

Journée Ampère 200 ans

Le 5 octobre 2022 à Lyon



www.ampere200ans.fr



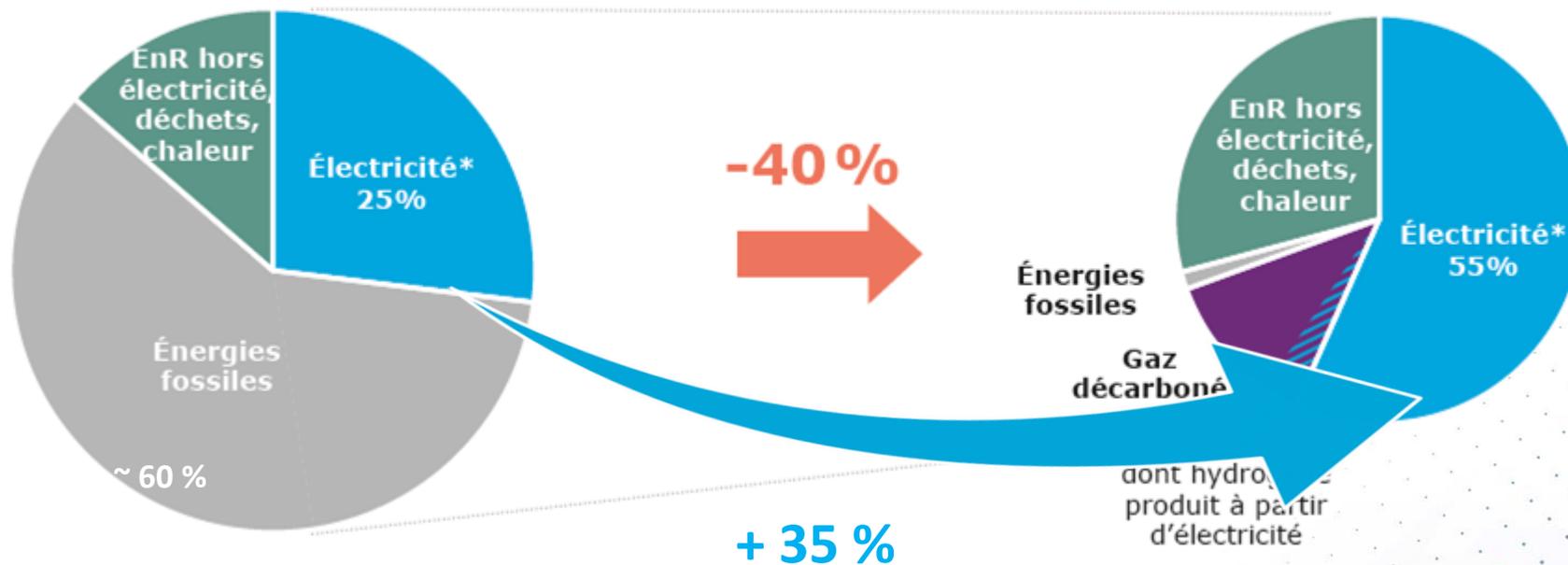
Le cadre global: la Stratégie National Bas Carbone



Consommation d'énergie finale en France (SNBC)

Aujourd'hui
1 600 TWh
d'énergie consommée

2050
930 TWh
d'énergie consommée



(scénario de référence de RTE)

Consommation finale d'électricité (hors pertes, hors consommation issue du secteur de l'énergie et hors consommation pour la production d'hydrogène)
Consommation finale d'électricité dans la trajectoire de référence de RTE = 645 TWh



Rte

MINISTÈRE
DE L'ÉNERGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE



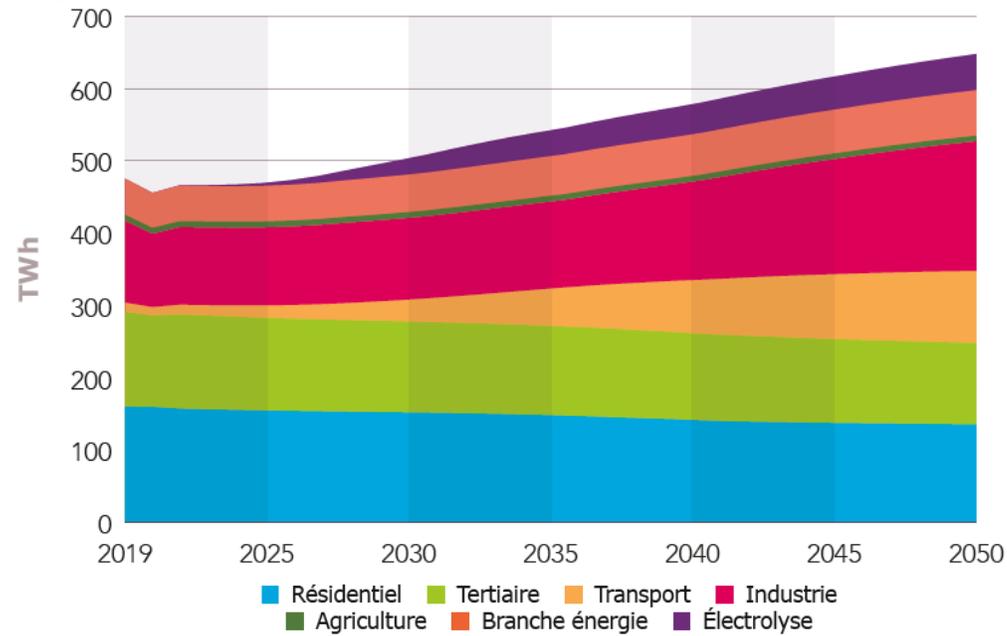
Ampère
200 ans





Agir sur tous les leviers

1 Trajectoire de référence 645 TWh



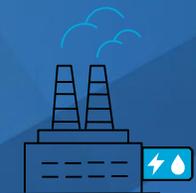
2 Scénario sobriété 555 TWh

- Habitat
- Déplacements
- Industrie
- Travail

3 Scénario de réindustrialisation profonde 755 TWh

Part de l'industrie manufacturière dans le PIB à 12-13%





La décarbonation en Auvergne Rhône Alpes



Première région industrielle de France.

