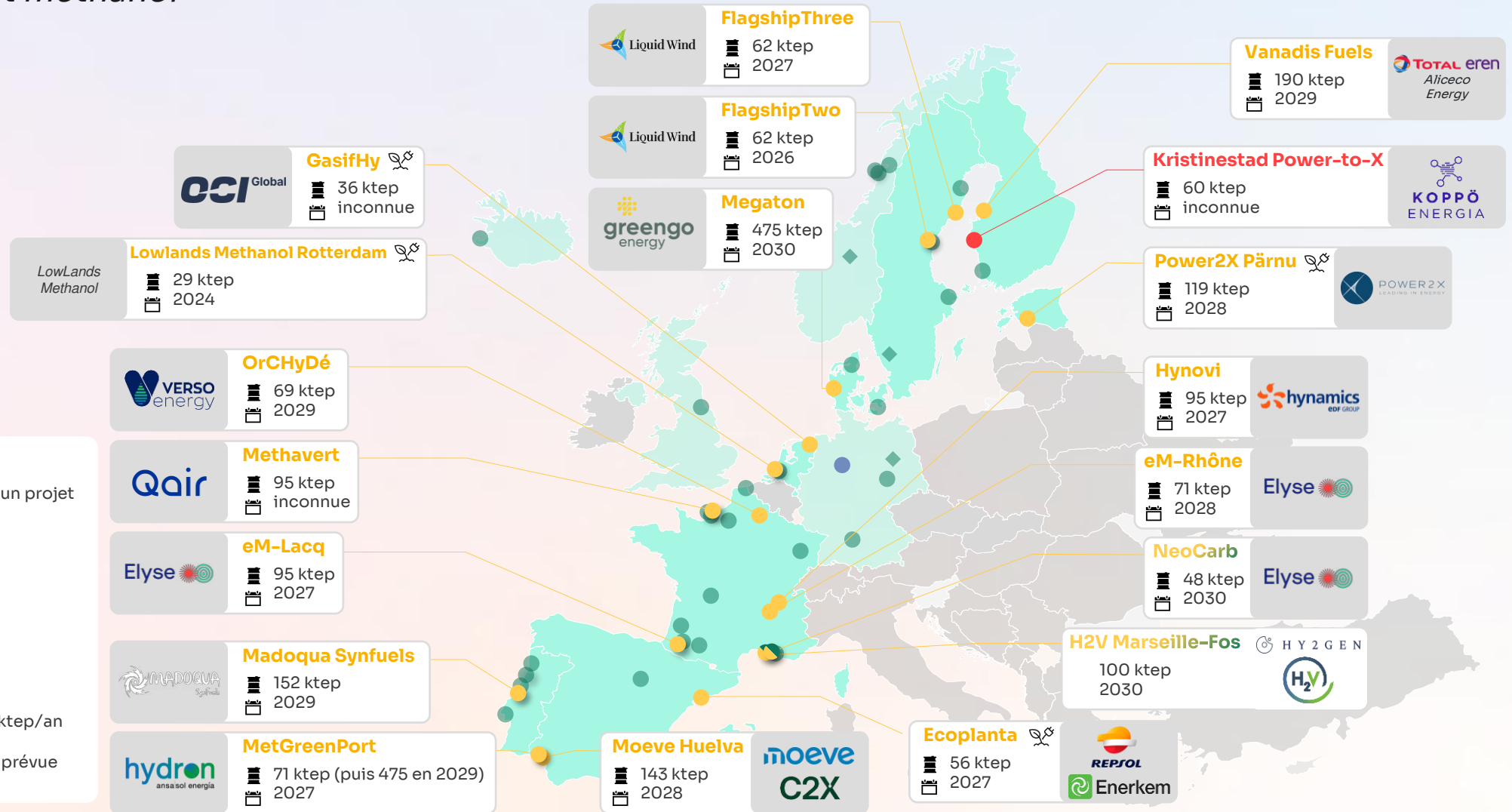
- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- Nombre de projets
- Somme des capacités de tous les projets en ktep/an **



* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels
** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

Les filières e-fuels en Europe. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Méthane et méthanol



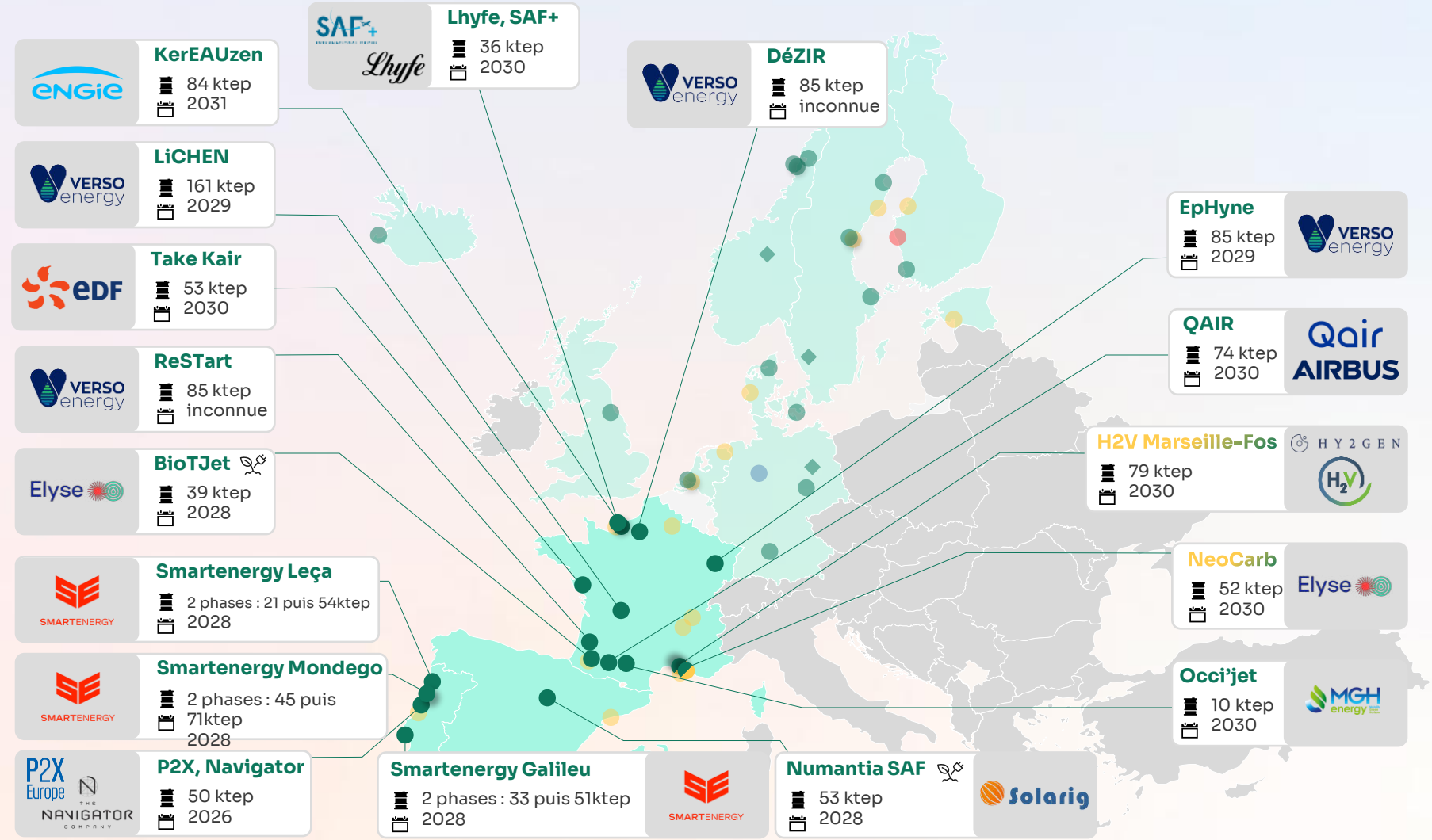
Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- ♻️ Projet d'e-biocarburant ***
- ▮ Ambition de production en ktep/an
- 📅 Mise en service effective ou prévue

* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels
 ** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels
 *** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique

Les filières e-fuels en Europe. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Kérosène, gazole et essence, 1/2



Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- ◇ Localisation imprécise
- 🌿 Projet d'e-biocarburant ***
- 🏗️ Ambition de production en ktep/an
- 📅 Mise en service effective ou prévue

* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels

** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

*** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique

Les filières e-fuels en Europe. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Kérosène, gazole et essence, 2/2

Pas de localisation annoncée

COWI, Swedish Biofuels
3 usines, Suède

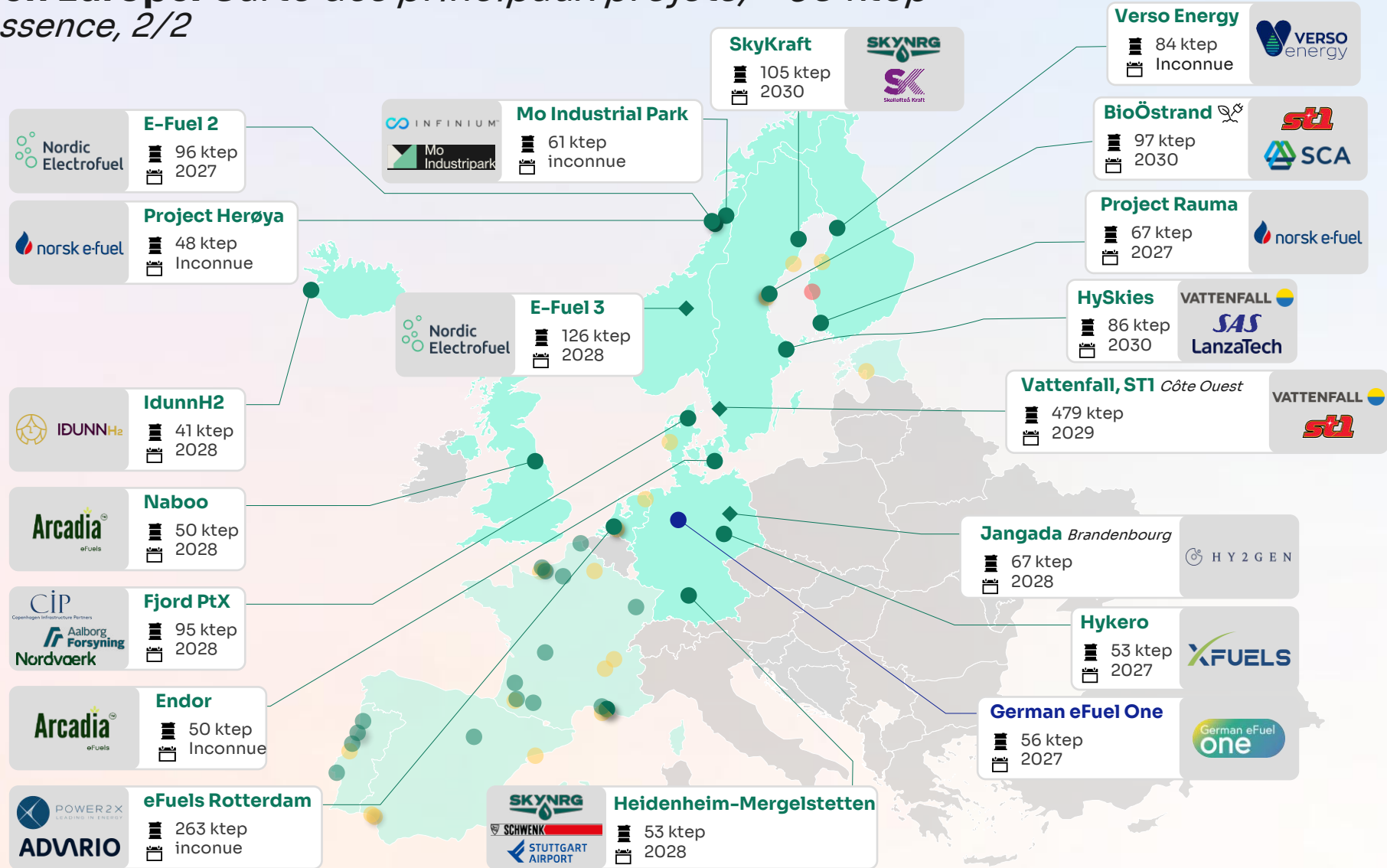
COWI 210 ktep (total)
2030

NetZeroLEJ Allemagne

Sasol H2E DHL 210 ktep
2030

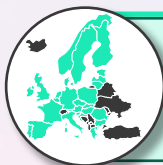
Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- Localisation imprécise
- Projet d'e-biocarburant ***
- Ambition de production en ktep/an
- Mise en service effective ou prévue



* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels
 ** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels
 *** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique

Les filières e-fuels en Europe. Politiques publiques dans une sélection de pays



La majorité des pays européens ont adopté des **objectifs contraignants d'incorporation d'e-fuels** dans divers secteurs pour accélérer leur décarbonation, une spécificité propre à l'Europe. Pour répondre à l'importante demande anticipée, des **incitations et aides** sont mises en place, à la fois pour la production intérieure et l'importation.



Union Européenne

- *Fit for 55, 2022* : paquet de mesures visant à **réduire les émissions de gaz à effet de serre de 55%** d'ici 2030 (vs 1990).
- *REPowerEU, 2022* : plan visant à **réduire la dépendance énergétique de l'UE** vis-à-vis des imports fossiles, en particulier russes → **objectif de produire 10Mt d'hydrogène renouvelable et d'en importer autant en 2030**.
- **Objectifs d'incorporation des e-fuels dans certains secteurs**
 - ▶ **Aviation** (*ReFuelEU Aviation, 2023*) : impose l'incorporation de carburants durables dans les aéroports. [Voir focus page suivante](#)
 - ▶ **Maritime** (*FuelEU Maritime, 2023*) : fixe des objectifs de réduction des émissions des carburants, impose des quotas d'e-fuels si une valeur minimale n'est pas atteinte en 2031. [Voir focus page suivante](#)
 - ▶ **Industrie** (*Directive RED III, 2023*) : 42% de l'hydrogène utilisé devra être d'origine renouvelable d'ici 2030 et 60% d'ici 2035.
 - ▶ **Routier** (2023) : exception à l'interdiction de la vente de voitures thermiques neuves après 2035 pour celles fonctionnant aux carburants neutres en carbone.
- **Soutiens financiers**
 - ▶ Fonds européens : Fonds pour l'innovation (dont Banque européenne de l'hydrogène, 800M€), Horizon Europe, ...
 - ▶ Soutiens complémentaires apportés par les Etat membres (exemple : enveloppe totale de soutien à la filière hydrogène de 9Mds€ en France).



Norvège

- Neutralité carbone en visée en 2030
- *Stratégie Hydrogène, 2020* : **développer la production d'hydrogène bas-carbone** (à partir d'hydroélectricité ou de gaz avec CCS*), principalement pour le **maritime**, le transport **routier lourd** et l'**industrie**.
- Enova (entreprise publique), 2024 : soutien financier à la filière hydrogène pour le maritime (102M€ pour des navires et 66M€ pour la production).
- Objectifs d'incorporation de carburants d'aviation durable, concernant seulement les biofuels pour l'instant.



Royaume-Uni

- Net Zero en 2050
- *Clean Power 2030 Action Plan* : 43-51GW éolien offshore, 27GW onshore et 47GW solaire en 2030 (vs 15, 14 et 17GW en 2024).
- *Stratégie Hydrogène, 2021* : **10GW de capacité de production d'H₂ bas-carbone** en 2030, à partir de nucléaire et d'éolien offshore principalement.
- *SAF Mandate, 2024* : impose des **quotas croissants de carburants durables** pour l'aviation, dont une part minimale d'e-fuels.
- **Soutiens financiers** : Green Industries Growth Accelerator (960M€), Net Zero Hydrogen Fund (240M€), Hydrogen Allocation Rounds, ...

