



LE PROJET

Ep'HyNE

Réglementation



01

Contexte réglementaire et solutions de décarbonation

02

Le CO₂ biogénique

03

L'hydrogène renouvelable et bas carbone



Contexte réglementaire et solutions de décarbonation



Le contexte réglementaire

2015

L'Accord de Paris (COP 21 2015)

A donné un cadre international à l'atténuation du dérèglement climatique :

- Limiter les gaz à effet de serre dans une bande, de **40 % à 70 %** d'ici 2050 en rapport par rapport aux niveaux de 1990 ;
- Maintenir le réchauffement planétaire sous les +2°C;
- Lutter contre les effets du changement climatique.

2019

Pacte vert (Green Deal - 2019)

L'Union Européenne a établi une feuille de route pour atteindre la neutralité carbone d'ici à 2050.

2021

Paquet législatif Fit for 55 (2021)

Ce paquet vise une réduction des émissions nettes d'au moins -55 % d'ici à 2030 par rapport aux niveaux enregistrés en 1990.

2023

ReFuelEU Aviation (2023)

Le règlement entraînera une réduction substantielle des émissions de CO2 de plus de 60 % d'ici à 2050, par rapport aux niveaux de 1990.

Les 3 piliers de la décarbonation

1 Réduire les consommations énergétiques non essentielles



2 Réduire les pertes énergétiques

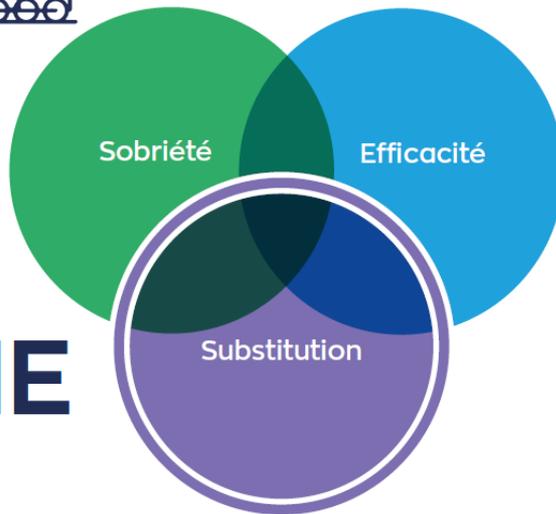


Consomme
10 par km

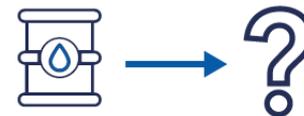
Consomme
1 par km



LE PROJET
Ep'HyNE



3 Utiliser de nouvelles sources d'énergie moins carbonées



Les solutions de substitution

Méthode actuelle

Combustibles fossiles

Kérosène



- ⚠ Émissions de CO₂
- ⚠ Dépendance énergétique de la France à des importations

Biocarburants

Carburants à partir de biomasse

Biomasse durable



- ✓ Pas d'émission de CO₂ fossile
- ✓ Production domestique possible
- ⚠ Consommation de biomasse, avec des enjeux de gestion durable

Avion électrique

Electrification directe décarbonée des usages

Énergies renouvelables et nucléaire



- ✓ Pas d'émission de CO₂ fossile
- ✓ Production domestique possible
- ✓ Pas de consommation additionnelle de biomasse
- ⚠ Inadaptée à l'aviation longue distance en raison de la taille des batteries requises

Avion à hydrogène

À partir d'hydrogène



- ✓ Pas d'émission de CO₂ fossile
- ✓ Production domestique possible
- ✓ Pas de consommation additionnelle de biomasse
- ⚠ Technologies pas prêtes avant l'horizon 2050
- ⚠ Infrastructures inexistantes