- Une industrie historique : de 1900 à 2020
- Un nécessaire renouveau et de grands projets pour atteindre la neutralité carbone :
 - Efficacité énergétique
 - Electrification
 - Production ENR
- Une accélération avec les plans de relance:
- Une région industrielle attractive:



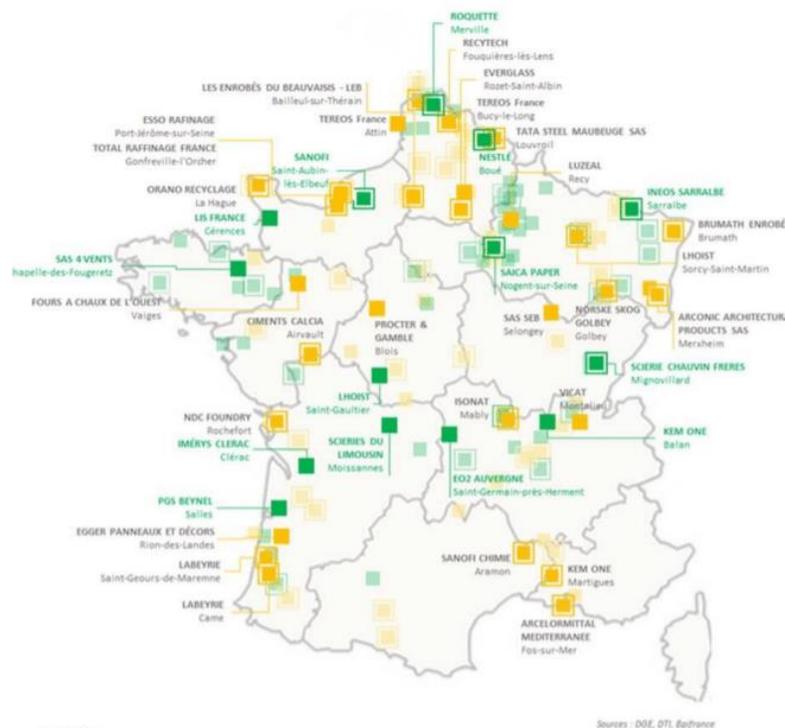
Announce SAFRAN 07/2019



Announce ST Micro 07/2022



42 nouveaux projets décarbonation lauréats dont 25 dans les Territoires d'industrie



Première région bénéficiaire de France Relance:

- 471 projets
- 1,7G€ d'investissement et 554M€ d'aides d'état
- 141 projets de décarbonation d'industriels sélectionnés via France Relance (2G€)

Recensement des projets Hydrogène (Vig'Hy):

- 14 projets de production ou stockage d'H2
- 7 projets industriels (fabrication d'électrolyseurs, de stockages)
- 34 stations de distribution

DOMO



HyDom:
87MW en 2027



S3REnR

Raccorder les ENR, un enjeu industriel



Le Schéma Régional de Raccordement au Réseau des Energies Renouvelables (S3RENnR),
un outil industriel pour répondre aux objectifs du territoire:

- [Visibilité pour les acteurs](#)
- [Optimisation du réseau et anticipation des développements](#)
- [Mutualisation des coûts](#)

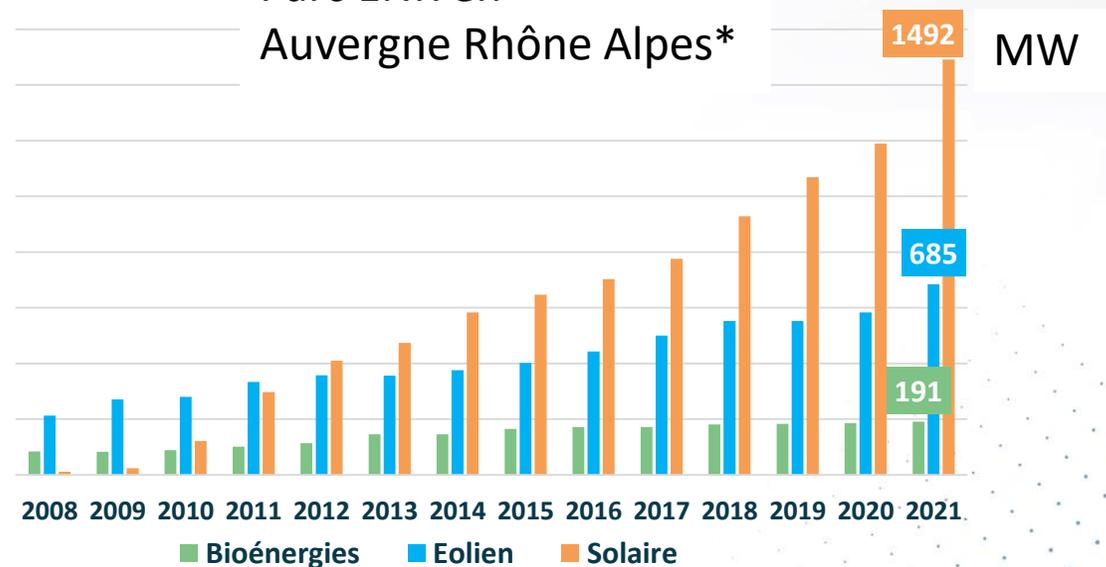
Des objectifs 2030 ambitieux :