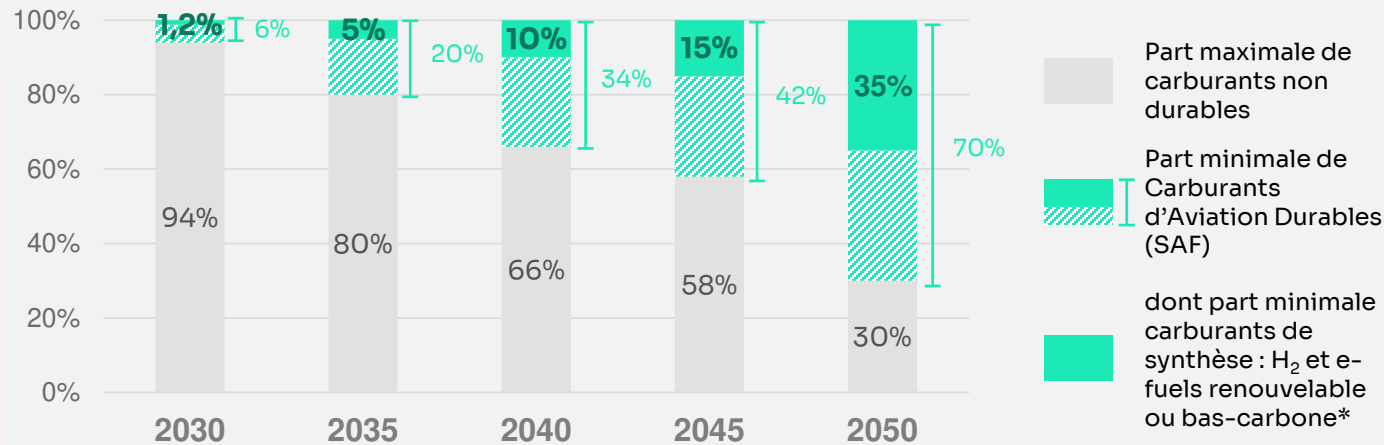
Les filières e-fuels en Europe. Focus sur les objectifs des réglementations ReFuelEU aviation et FuelEU maritime



ReFuelEU aviation (2023)

- ▶ Concerne les aéroports au trafic supérieur à 800 000 passagers et 100 000t de fret par an, ce qui représente **95% du trafic au départ de l'UE**.
- ▶ Impose aux distributeurs de carburants d'aviation une **incorporation progressive de carburants d'aviation durables (SAF), dont des carburants synthétiques** (e-fuels ou hydrogène).
- ▶ **Permet l'utilisation d'hydrogène et d'e-fuels produits à partir d'électricité bas carbone** pour l'atteinte des cibles d'incorporation d'évolution de l'offre.
- ▶ **Amendes prévues en cas de non-respect des obligations d'offre de carburants d'aviation durables**, équivalentes à au moins le double de la différence de prix de vente entre les SAF et les carburants d'aviation conventionnels multiplié par le volume manquant pour l'atteinte des cibles d'incorporation

Evolution du mix de consommation d'énergie du secteur aérien prévue par ReFuelEU



760 M de litres en 2030 (≈600 ktep)

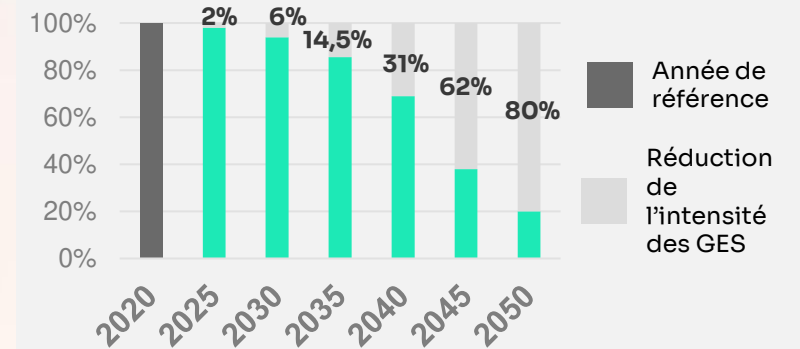
e-kérosène nécessaire à la réalisation des cibles de ReFuelEU : scénario Sia supposant une croissance du trafic aérien cohérente avec le scénario haut d'EUROCONTROL et l'absence de gain d'efficacité énergétique



FuelEU maritime (2023)

- ▶ Concerne les navires **commerciaux de passagers ou marchandises**, de plus de 5000t de jauge brute.
- ▶ Impose des **objectifs de réduction de l'intensité des gaz à effet de serre des carburants** utilisés par les navires accostant dans les ports européens, avec une neutralité technologique sur les moyens d'atteinte de ces cibles.
- ▶ **Sous-objectif de 2% de RFNBO à partir de 2034** si à la fin de l'année 2031, il est constaté que la part des RFNBO est inférieure à 1% dans la consommation finale du secteur maritime, sauf si le non-respect de cet objectif est lié à une disponibilité insuffisante de RFNBO, inégalement répartie ou encore trop coûteuse.

Réduction de l'intensité des GES des carburants maritimes prévue par FuelEU



* Voir focus ci-après sur les systèmes de certification

Cadre réglementaire européen. Des règles strictes sur la qualification de RFNBO*

L'UE a précisé les principes de définition des RFNBO au travers de 2 actes délégués publiés en 2023. **Ces carburants doivent permettre une réduction de l'intensité d'émissions de GES de 70% par rapport à un combustible fossile de référence** dont l'intensité d'émissions de GES est fixée à 94g CO₂eq/MJ pour les carburants destinés au transport**. L'empreinte carbone totale du carburant livré (intrants, production, distribution et combustion) ne doit donc pas excéder 28,2 g CO₂eq/MJ. Le cadre européen, amené à évoluer dans le temps, définit également les **conditions d'approvisionnement en électricité renouvelable et en CO₂**.

Critères de certification RFNBO



➤ Approvisionnement en électricité pour la production d'hydrogène***

Connexion à un parc EnR en direct


- Installation de production d'hydrogène **directement connectée à une nouvelle installation d'électricité renouvelable**

OU

Connexion au réseau électrique national avec achat de PPA

Critères à respecter	Intensité carbone du réseau national	
	>18 g CO ₂ eq/MJ 	<18 g CO ₂ eq/MJ 
Corrélation géographique	✓	✓
Corrélation temporelle entre production électrique et production d'hydrogène (mensuelle jusqu'à fin 2029 puis horaire)	✓	✓
Additionnalité (parc EnR non subventionné et mis en service au moins 36 mois avant l'installation de production de carburant)	✓	<i>Non nécessaire</i>

 Cas majoritaire dans l'Union Européenne (hors France et Suède)

 Cas français

OU

Connexion au réseau électrique sans achat de PPA – avec cas particuliers

- >90% d'énergies renouvelables dans le mix électrique (26,6% en France en 2023)
- Ou électricité consommée pendant une période de règlement des déséquilibres

➤ Réduction des émissions de CO₂****

Les RFNBO destinés au secteur des transports doivent permettre une **réduction d'au moins 70% de GES** sur l'ensemble de leur cycle de vie par rapport à une référence de 94gCO₂eq/MJ retenue par la Commission Européenne*.

➤ Approvisionnement en CO₂***

A terme, utiliser des RFNBO contenant du CO₂ résultant de la combustion de combustibles fossiles ne sera plus permis par la Commission Européenne, y compris les émissions de **CO₂ fossiles non évitables** en l'état actuel des technologies ou des procédés et pour lesquelles la Commission Européenne semble privilégier le déploiement de **schémas CCS**.