Carburants de synthèse

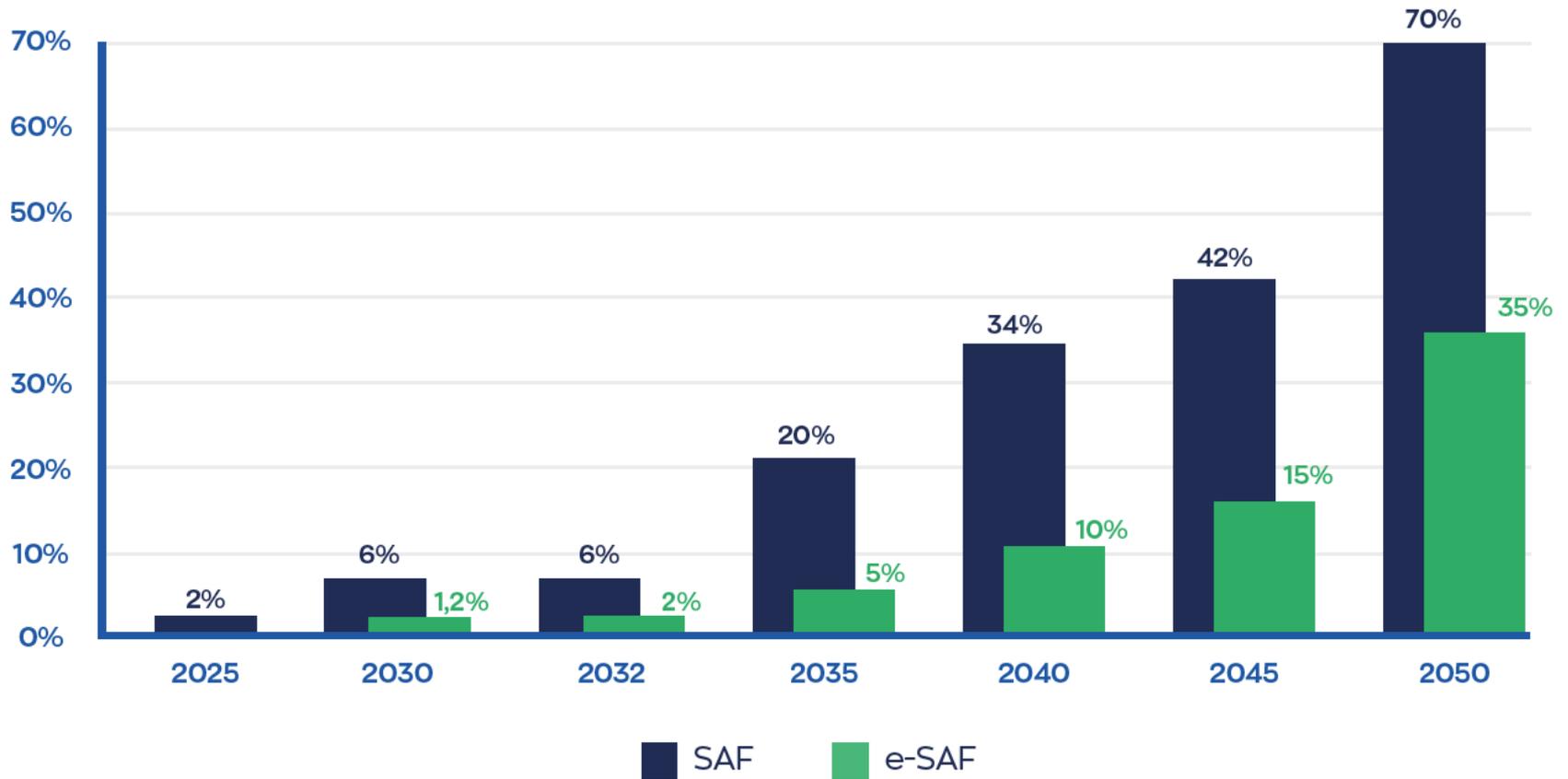
(e-carburants ou e-SAF)

À partir d'hydrogène électrolytique décarboné, seul ou combiné avec du CO₂ biogénique



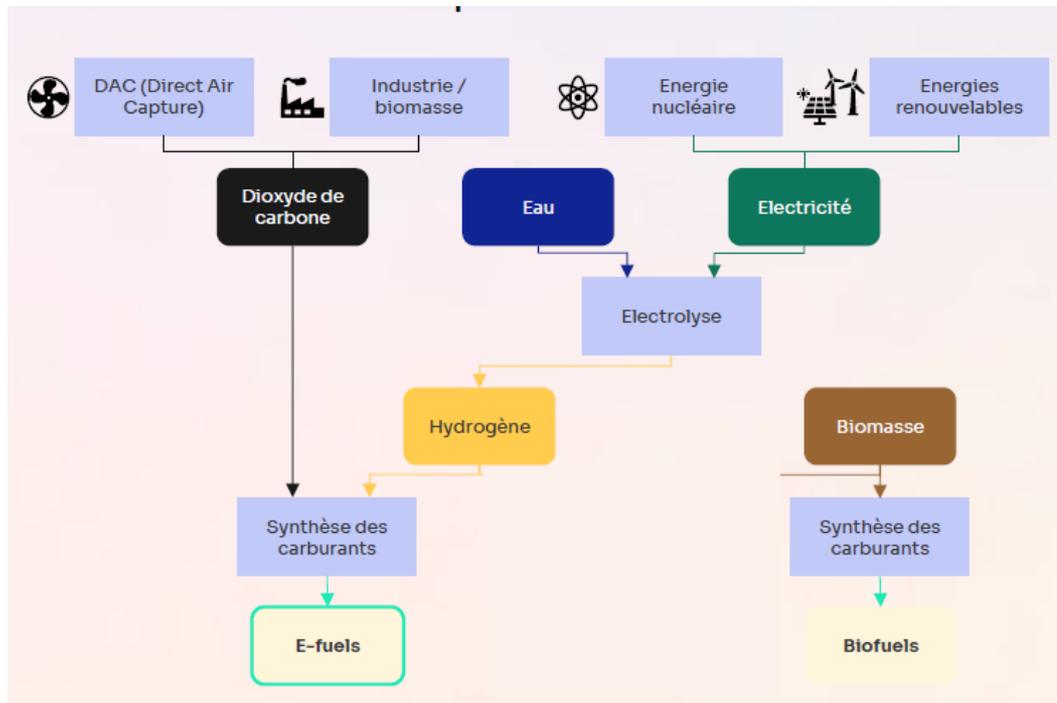
- ✓ Pas d'émission de CO₂ fossile
- ✓ Production domestique possible
- ✓ Pas de consommation additionnelle de biomasse
- ✓ Adapté aux infrastructures et motorisations actuelles