+ 7600 MW soit + 60%

564 M€ d'investissement sur les réseaux de transport et de distribution (hors raccordement propre)



Parc ENR en Auvergne Rhône Alpes*



Capacités **éolien** installées fin 2021

685 MW soit + 18%
par rapport à 2020

Capacités **solaire** installées fin 2021

1 492 MW soit + 24%
par rapport à 2020

*Hors hydraulique

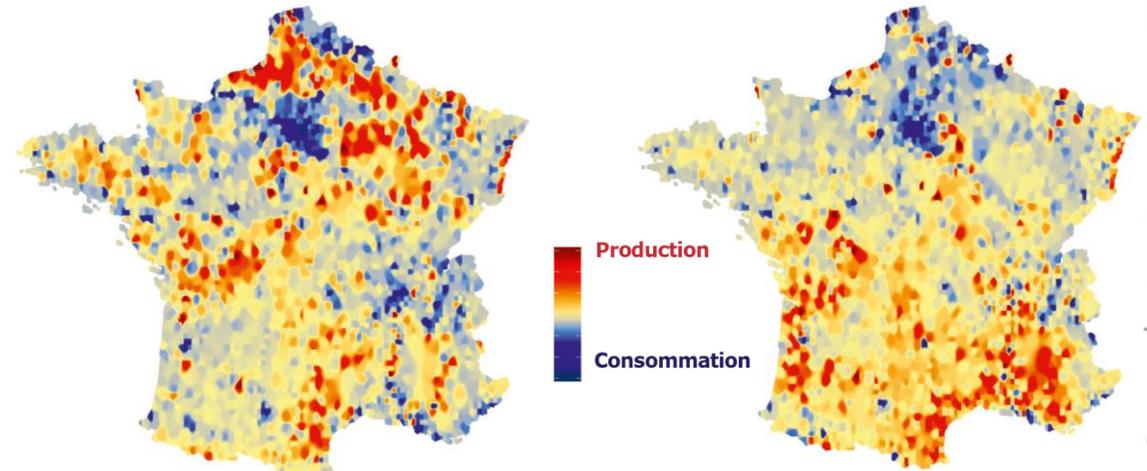
Intégration des ENR, un enjeu technique



Exemple de répartitions typiques de production et consommation en 2035

Soirée venteuse de printemps

Jour d'été ensoleillé



Auvergne
Rhône-Alpes



Production

119 TWh

Consommation
brute

66 TWh



L'intégration des renouvelables augmente les besoins de transport d'électricité : distance, intermittence

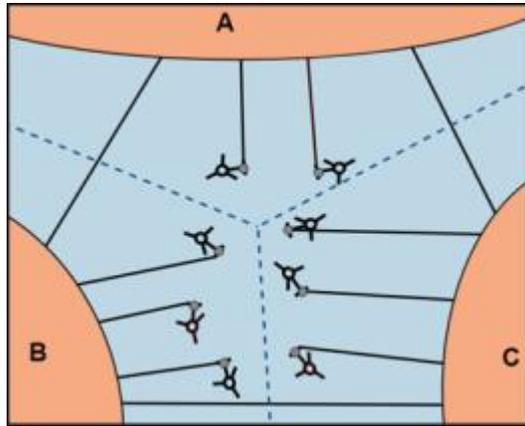


Des impacts à gérer sur le réseau :

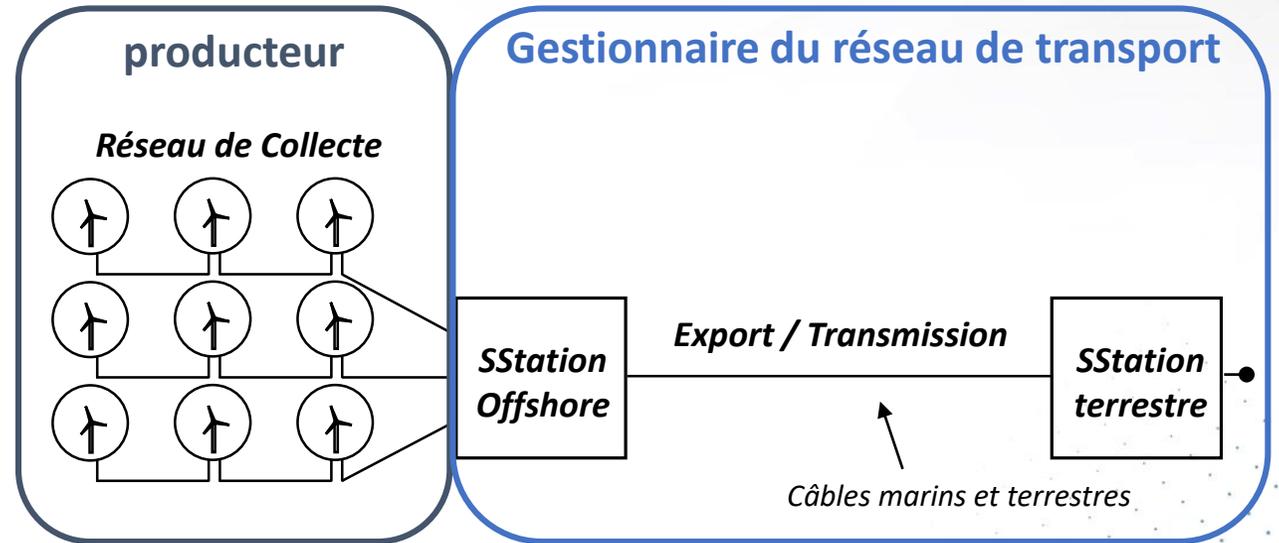
- Gérer l'adéquation production / demande
- Gérer la stabilité du réseau
- Avoir la capacité de transport nécessaire



Un exemple d'utilisation de Courant Continu Raccorder l'électricité d'origine Offshore



Source : Towards a deployment plan for a future European offshore grid: development of topologies, CIGRE B4-107, 2020



Standard : 66 kV AC **HVDC** : $\pm 320\text{kV}$ – en « point à point »