	CO ₂ fossile <i>résultant de la combustion de combustibles fossiles pour la production d'électricité</i>	CO ₂ fossile <i>résultant de procédés industriels mobilisant des combustibles fossiles</i>	CO ₂ biogénique <i>Résultant de la combustion de matières biogénique</i>	CO ₂ atmosphérique <i>issu de technologie de captage direct dans l'air (DAC)</i>
2024	✓	✓	✓	✓
À partir de 2035	X	✓	✓	✓
À partir de 2040	X	X	✓	✓

Cadre réglementaire européen. Cadre mis en consultation pour la définition de Low Carbon Fuels : principes généraux

L'acte délégué définissant les critères de certification des Low Carbon Fuels (LCF), c'est-à-dire de l'hydrogène bas carbone ou ses dérivés, a été mis en consultation en septembre et octobre 2024. La publication du texte définitif est attendue d'ici la fin du premier semestre 2025. Les carburants d'aviation à faible intensité de carbone, assimilables à des LCF, seront éligibles pour atteindre les mandats d'incorporation fixés pour le transport aérien par la réglementation ReFuelEU.

Critères de certification proposés

➤ Critères



- 70% d'émissions de GES par rapport à un équivalent fossile

ET



Hydrogène électrolytique produit avec de l'électricité décarboné



Hydrogène électrolytique produit avec de l'électricité d'un réseau carboné, avec un sourcing via des « PPA nucléaire »

ET/OU



Hydrogène produit à partir de ressources fossile (dont gaz), avec capture de CO2

➤ Calcul des Émissions de GES

$$\text{Emissions totales du LCF} = \text{Emissions liées aux intrants} + \text{Emissions liées au transport et distribution du LCF} + \text{Émissions occasionnées par la combustion du LCF} - \text{Émissions stockées dans le sous-sol ou dans des matériaux}$$

Elastic input

Emissions liées à des intrants aux volumes variables en fonction du niveau de production (ex : gaz naturel).

Si elles ne proviennent pas d'un process intégré, émissions calculées sur la base de valeurs génériques, ou de valeurs communiquées par les producteurs des intrants

+

Rigid input

Emissions liées à des intrants ne pouvant être étendus (ex : électricité bas carbone d'un réseau national)

Le calcul de ces émissions doit inclure les émissions liées au détournement d'un usage précédent ou alternatif.

-

Inputs' existing use or fate

Emissions liées aux intrants évitées grâce à leur mobilisation pour une production de LCF (exemple : CO2 capturé)

Exclusion de la comptabilisation du CO2 fossile à partir de 2041 (2036 pour le CO2 servant à la production d'électricité)

Cadre réglementaire européen. Cadre mis en consultation pour la définition de LCF (Low Carbon Fuels) : règles de calcul des émissions liées à la consommation d'électricité

Calcul des émissions liées à la consommation d'électricité

➤ Si approvisionnement en électricité d'origine renouvelable : facteur d'émission nul

- **Si** l'électricité d'origine renouvelable respecte les principes de la directive (UE) 2018/2001 (de même que pour les RFNBO)

➤ Si approvisionnement via le réseau électrique national : plusieurs méthodes de calcul

Calcul des intensités d'émission de GES de l'électricité

- **Calcul de l'intensité des émissions de GES de l'électricité au niveau national ou zones d'enchères** (si données publiques disponibles)
- **Intensité carbone de l'électricité (gCO₂eq/MJ) :**
 - Inclut toutes les sources d'énergie primaire
 - Prend en compte le type de centrale et les rendements de conversion.
 - Consommation interne d'électricité considérée.

OU

Attribution en fonction des heures de fonctionnement à pleine charge

- **Nb h de pleine charge ≤ heures où le prix marginal déterminé par renouvelables / nucléaire : 0 gCO₂eq/MJ**
- Au-delà : attribution de **183 gCO₂eq/MJ** pour l'électricité du réseau

OU

Utilisation de la valeur d'émission de l'unité marginale de production d'électricité

- **Valeur d'émission de l'unité marginale :** qui produit de l'électricité au moment de la production **utilisable dans la zone de soumission** (si information publique).



Remarques sur le cadre réglementaire en construction

Au 1er juillet 2028, la Commission devra **avoir évalué l'impact d'approvisionnement alternatif en électricité renouvelable bas carbone**, comme les centrales nucléaires sur la base de critères appropriés, et l'introduction d'une option permettant de prendre en compte l'intensité des émissions de GES de l'électricité sur la base de **moyennes horaires**.



Partie 2.

Analyses par zone géographique

Afrique
Amérique du Nord
Amérique du Sud
Asie
Europe
▶ **Moyen-Orient**
Océanie

Les filières e-fuels au Moyen-Orient. *Vue d'ensemble des principaux enjeux régionaux*



Producteur historique de pétrole et de gaz, le Moyen-Orient investit massivement dans la décarbonation et la diversification de son économie, avec **l'ambition de devenir un acteur majeur de l'exportation d'hydrogène et de ses dérivés**. Sa filière e-fuels peut s'appuyer sur un **potentiel solaire et éolien** exceptionnel, la **capacité financière** des États pétroliers et les **infrastructures existantes** dédiées aux hydrocarbures. Cependant, cette filière reste à un stade préliminaire, aucun projet (hors ammoniac) dépassant 50 ktep n'ayant été annoncé à ce jour.

Enjeux clés pour le développement des e-fuels *



Compétitivité : LCOH** majoritairement inférieur à 2,5\$/kg



Projets : Aucun projet ≥50ktep annoncé



Soutien public : plusieurs pays ont établi une stratégie hydrogène et ont mis en place des mesures incitatives pour la filière hydrogène



Technologie : au moins 2 projets pilotes pour l'e-méthane (Oman, Arabie Saoudite), pas de projets ≥50ktep annoncé par une entreprise nationale



Infrastructures : 10% des capacités de raffinage au monde, 5 ports dans le top 15 pour le pétrole ou le top 15 pour le GNL

Les filières e-fuels au Moyen-Orient. *Des hydrocarbures aux énergies vertes : une nouvelle ambition*



Le Moyen-Orient est un **acteur stratégique du marché énergétique** mondial. Pour conserver ce statut malgré la transition énergétique, plusieurs de pays de la région **misent sur l'export d'hydrogène bas-carbone et d'e-ammoniac**. Ils commencent également à **se pencher sur les e-fuels**, notamment pour l'aviation et le maritime.



Enjeux énergétiques et géopolitiques

- En 2023, la région a produit un tiers du pétrole brut mondial ^[1] et détient la moitié des réserves avérées ^[2]. Dans un contexte de transition énergétique, les pays de la région cherchent à **conserver leur rôle énergétique clé** à l'échelle mondiale malgré les objectifs de réduction de consommation d'hydrocarbures. Ils doivent par ailleurs répondre à une forte **hausse de leur consommation domestique** d'énergie (×2,3 depuis 2000 ^[3]).
- Les principaux producteurs d'hydrocarbures cherchent à **diversifier leurs économies** pour réduire leur dépendance au pétrole (80% des exportations de l'Arabie Saoudite en 2022 ^[4]). Pour y parvenir, ils misent notamment sur la culture ou sur des projets futuristes axés sur la durabilité.
- La **stabilité géopolitique** du Moyen-Orient reste un enjeu majeur pour le commerce énergétique mondial, en raison des tensions historiques et des rivalités entre acteurs régionaux.



Positionnement sur les e-fuels

- Les pays du Moyen-Orient concentrent leur stratégie de décarbonation sur les **énergies renouvelables** et l'**hydrogène vert ou issu de gaz avec CCUS**. De grands projets de production d'hydrogène émergent, souvent couplés à des **usines d'e-ammoniac** pour en faciliter l'exportation (ex : projet Neom en Arabie Saoudite, 2 700ktep, FID en 2023).
- Des plus petits projets (<50 ktep) de production d'e-fuels hors e-ammoniac sont à l'étude dans la région, avec pour objectifs principaux l'approvisionnement des avions et bateaux qui y opèrent, ainsi que l'**exportation vers les marchés européens et asiatiques**.
- Certaines entités européennes ont déjà initié des **partenariats** avec des entreprises ou des États du Moyen-Orient pour développer des projets communs ou organiser l'exportation d'e-fuels (ex : Allemagne et Arabie Saoudite sur l'hydrogène).