ReFuelEU Aviation



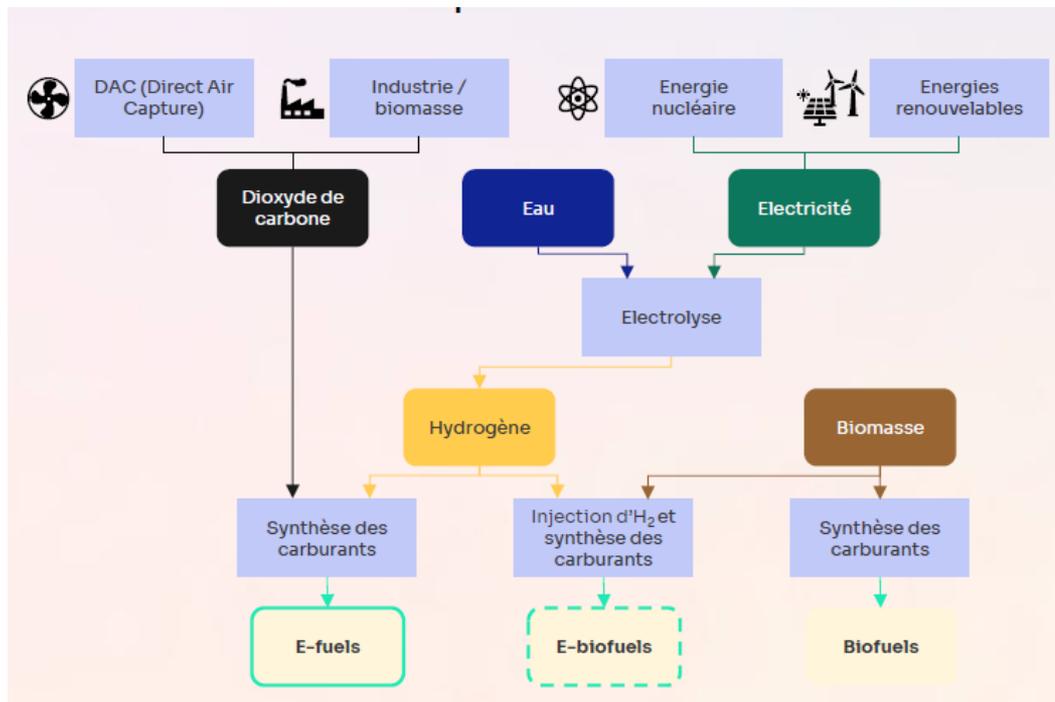
Qu'est ce qu'un SAF ?

SAF = Sustainable Aviation Fuel
CAD = Carburant d'Aviation Durable



Qu'est ce qu'un SAF ?

SAF = Sustainable Aviation Fuel
CAD = Carburant d'Aviation Durable





SAF : les deux grandes familles

Les biocarburants ou bio-SAF produits à partir de biomasse

- La **matière organique** (copeaux de bois, déchets ménagers ou agricoles) **est convertie en bio-carburant** par des procédés chimiques (gazéification, hydrogénation...).
- La matière organique (biomasse) doit être « durable » : la biomasse employée provient elle-même de **sources durables**, son utilisation n'entre pas en concurrence avec les usages alimentaires ou encore l'usage de sols qui impliquerait de la déforestation.