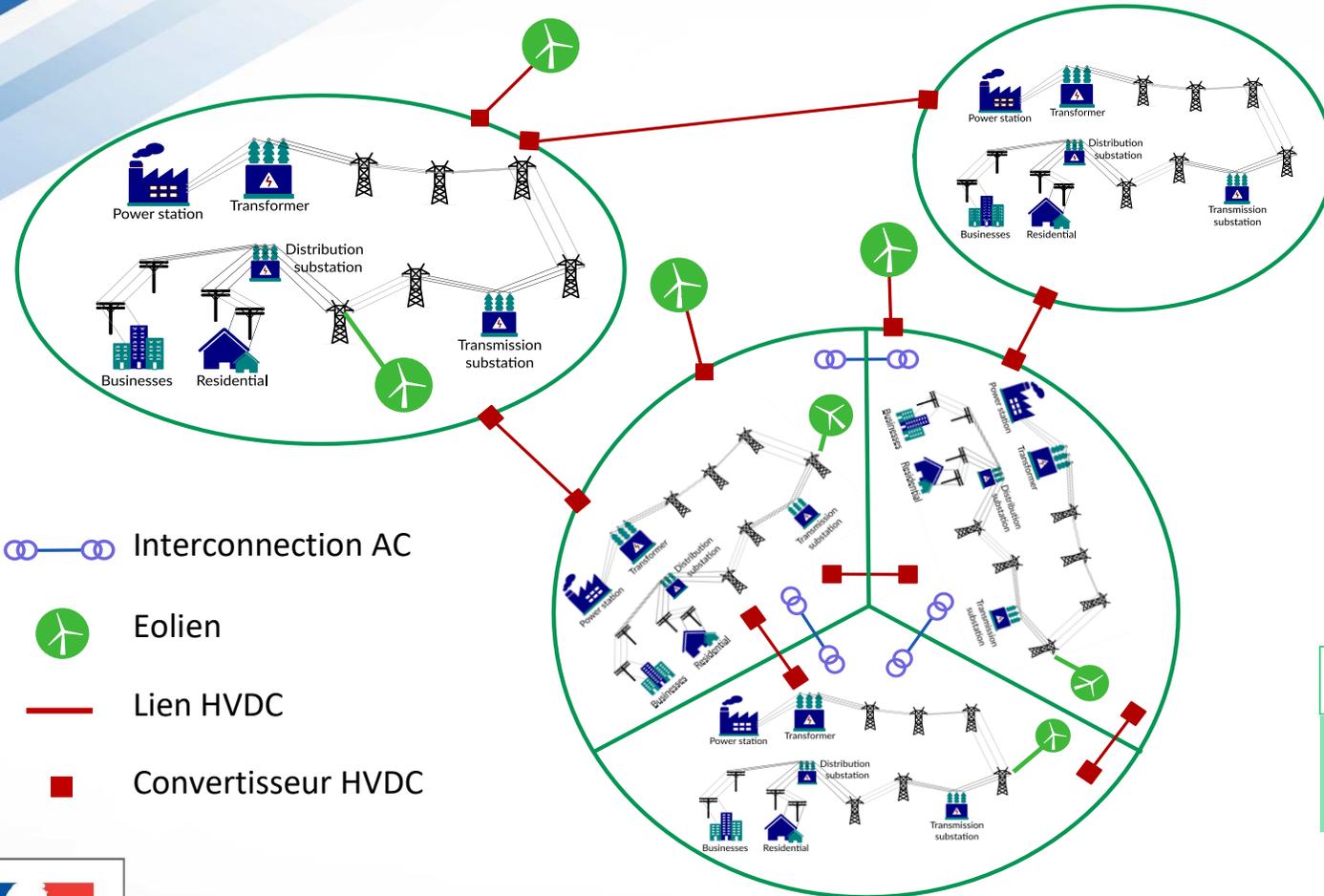
Plusieurs challenges techniques clefs :

- Standardisation des plateformes offshore – posées et flottantes
- Augmentation des puissances – montée en tension des équipements (525 kV)



Le role du Courant Continu dans le réseau

Transporter de grandes puissances sur de grandes distances



-  Interconnection AC
-  Eolien
-  Lien HVDC
-  Convertisseur HVDC

- Des raccordements de fermes éoliennes offshore
- Interconnexions entre pays :
 - A travers des obstacles naturels (parcs naturels, montagnes, zones denses)
 - En liaison sous-marine

Leviers de l'évolution : 

Décarbonation du mix électrique
Intégration des marchés



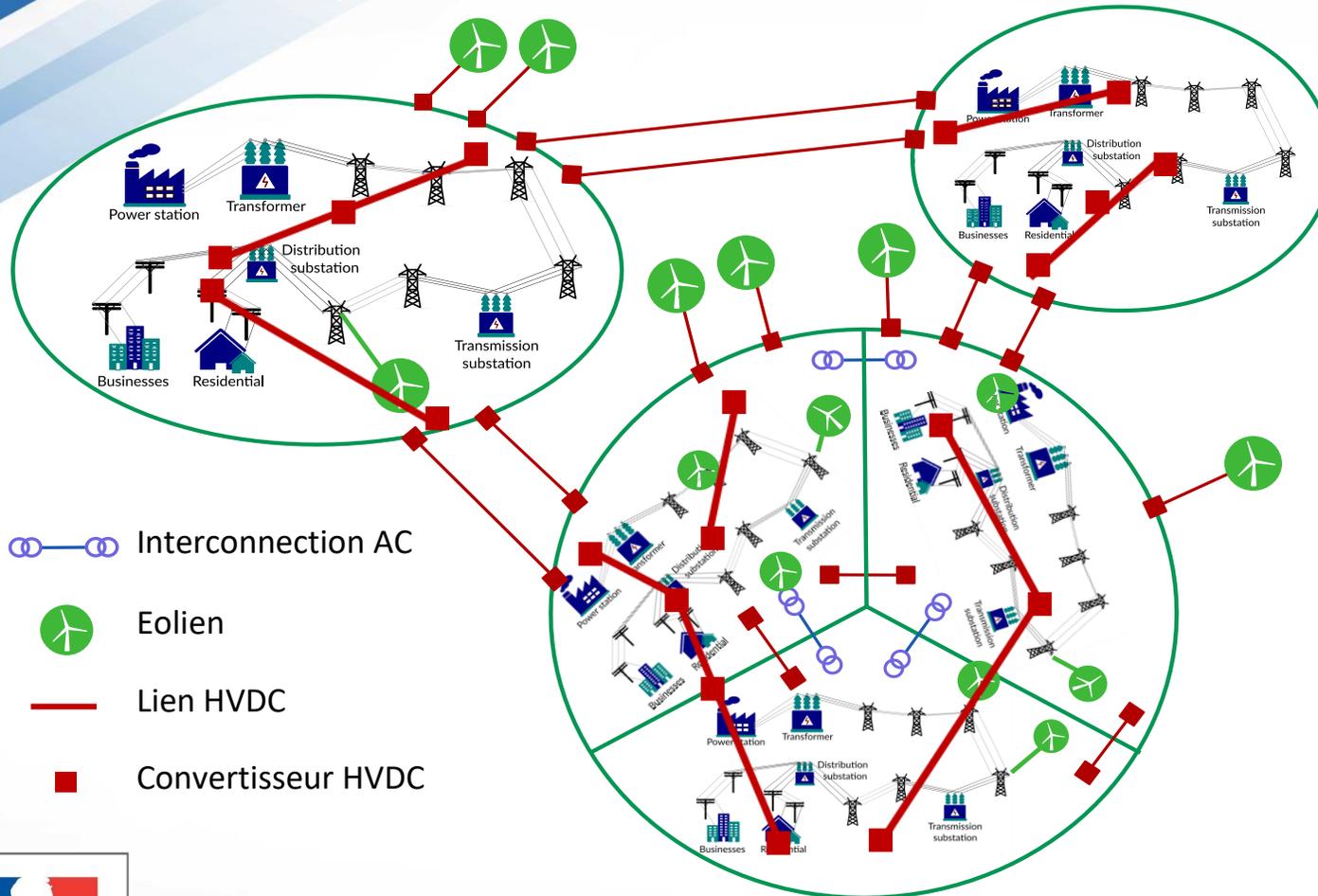
Augmenter les interconnexions
Connecter plus de renouvelables