Les filières e-fuels au Moyen-Orient. *Politiques publiques dans une sélection de pays*



Les principaux pays exportateurs d'hydrocarbures préparent leur transition en se dotant de **stratégies nationales de décarbonation**, voire de **stratégie hydrogène et e-fuels**. En se fixant des **objectifs de production d'hydrogène élevés**, ils ont pour ambition de couvrir leur demande nationale mais également d'exporter vers l'Europe ou l'est de l'Asie.



Arabie Saoudite

- *Saudi Green Initiative* : viser le Net Zero en 2060, avec **50% d'électricité issue de sources renouvelables d'ici 2030**. 100 à 130 GW en appels d'offres prévus pour y parvenir.
- Ambition de devenir le **principal fournisseur mondial d'hydrogène vert et bleu**, grâce à son vaste potentiel en énergie solaire et éolienne, ses réserves importantes de gaz naturel et son avance technologique dans les CCUS.
- Objectif de produire **2,9 Mt/an d'hydrogène vert et fossile avec CCUS en 2030**, en attirant 36 Mds\$ d'investissements privés et en nouant des partenariats avec des pays européens notamment.
- *Saudi Aramco*, entreprise énergétique publique : 2 projets d'e-fuels à Neom (Arabie Saoudite) et Bilbao (Espagne) et un partenariat avec Stellantis pour tester les e-fuels sur divers modèles de véhicules.



Émirats Arabes Unis

- *Stratégie nationale énergie* : viser le Net Zero en 2050, avec 30% des capacités installées et **32% de l'énergie produite à partir de sources propres d'ici 2030**.
- *Stratégie nationale hydrogène* : ambition d'être un **leader de l'hydrogène bas-carbone**, et un **exportateur** important d'hydrogène et de ses dérivés.
- Objectif : produire **1,4Mt/an d'hydrogène bas-carbone en 2031**, 15M en 2050.
- Roadmap **Power-to-Liquids pour l'aviation** (Ministère de l'Énergie et des Infrastructures & WEF*) : technologie clé pour décarboner l'aviation aux Émirats, avec un potentiel de 11,2 Mt/an d'ici 2050.



Oman

- *Stratégie nationale pour une transition ordonnée vers le Net Zero* : viser le Net Zero en 2050
- Ambition de devenir un **hub de l'hydrogène vert et de ses dérivés**, pour son usage domestique et des exportations vers l'Asie et l'Europe.
- Objectif : produire **1 à 1,5Mt/an d'hydrogène vert en 2030**, avec 49 Mds\$ d'investissements prévus, 50 000km² alloués, 8 projets déjà attribués.
- Création de l'**alliance nationale Hy-Fly** en 2021, pour développer la chaîne de valeur de l'hydrogène et de ses dérivés.
- Création par l'État de **Hydrom** en 2022, entité indépendante chargée de la stratégie hydrogène.
- **Accords** signés avec le Port d'Amsterdam et l'Allemagne **pour exportation de l'hydrogène**.



Partie 2.

Analyses par zone géographique

Afrique
Amérique du Nord
Amérique du Sud
Asie
Europe
Moyen-Orient



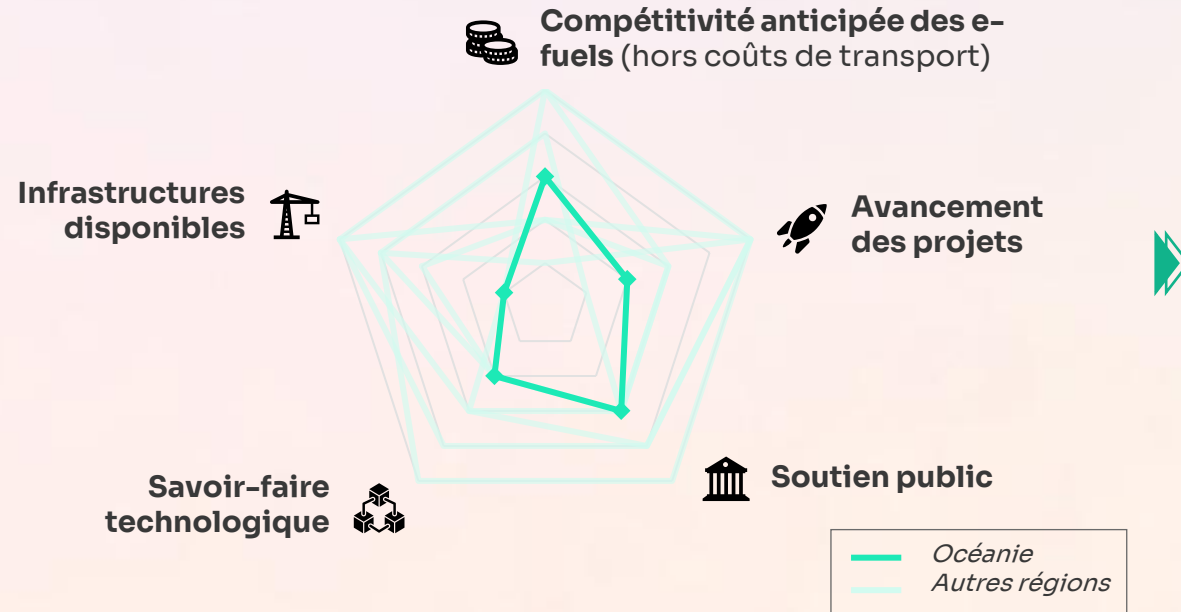
Océanie

Les filières e-fuels en Océanie. *Vue d'ensemble des principaux enjeux régionaux*



Grâce à son important potentiel solaire, **l'Australie ambitionne de produire massivement de l'hydrogène vert et ses dérivés** pour sa décarbonation et l'exportation. Elle a **noué des partenariats** avec des pays moins propices à la production d'e-fuels, désireux de sécuriser leur approvisionnement. La Nouvelle-Zélande s'intéresse également aux e-fuels pour un usage domestique, et bénéficie d'un avantage significatif avec son mix électrique largement renouvelable. L'Océanie dispose toutefois de **peu d'atouts industriels**, hormis les **infrastructures gazières australiennes**.

Enjeux clés pour le développement des e-fuels *



- Compétitivité** : LCOH** majoritairement entre 2,5\$/kg et 3\$/kg
- Projets** : 4 projets ≥ 50 ktep, aucun avec FID
- Soutien public** : plusieurs pays ont établi une stratégie hydrogène et ont mis en place des mesures incitatives pour la filière hydrogène
- Technologie** : deux projets pilotes en Australie sur l'e-méthane et l'e-méthanol
- Infrastructures** : peu d'infrastructures de la filière hydrocarbure par rapport aux autres régions

Les filières e-fuels en Océanie. *Entre priorité nationale et ambition internationale pour la Nouvelle-Zélande et l'Australie*



Les deux principales économies du continent ont identifié les **e-fuels comme des outils à développer pour se décarboner**. L'Australie nourrit aussi des **ambitions fortes d'exportation d'hydrogène vert et ses dérivés**, portée par son potentiel renouvelable. Les petits Etats océaniques, particulièrement vulnérables au changement climatique, ont tous pris l'engagement d'atteindre la neutralité carbone en 2050.