Les carburants de synthèse ou e-SAF produits à partir de CO₂ biogénique et d'hydrogène décarboné

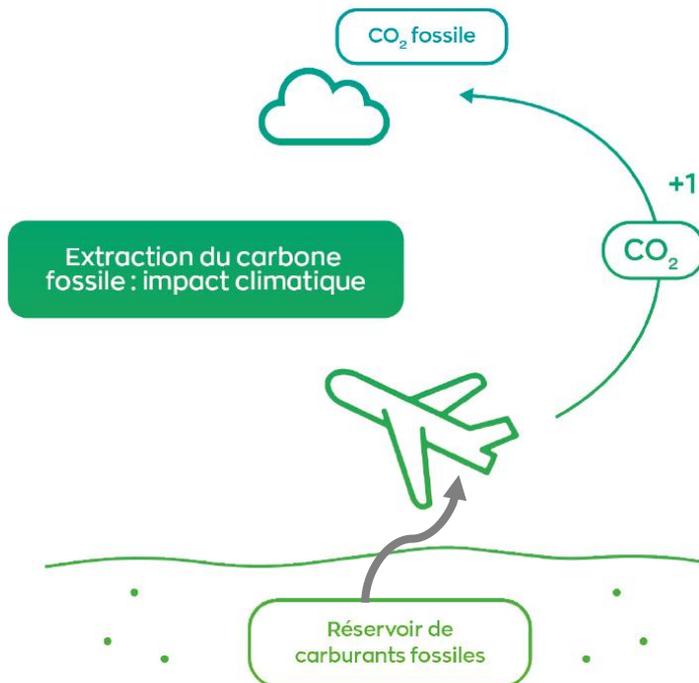
- **L'hydrogène employé doit être décarboné**, c'est-à-dire que sa production permette d'éviter plus de 70 % des émissions de gaz à effet de serre par rapport à de l'hydrogène produit à partir de ressources fossiles, et respecte les critères).
- **Et à partir de 2041, le CO₂ employé soit biogénique** ou capturé directement dans l'air