Le role du Courant Continu dans le réseau

Transporter de grandes puissances sur de grandes distances



-  Interconnection AC
-  Eolien
-  Lien HVDC
-  Convertisseur HVDC

Plus de renouvelable
 Nombreuses interconnexions

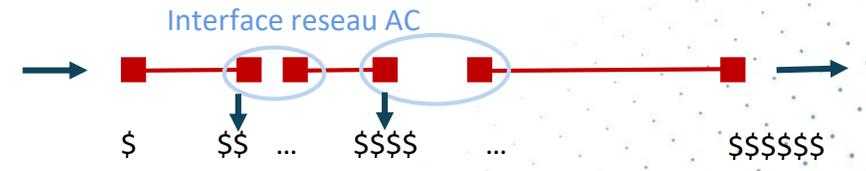


Capacité des réseaux AC
 Droit de passage / acception sociale

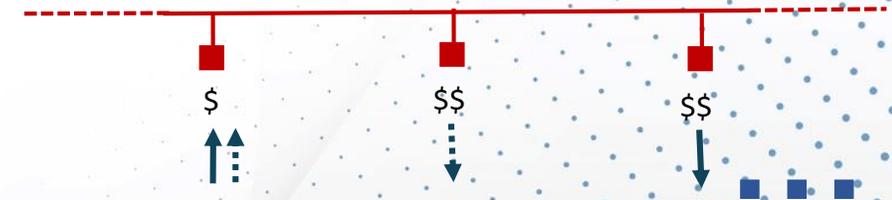


Renforcements terrestres, HVDC
 "Multi-terminaux" :

Multiple point à point HVDC?



Grands corridors de puissance !