Enjeux énergétiques et géopolitiques

- L'Australie est **l'un des principaux exportateurs d'énergie** au monde : ses exports nets s'élevaient à 282Mtep en 2023. Elle dispose notamment d'**abondantes ressources en charbon, gaz naturel et uranium**.
- La consommation d'énergie primaire par habitant est trois fois supérieure à la moyenne mondiale. Les énergies fossiles représentent près de 90% de cette consommation, le charbon étant dominant dans la production d'électricité.
- L'Australie bénéficie d'un **fort potentiel en énergies renouvelables**, et les a développées de manière significative : près d'un tiers de son électricité était renouvelable en 2024, contre 10% en 2010.
- Le pays possède donc des atouts pour la production d'hydrogène vert, et d'e-fuels. Il accueille **20% des projets hydrogène annoncés** dans le monde.
- La Nouvelle-Zélande privilégie les **énergies renouvelables**, avec 43% de son énergie primaire et 85% de son électricité d'origine renouvelable. Cela lui offre une base solide pour le développement des e-fuels
- Après avoir interdit les nouvelles explorations pétrolières en 2018, le gouvernement néo-zélandais envisage de les ré-autoriser pour assurer l'approvisionnement énergétique du pays.



Positionnement sur les e-fuels

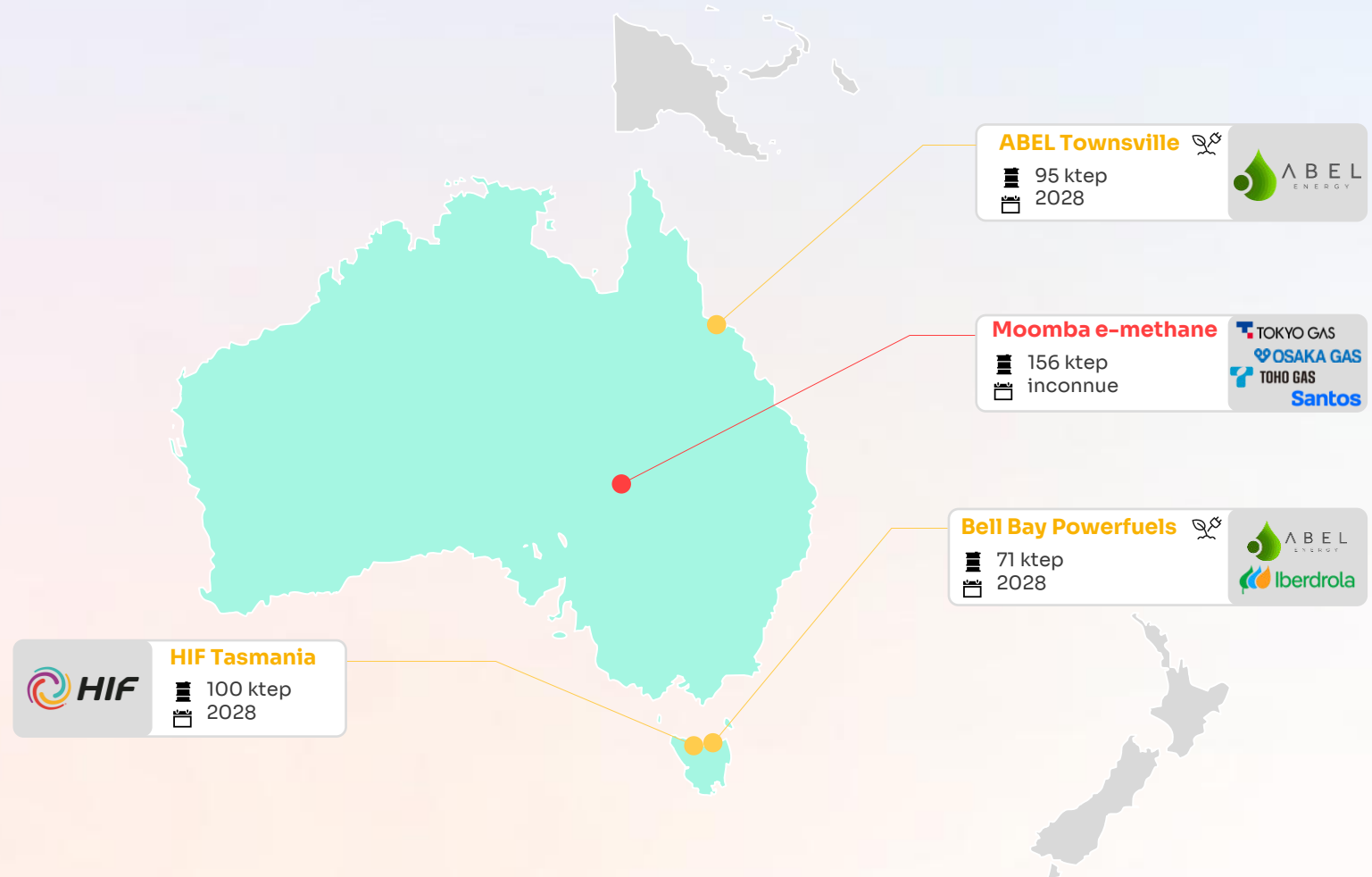
- L'Australie et la Nouvelle-Zélande ont publié des stratégies nationales sur l'hydrogène. Elles misent sur cette molécule pour **réduire leurs émissions nationales de gaz à effet de serre**, et, dans le cas de l'Australie, pour **exporter des produits à forte intensité énergétique** vers l'Asie et l'Europe.
- Les deux pays ont conclu des **partenariats internationaux** pour le développement des technologies hydrogène et pour mettre en place des voies d'export, principalement vers l'Asie et l'Europe.
- Les **e-fuels** sont identifiés comme des **solutions à développer**, notamment pour décarboner les transports lourds, **le maritime et l'aviation**. Bien qu'aucune stratégie dédiée n'ait été publiée, l'Australie prépare des plans de décarbonation de l'aviation et du transport maritime, accordant une place aux e-fuels.
- Deux projets de production d'e-méthanol de plus de 100ktep/an sont en développement en Tasmanie (Australie), lieu choisi pour ses ressources naturelles. Deux autres projets d'e-méthane et d'e-méthanol sont destinés à l'export vers le Japon et Singapour.

Les filières e-fuels en Océanie. Carte des principaux projets, ≥ 50 ktep*

Les quatre projets e-fuels annoncés sont situés en Australie, profitant des ressources naturelles stratégiques du pays. Deux projets d'e-méthanol en Tasmanie misent sur l'utilisation de carbone issu des exploitations forestières de l'île.

Légende

- Pays concerné par au moins un projet d'implantation
- Projets d'e-méthane
- Projets d'e-méthanol
- Projets d'e-kérosène
- Projets e-gazole/e-essence
- Localisation imprécise
- Projet d'e-biocarburant ***
- Ambition de production en ktep/an
- Mise en service effective ou prévue



* Capacité totale du projet, y compris co-produits et part biosourcée des e-biofuels

** Hors co-produits et part biosourcée des e-biofuels

*** Seule 50% de la capacité annoncée est prise en compte, correspondant à la proportion d'énergie obtenue grâce à l'apport d'hydrogène électrolytique

Les filières e-fuels en Océanie. Politiques publiques dans une sélection de pays



L'Australie et la Nouvelle-Zélande se sont dotées de **stratégies hydrogène intégrant des mentions aux e-fuels**. Les deux pays misent sur leur potentiel en énergies renouvelables pour produire de l'hydrogène et **réduire leurs émissions nationales**. L'Australie, en particulier, affiche de **fortes ambitions d'exportation** d'hydrogène et de produits dérivés.