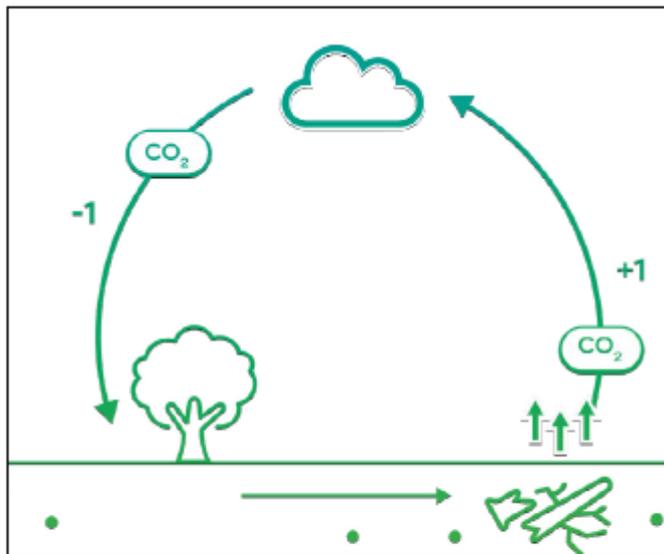
Le CO₂ biogénique



Le CO₂ fossile

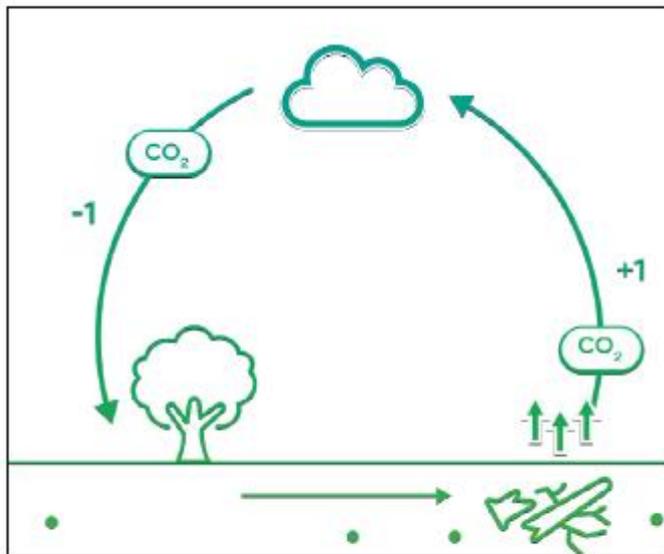


Le cycle du CO₂ biogénique

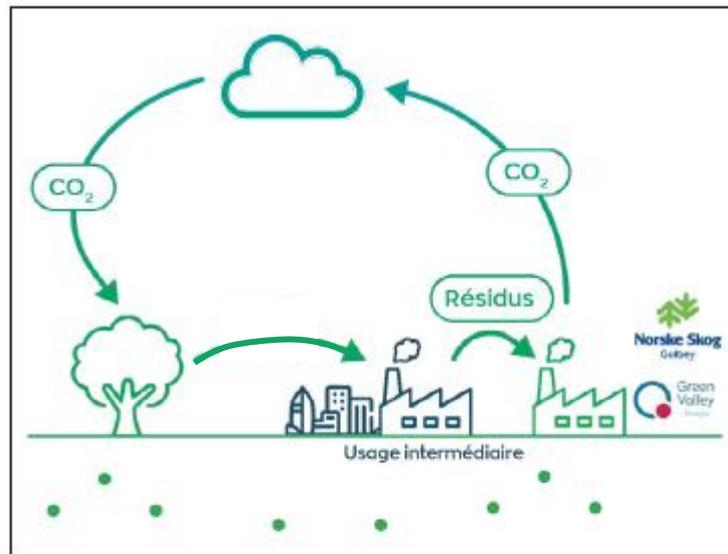


Cycle court naturel du carbone

Le cycle du CO₂ biogénique

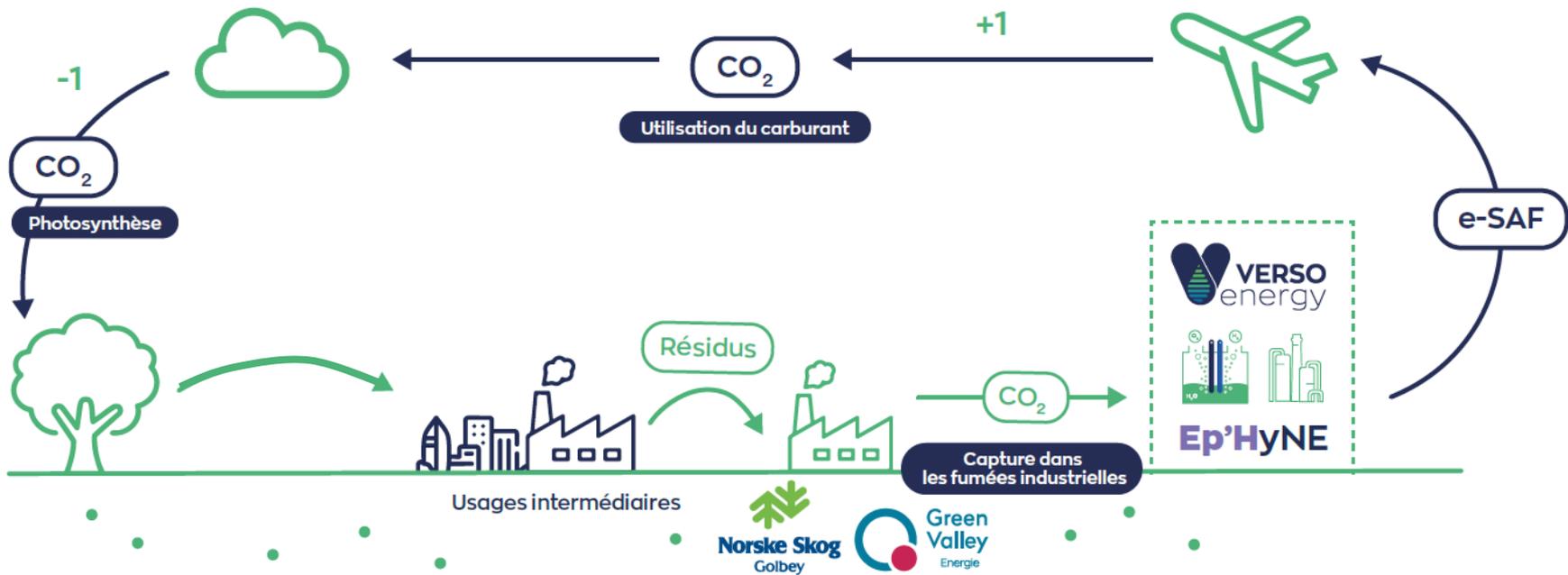


Cycle court naturel du carbone

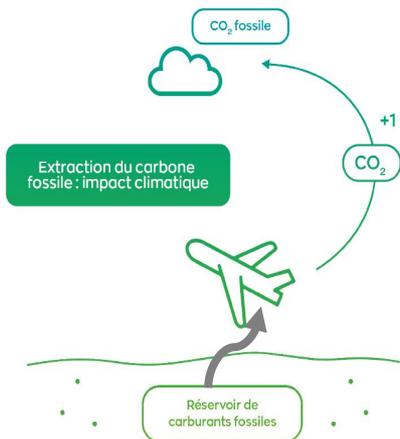


Cycle court du carbone
avec Norske Skog
Golbey et Green Valley
Energie

Le cycle vertueux du projet



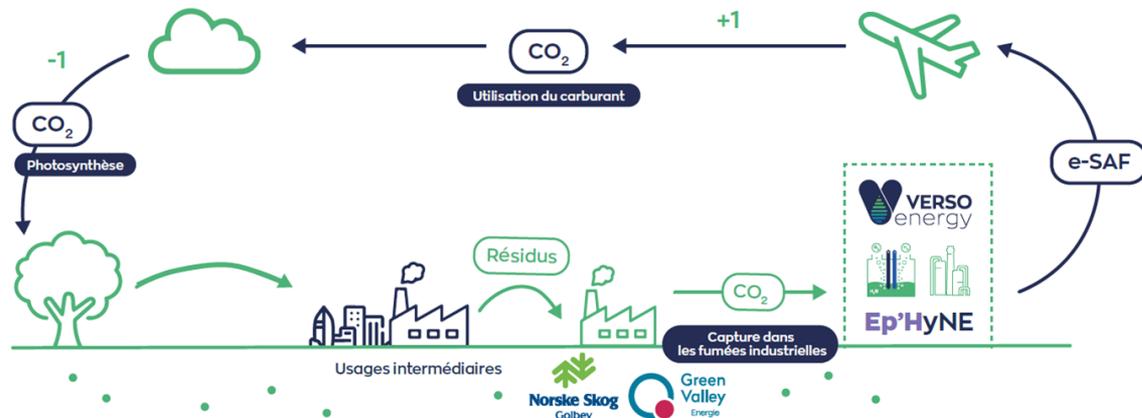
Le cycle vertueux du projet



AUJOURD'HUI

Émissions de CO₂ fossile :

Augmentation du CO₂ dans l'atmosphère
Augmentation du réchauffement climatique



DEMAIN

Valorisation du CO₂ biogénique :

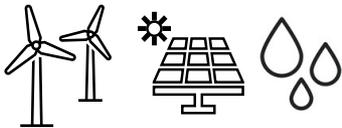
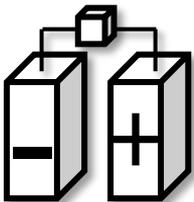
Neutre en carbone
Évitement de 200kt/an CO₂ fossile



L'hydrogène renouvelable et bas-carbone



Les différents types d'hydrogène selon leur production