"Multiterminaux" plus optimisés que du point à point multiple





Vers des grand corridors de puissance en HVDC

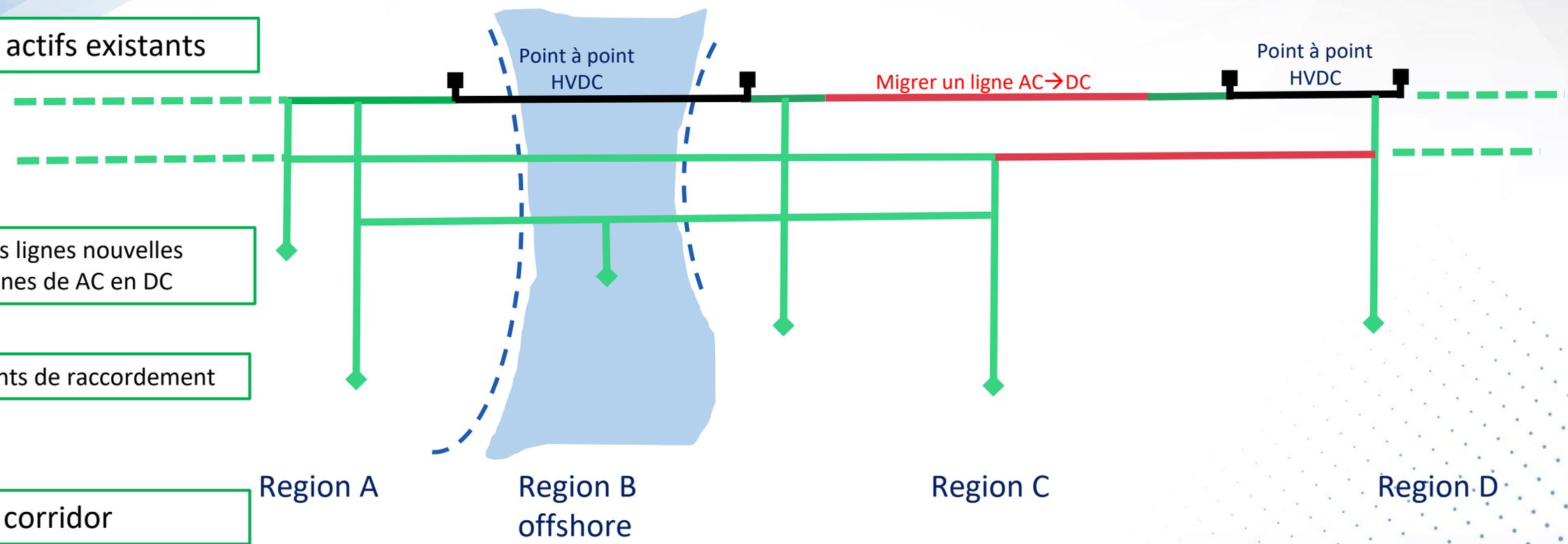
Un développement pas à pas

Utiliser les actifs existants

Construire des lignes nouvelles
Migrer des lignes de AC en DC

Créer des points de raccordement

Etendre le corridor



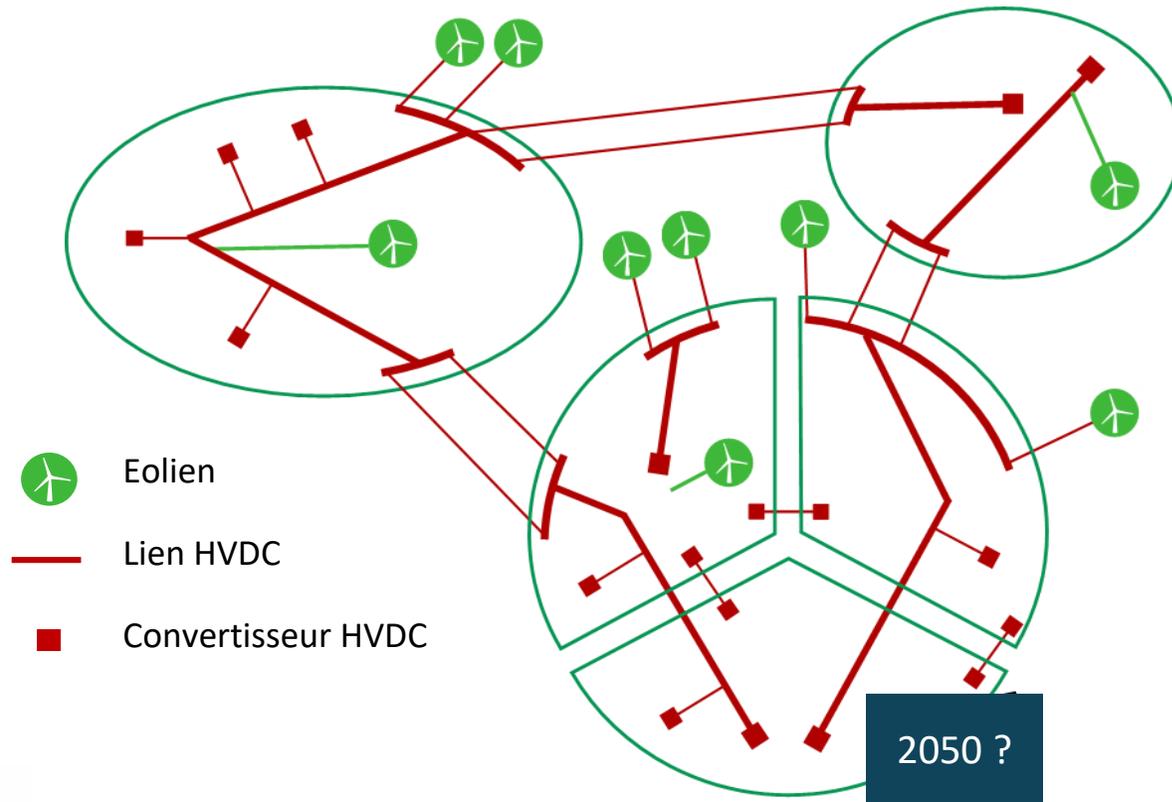
La planification du reseau et l'architecture haut niveau sont clefs pour une implementation progressive





Vers une colonne vertébrale centralisée ?

Qui vient en support du reseau AC existant

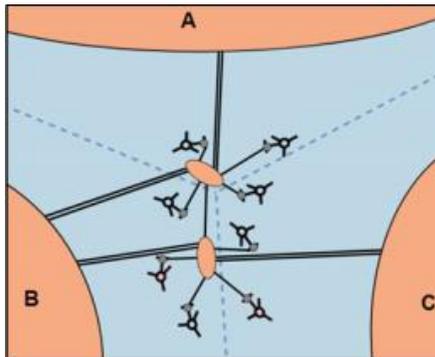


Des challenges techniques clefs :

- **L'interopérabilité entre des convertisseurs de fabricants différents**
- **Le pilotage d'un réseau hybride AC/DC**
- **La coupure du courant continu**
- **Les appareillages en courant continu**

Cette évolution est déjà en marche !

Exemple du programme « North Sea Wind Power Hub »



Distributed Hub and Spoke

■ Une topologie choisie sous forme de “Hub-and-Spoke”

■ Entre Allemagne, Danemark, Pays-bas, UK, etc...

■ Pour mutualiser

■ Des “points d’atterrage”

■ Des infrastructures d’interconnexion

■ Des convertisseurs

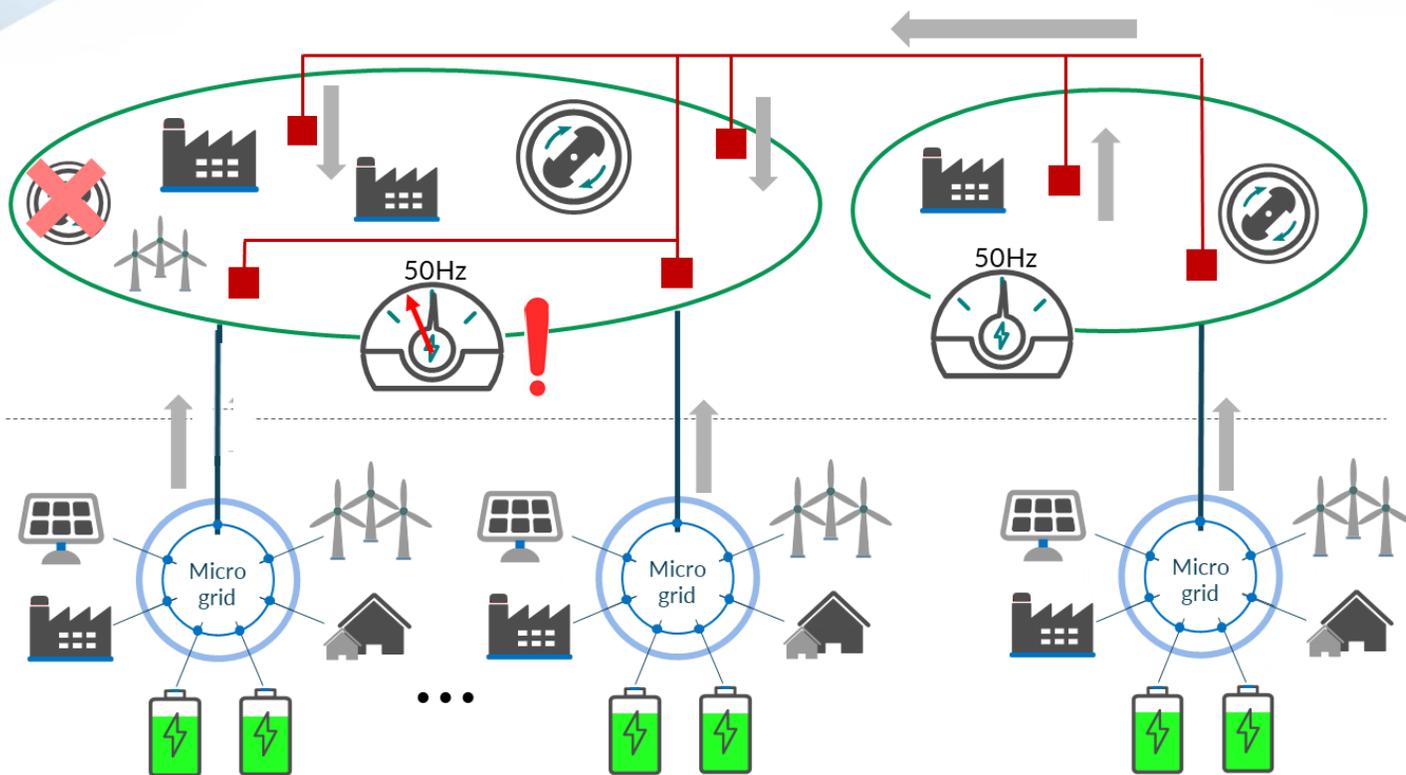
■ La production de fermes éoliennes off-shore