Australie

- *Long term emissions reduction plan, 2022* : atteindre le Net Zero en 2050, stratégie orientée sur la baisse des coûts des technologies bas-carbone, pour en faire des alternatives attractives sans les imposer.
- *National Hydrogen Strategy, 2024* :
 - ▶ **faire de l'Australie un leader de l'hydrogène vert** : production de **15 à 30Mt en 2050** principalement à partir d'énergie renouvelable off-grid ;
 - ▶ H₂ pour l'**export** (dont e-fuels) et la **décarbonation des transports** domestiques ;
 - ▶ *Future Made in Australia* : incitations fiscales, fonds *Hydrogen Headstart* de 4Mds\$;
 - ▶ planification nationale pour baisser les coûts et **attirer les investissements**.
- **Accords internationaux sur l'hydrogène** :
 - ▶ Programme *Australian Clean Hydrogen* : 150M\$ pour soutenir l'export ;
 - ▶ Première livraison d'H₂ liquide au monde de l'Australie au Japon en 2022 ;
 - ▶ Accord de 400M€ avec l'Allemagne pour développer la collaboration sur la chaîne de valeur de l'hydrogène et s'assurer d'acheteurs européens ;
 - ▶ MoU* avec les Pays-Bas sur l'export d'hydrogène via le port de Rotterdam.
- *Regional Hydrogen Hubs Programme, 2022* : 324M\$ pour 7 hubs hydrogène.
- *Aviation White Paper, 2024* : consultation en cours sur les mesures pour soutenir les e-fuels (réglementer la demande, système de certification, incitations financières, etc.).
- *MERNAP, 2023* : plan d'action pour la décarbonation du maritime en cours d'élaboration, identifiant les e-fuels comme l'une des solutions à explorer.



Nouvelle-Zélande

- Engagement de réduire de 50% les émissions de GES d'ici 2030 vs 2005 et d'atteindre le Net Zero en 2050.
- *Climate Strategy, 2024* : objectif de doubler les capacités EnR d'ici 2050.
- *Hydrogen Roadmap, 2023* :
 - ▶ **Développer l'hydrogène en complément de l'électrification**, pour décarboner les secteurs difficiles à électrifier comme le transport lourd ou l'industrie ;
 - ▶ **Demande intérieure estimée à 560 000t/an en 2050** ;
 - ▶ Favoriser la production d'**hydrogène renouvelable**, possibilité de le transformer en e-méthanol ou e-kérosène ;
 - ▶ Export vu comme une piste intéressante mais non prioritaire pour le gouvernement ;
 - ▶ Défis et priorités : **augmentation significative de la demande électrique**, coûts élevés, mise en place d'un cadre réglementaire ;
 - ▶ **Collaborer à l'international** pour accélérer le développement des technologies et l'intégration des chaînes d'approvisionnement ;
 - ▶ 100M\$ pour le fonds *Regional Hydrogen Transition*.
 - ▶ e-méthanol et l'e-kérosène identifiés comme des technologies à développer pour le maritime et l'aviation.

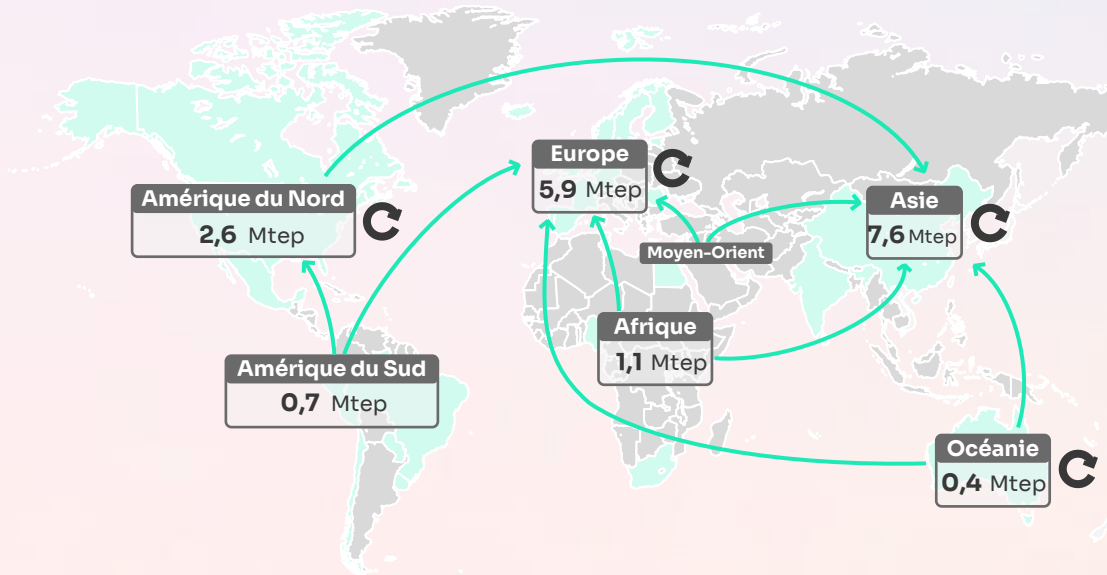
Partie 3.

Perspectives de structuration des flux internationaux d'e-fuels



Flux internationaux d'e-fuels attendus. *D'après les stratégies nationales et accords internationaux*

L'émergence de la filière e-fuels, principalement après 2030, rebattra les cartes de la géopolitique mondiale. **Une nouvelle dynamique s'esquisse avec une réorganisation des échanges internationaux d'énergie.**



Légende

- Pays concerné par au moins un projet e-fuel ≥ 50 ktep*
- Production d'e-fuels en projet, en Mtep/an**
- Principaux flux d'export d'e-fuels
- Région priorisant l'autoconsommation de sa production d'e-fuels

Les stratégies nationales hydrogène et e-fuels diffèrent avec les ressources disponibles et les ambitions de décarbonation des pays

Pour satisfaire leur forte demande en e-fuels malgré un coût de production élevé, l'Europe, le Japon et la Corée du Sud privilégient l'importation massive tout en développant leur production domestique.

L'Amérique du Nord et le reste de l'Asie disposent de meilleures ressources pour développer leur filière e-fuels, mais devront aussi en importer pour se décarboner significativement.

L'Amérique du Sud, l'Afrique, le Moyen-Orient et l'Australie misent sur leur énergie renouvelable à bas coût pour produire en surplus et exporter de l'hydrogène et ses dérivés.

Des accords internationaux ont déjà été signés entre futurs acteurs des e-fuels

Les gouvernements européens, soucieux de sécuriser leur approvisionnement, sont particulièrement impliqués. L'Allemagne a ainsi signé des accords avec le Maroc, le Canada, l'Afrique du Sud et l'Inde pour l'importation d'hydrogène et de ses dérivés et la coopération sur le développement de la filière. Le Japon, pionnier dans l'élaboration d'une stratégie hydrogène, a noué des partenariats avec l'Australie et l'Inde.

Les e-fuels seront d'abord distribués là où leur valeur ajoutée est maximale

Les réglementations européennes inciteront les producteurs d'e-fuels à les écouler d'abord sur le marché européen s'il y a un risque de pénurie.

Le manque de décisions d'investissement suscite des craintes concernant un déficit de production d'e-fuels à moyen terme

Le commerce des e-fuels nécessitera la construction de nouvelles infrastructures de transport et stockage à la fois dans les pays importateurs et exportateurs

A large white commercial airplane is flying in the sky, viewed from a low angle. Below the airplane, there is a large stack of shipping containers, also viewed from a low angle. The sky is overcast with grey clouds.

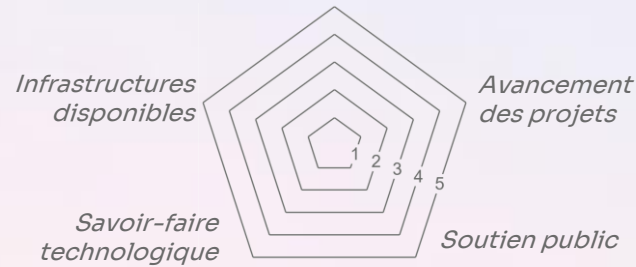
Annexe.



**Méthodologie : Diagramme araignée,
enjeux clés pour le développement des e-
fuels**

Méthodologie. *Diagramme araignée, enjeux clés pour le développement des e-fuels*

Compétitivité anticipée des e-fuels



Ces diagrammes offrent une **vue d'ensemble des atouts et des freins au développement des e-fuels** dans chaque région, en les comparant aux autres.