Type d'hydrogène	Hydrogène Renouvelable	Hydrogène Bas-Carbone	Hydrogène Carboné	
Ressources	<p>Eolien PV Eau</p> 	<p>Réseau Électrique 80% nucléaire</p> 	<p>Gaz naturel</p> 	<p>Gaz naturel</p> 
Technologies	 <p>Electrolyse de l'eau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Base d'eau • Injection courant électrique • Séparation des gaz 	<p>✓ Ø émission de CO₂</p> <p>✓ Ø utilisation ressource fossile</p> <p>✗ Usage uranium</p>	<p>Vaporeformage + Capture</p> <ul style="list-style-type: none"> • Injection Gaz naturel • Action vapeur d'eau surchauffée • Extraction molécule H₂ • Capture du CO₂ 	<p>Vaporeformage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Injection Gaz naturel • Action vapeur d'eau surchauffée • Extraction molécule H₂ 
	<p>✓ Capture CO₂</p> <p>✗ Usage gaz naturel</p>	<p>✗ Émission CO₂</p> <p>✗ Usage gaz naturel</p>		



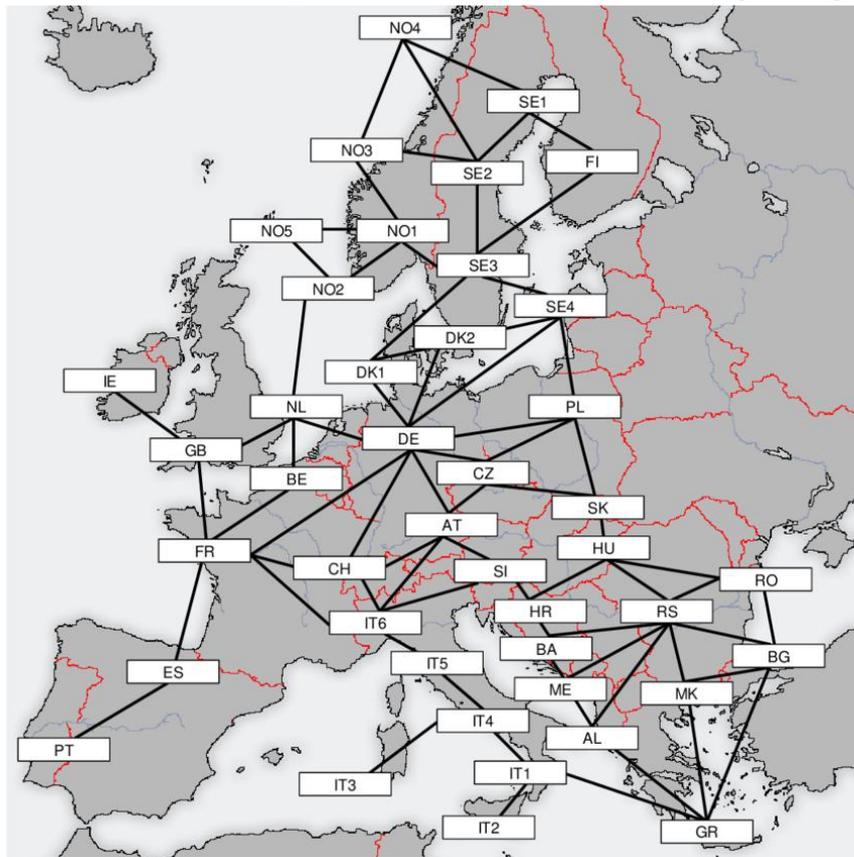
Règles pour la production d'hydrogène renouvelable (RFNBO)