■ Et une architecture maillée qui assure une bonne disponibilité



Vers une integration du local et du global

Pour stabiliser les réseaux



Perturbation du réseau



Contribution rapide des réseaux voisins



Chaque reseau contribue avec ses machines tournantes



Le stockage distribué dans le réseau de distribution peut aussi contribuer



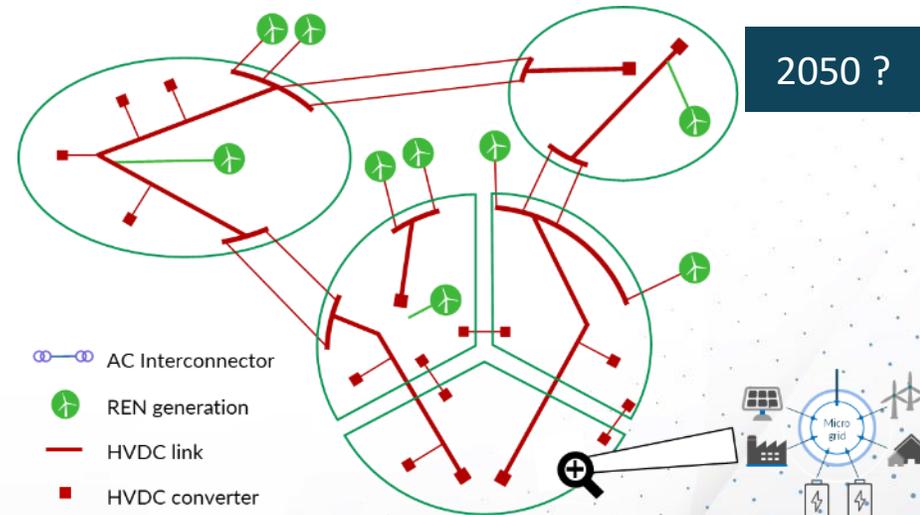
Des contrôleurs de réseau intelligents sont nécessaires pour maintenir la stabilité des réseaux (tension, fréquence, angle)

Une coopération nécessaire entre transport et distribution (production / stockage)



Un rôle clef pour les systèmes à courant continu dans les réseaux du futur

- Les corridors de puissance à Courant Continu seront des colonnes vertébrales en soutien au réseau AC de demain
- Leur développement est nécessaire à l'intégration massive de sources renouvelable d'électricité
- Ils auront un rôle clef pour transporter l'électricité, partager les réserves et stabiliser les réseaux
- Les réseaux de transport et de distribution ne doivent pas être opposés, mais converger vers un optimum de façon coordonnée