Chaque région est **évaluée sur une échelle de 1 à 5 selon cinq critères variés**. Une grille d'évaluation précise et aussi objective que possible a été élaborée pour garantir une analyse pertinente et cohérente :

	1	2	3	4	5
Critère 1 – Compétitivité anticipée des e-fuels* (hors coûts de transport)	Aucune des conditions suivantes n'est satisfaite.	Vastes zones avec un LCOH ≤ 3 USD/kg	LCOH majoritairement ≤ 3 USD/kg	LCOH majoritairement $\leq 2,5$ USD/kg	LCOH autour de 1,5USD/kg possible et LCOH majoritairement $\leq 2,5$ USD/kg
Critère 2 – Avancement des projets	Aucun projet e-fuel ≥ 50 ktep annoncé	1-4 projets e-fuel ≥ 50 ktep annoncés	5-10 projets e-fuel ≥ 50 ktep annoncés	Plus de 10 projets e-fuel ≥ 50 ktep annoncés, pas de FID	Plus de 10 projets e-fuel ≥ 50 ktep annoncés ou au moins 1 avec FID
Critère 3 – Soutien public	Aucune des conditions suivantes n'est satisfaite	2 pays ou plus ont publié une stratégie nationale hydrogène avec mention des e-fuels	2 pays ou plus ont publié une stratégie nationale e-fuels et/ou ont mis en place des incitatifs financiers aux filières liées aux e-fuels	2 pays ou plus ont une réglementation contraignante impliquant implicitement le développement des e-fuels et/ou ont mis en place des incitatifs financiers pour les e-fuels	2 pays ou plus ont adopté une réglementation contraignante explicite sur le développement des filières e-fuels
Critère 4 – Savoir-faire technologique	Aucune de ces conditions n'est satisfaite	Au moins 1 projet pilote	Plus de 2 projets pilotes, plus de 2 entreprises nationales ayant annoncé un projet ≥ 50 ktep	Plus de 5 projets pilotes pour plus de 2 molécules différentes et plus de 2 entreprises nationales spécialisées dans les e-fuels ayant annoncé des projets ≥ 50 ktep	Plus de 10 projets pilotes pour plus de 3 molécules différentes et plus de 5 entreprises nationales spécialisées dans les e-fuels ayant annoncé des projets ≥ 50 ktep
Critère 5 – Infrastructures disponibles	Aucune des conditions suivantes n'est satisfaite	Possède plus de 10% des capacités EnR au monde	Possède au moins 3 ports parmi le top 15 pour le pétrole ou le GNL	Possède plus de 10% des capacités de raffineries et/ou plus de 10% des km de pipelines au monde et/ou au moins 5 ports dans le top 15 pour le pétrole ou le GNL	Possède plus de 20% des capacités de raffineries et plus de 20% des km de pipelines au monde

* Dans les pays concernés par un projet e-fuels ≥ 50 ktep, excepté pour le Moyen-Orient où l'ensemble de la région est pris en compte (absence de projets ≥ 50 ktep)

Glossaire. 1/3

k	kilo, mille (10^3)	CO₂	dioxyde de carbone
M	méga, million (10^6)	H₂	dihydrogène (hydrogène par raccourci)
G, Md, Mds	giga, milliard (10^9)	H₂O	eau
T	téra, billion (10^{12})	NH₃	ammoniac / e-ammoniac
P	péta (10^{15})	CH₃OH	méthanol
E	exa (10^{18})		
ha	hectare	€	Euro
L	litre	\$	Dollar
g	gramme	\$CAD	Dollar canadien
m, m², m³	mètre, mètre carré, mètre cube		
t	tonne		
tec	tonne d'équivalent charbon		
tep	tonne d'équivalent pétrole. Equivaut au pouvoir énergétique de : <ul style="list-style-type: none"> • 0,346 tonne d'hydrogène • 0,758 tonne de méthane • 2,3 tonnes de méthanol • 0,963 tonne de kérosène 		
J	Joule		
W	Watt		
Wh	Watt-heure		
V	Volt		

Glossaire. 2/3

carburant vert / durable / bas carbone	carburant produit à partir de sources renouvelables ou recyclées
CO₂ biogénique	CO ₂ issu de la valorisation de bioénergies (bois, biogaz, déchets organiques, ...)
co-produits	sous-produits générés lors d'un processus principal, souvent valorisables dans d'autres industries ou applications
e-fuel	électro-carburant, carburant de synthèse
hub / cluster H₂	réseau régional regroupant des infrastructures de production, stockage, distribution et utilisation finale d'hydrogène
hydrogène bas carbone	hydrogène produit avec des émissions de CO ₂ réduites, grâce aux CCS ou à l'utilisation d'électricité décarbonée
hydrogène bleu	hydrogène produit par vaporeformage du méthane avec captage du CO ₂ émis
hydrogène décarboné	hydrogène produit par électrolyse de l'eau à partir d'électricité renouvelable ou décarbonée (notamment électricité nucléaire)
hydrogène électrolytique	hydrogène produit par électrolyse de l'eau
hydrogène gris	hydrogène produit à partir de combustibles fossiles (généralement du gaz naturel) sans captage des émissions de CO ₂
hydrogène vert / renouvelable	hydrogène produit par électrolyse de l'eau à partir d'électricité renouvelable
off-grid	système énergétique autonome, non connecté au réseau électrique principal
oil & gas	secteur du pétrole et du gaz naturel

Glossaire. 3/3

CAPEX, OPEX	dépenses d'investissement / d'exploitation	PPA	Power Purchase Agreement
CCUS / CCS / CUSC	capture, utilisation et stockage du carbone	PtL / PtX	Power-to-Liquid / Power-to-X (production d'hydrogène / e-fuels liquide ou gazeux à partir d'électrolyse de l'eau)
DAC	Direct Air Capture : captage du CO ₂ contenu dans l'atmosphère	R&D	Recherche et Développement
EnR	énergie (notamment électricité) issue de sources renouvelables	RFNBO	Renewable Fuel of Non Biological Origin : hydrogène et e-fuel vert
FID	Final Investment Decision : décision engageante de lancement d'un projet, impliquant des ressources financières importantes	SAF / CAD	Sustainable Aviation Fuel / Carburant d'Aviation Durable : biocarburant, hydrogène ou e-fuel vert pour l'aviation
FT	Fischer Tropsch : procédé permettant de transformer du syngaz en plusieurs produits, dont de l'(e-)kérosène, de l'(e-)gazole, de (e-)gazole ou de l'(e-)naphta	SMF	Sustainable Maritime Fuel / Carburant Maritime Durable : biocarburant, hydrogène ou e-fuel vert pour le maritime
GES	Gaz à Effet de Serre	TRL	Technology Readiness Level (échelle 1-9)
GNL / LNG	Gaz Naturel Liquéfié	NB	Nota Bene
LCFNBO	Low Carbon Fuel of Non Biological Origin : carburant bas carbone ne venant pas de la biomasse	NC	Non Communiqué
LCOE	Levelized Cost Of Energy : coût actualisé de production d'énergie sur la durée de vie d'une installation	AGHA	Africa Green Hydrogen Alliance
LCOH	Levelized Cost Of Hydrogen : coût actualisé de production d'hydrogène sur la durée de vie d'une installation	IEA	International Energy Agency
MoU	Memorandum of Understanding : accord d'intention entre différents partis	IRA	Inflation Reduction Act
MtJ / AtJ	Methanol-to-Jet / Alcohol-to-Jet : procédé permettant de transformer du méthanol / d'autres alcool en carburant pour l'aviation	RED II, RED III	Renewable Energy Directive II, III
		UE, EU	Union Européenne, European Union

Contacts et auteurs de l'étude

Contacts

**Arnaud Ayme**

Directeur général, Sia France
Sia

arnaud.ayme@sia-partners.com

Auteurs

**Yann Lesestre**

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

**Alix Daurensan**

Associate Consultant
Energy, Utilities & Environment - Sia
alix.daurensan@sia-partners.com

**Evann Ali-Yahia**

Intern
Energy, Utilities & Environment - Sia
evann.aliyahia@sia-partners.com

BUREAU
FRANÇAIS
des e-fuels

SIA

Observatoire international des e-fuels.

○ Avril 2025