Les règles de production d'hydrogène renouvelable sont définies dans la directive Européenne RED II qui régit les RFNBO (Renewable Fuel From Non Biological Origin).

Un hydrogène est renouvelable (RFNBO) si sa production respecte les conditions suivantes :

- La production des molécules doit être assurée grâce à **une source d'énergie renouvelable**.
- - **70% des émissions de gaz à effet de serre par rapport à leur équivalent fossile**, tout au long de leur cycle de vie selon une méthode de calcul fournie par RED II.
 - Un hydrogène est bas-carbone si son cycle de vie émet moins de 3,38 kgCO₂eq/kgH₂. L'utilisation de la fraction renouvelable du mix électrique FR pour produire de l'hydrogène permet d'atteindre cet objectif.
- **Corrélation temporelle** entre la production de la molécule et sa source d'énergie décarbonée (pas mensuel puis horaire à partir de 2030)
- **Corrélation géographique** : l'hydrogène doit être produit dans la même « bidding zone » que l'électricité utilisée
- *Exemption règle additionnalité grâce au mix FR*

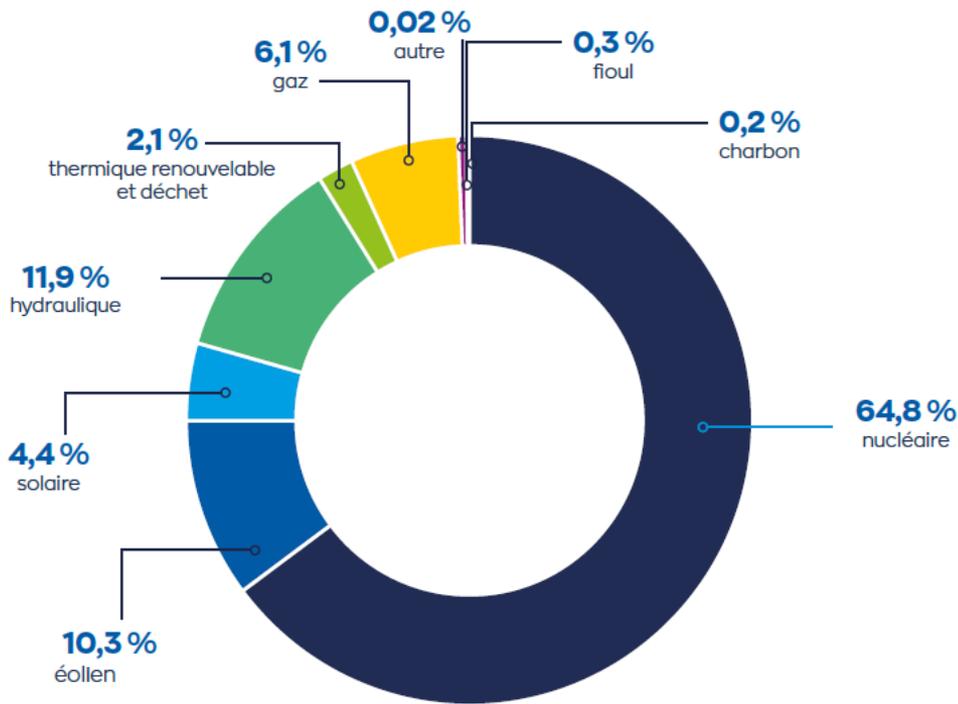
L'alimentation électrique – Corrélation géographique