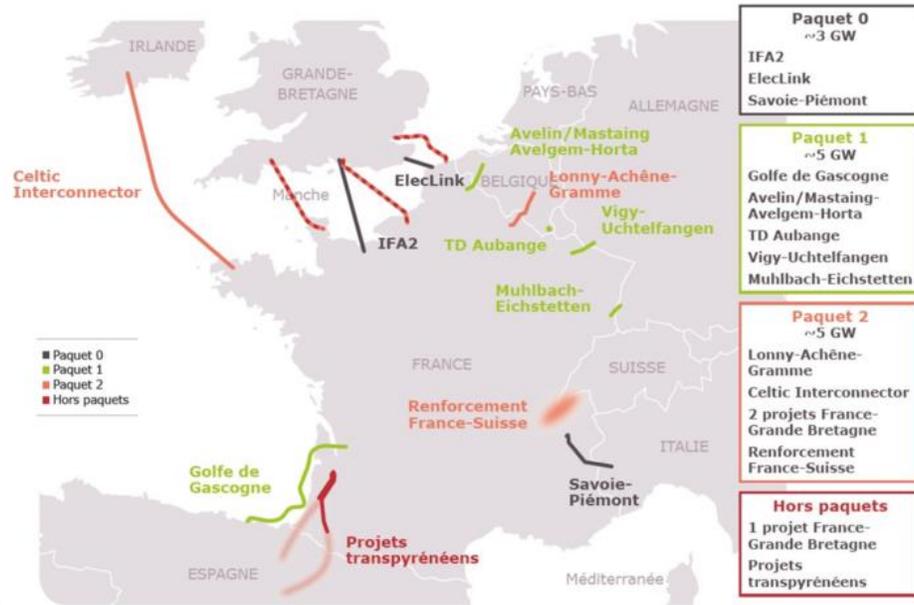




Une hybridation AC/DC en marche

Une intégration des ENR facilitée
par le développement des interconnexions

Mais des objets complexes



Station de conversion de la liaison Savoie-Piémont

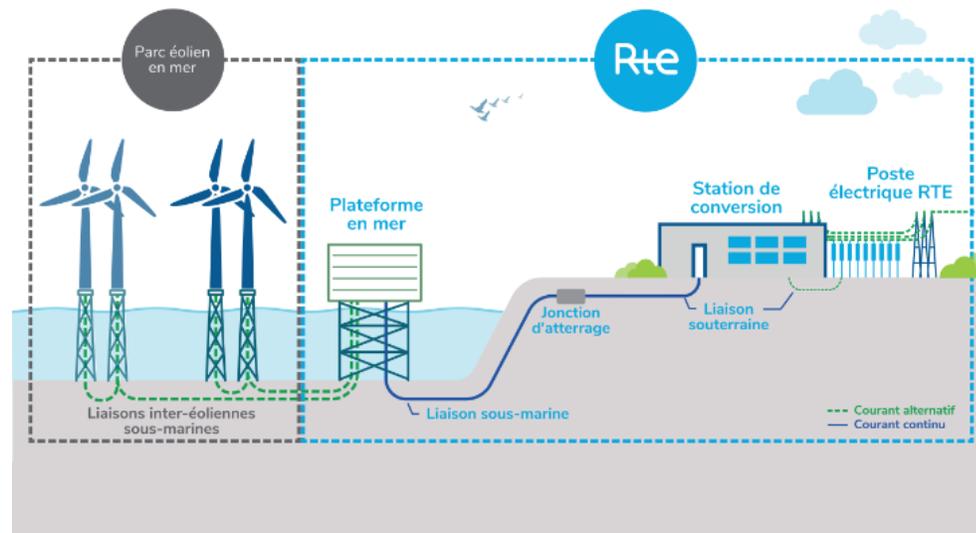
Des avantages réels, mais des enjeux d'intégration



Raccordement d'une ferme D'éoliennes en mer



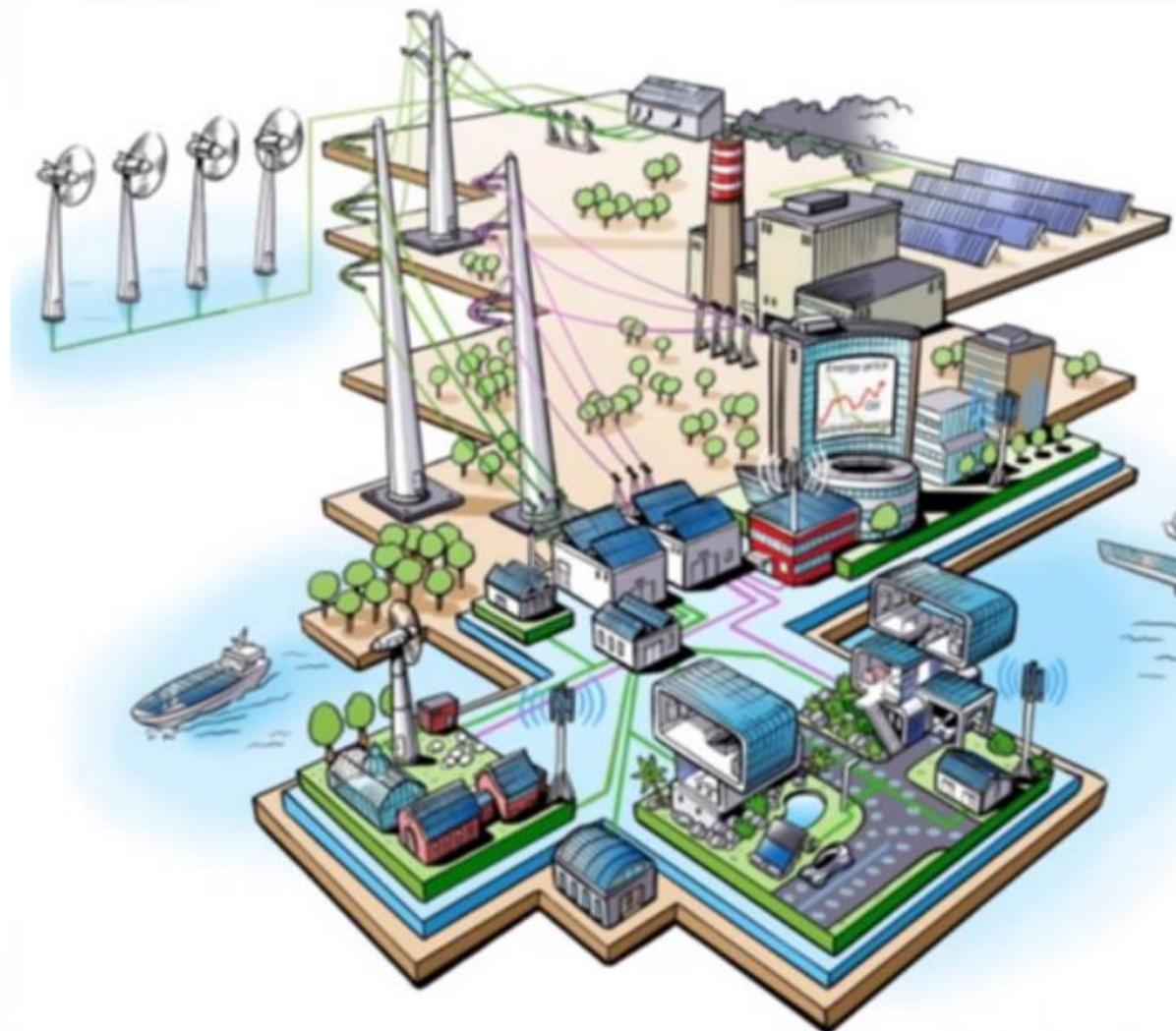
Principe de raccordement en courant continu



Un enjeu de sécurité, l'interaction entre des projets HVDC



Un réseau de plus en plus



Merci de votre attention