L'approvisionnement électrique – Source d'énergie décarbonée

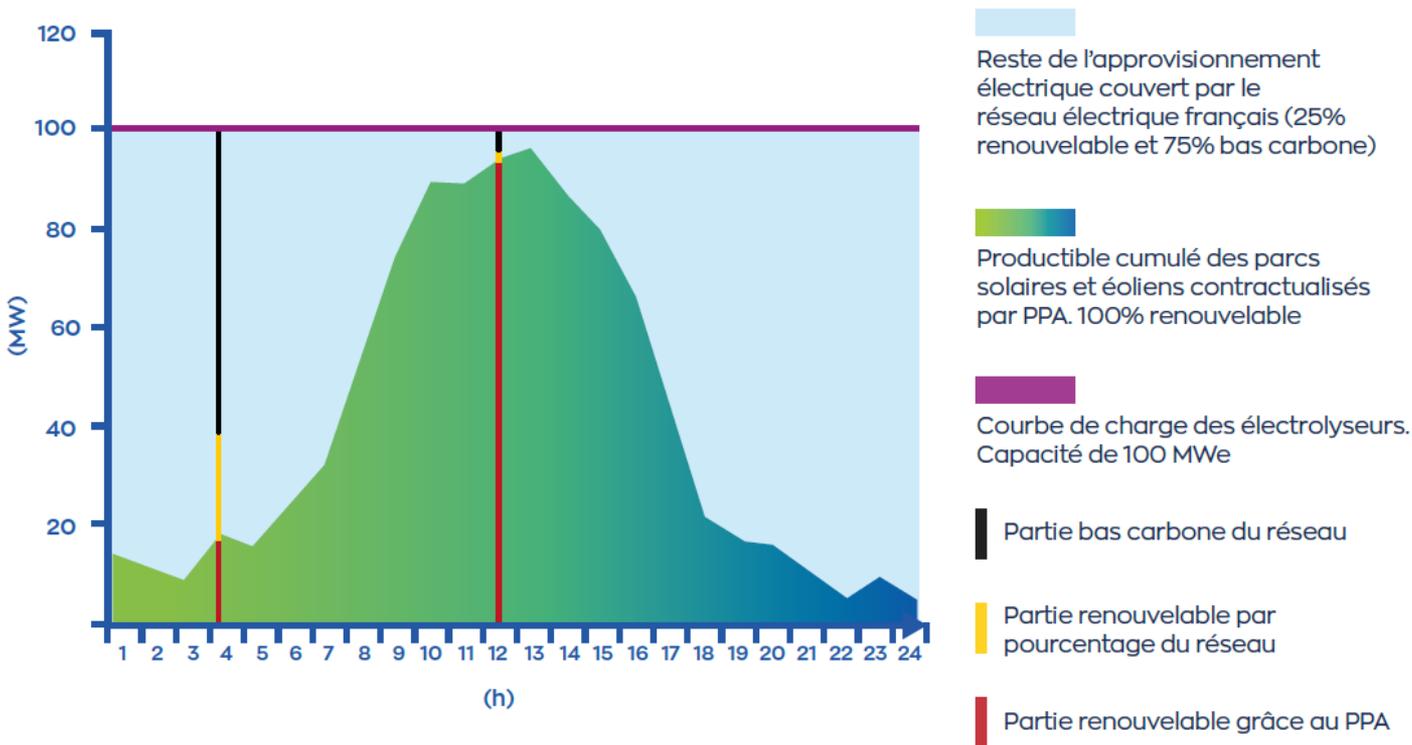
Le mix électrique français

- 92% de la production d'électricité est décarbonée.
- Le facteur d'émission moyen est ainsi de 32 gCO₂eq/kWh, inférieur au seuil européen de RED (64,8 g CO₂eq/kWh)



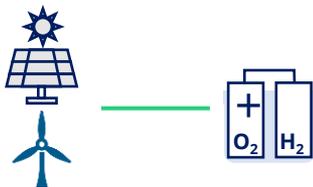
Mix énergétique français en 2023

L'alimentation électrique - corrélation temporelle



Règles pour la production d'hydrogène renouvelable (RFNBO)

En plus d'un critère de réduction des émissions de GES, l'H₂ ne peut être produit que selon **quatre méthodes non cumulatives** sauf exception (cf slide suivante) afin d'être qualifié de RFNBO

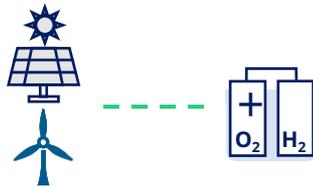


Connexion directe à un actif EnR

100% de la production = RFNBO

Condition :

- *Additionnalité* : Electrolyseur mis en service au plus tard 36 mois après la MeS des EnRs



Connexion à des actifs EnR via un ou plusieurs PPAs

100% de la production issue de l'électricité PPA = RFNBO

Condition(s) :

- *Corrélation temporelle* : pas mensuel puis horaire (2030)
- *Corrélation géographique* : même zone de marché
- *Additionnalité* : Electrolyseur mis en service au plus tard 36 mois après la mes des EnRs
- *Absence d'aide d'états* : pour les actif EnR en PPA



Connexion directe de l'électrolyseur à un réseau électrique décarboné

Part ENR du mix électrique dans la part d'électricité issue du réseau en N-2 = RFNBO

Condition :

- Contenu carbone moyen du mix en N-2 permet de produire un H₂ < 3,38 kgCO₂/kgH₂

