



Stockage d'électricité : la vision et les ambitions d'EDF

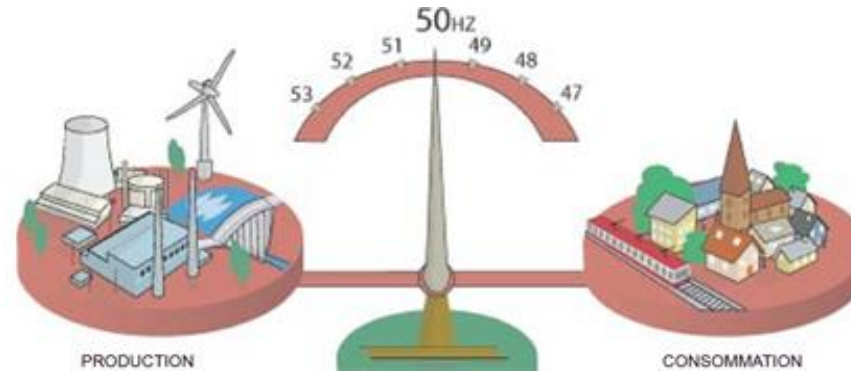
Etienne Briere, Directeur des programmes R&D ENR, stockage et H2

Think Tank IDées de la Fondation Tuck, 11/3/2019

LA VARIABILITÉ DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

Offre :

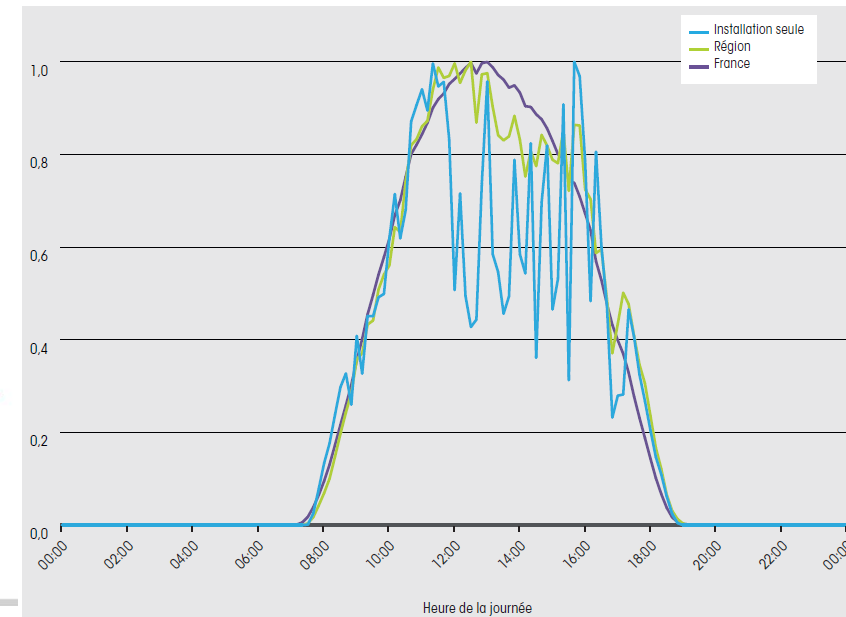
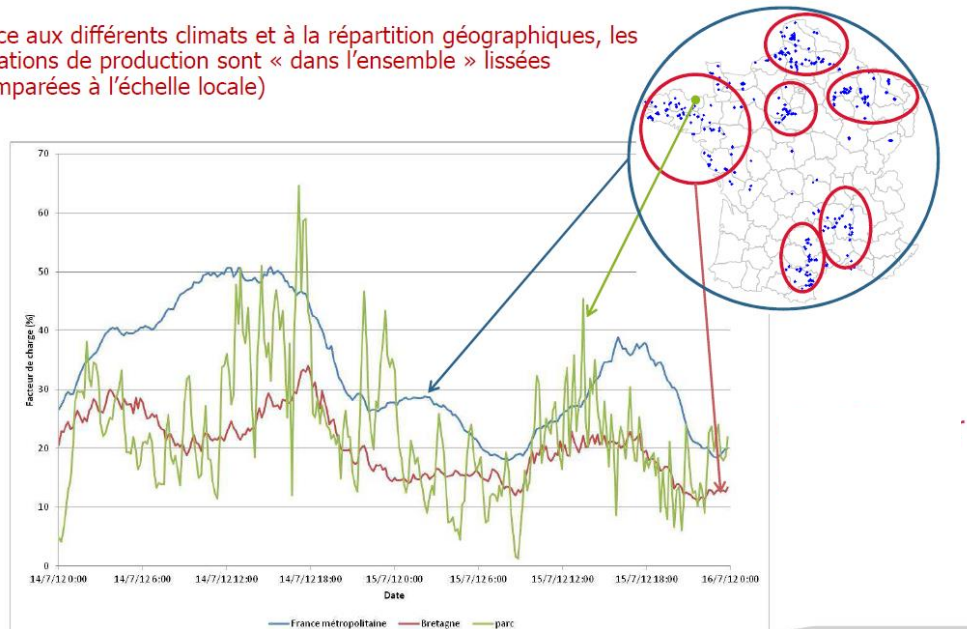
- Perte d'un moyen de production
- Perte d'une ligne d'évacuation
- Aléas techniques ou météorologiques
- Etc.



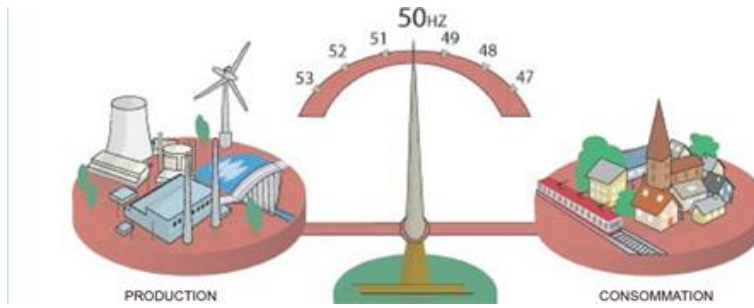
Demande :

- Thermo-sensibilité
- Conditions économiques
- Habitudes de consommation
- Nouveaux usages
- Etc.

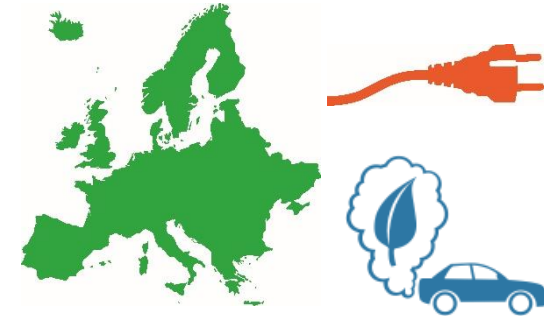
Grace aux différents climats et à la répartition géographique, les variations de production sont « dans l'ensemble » lissées (comparées à l'échelle locale)



DIFFERENTS LEVIERS POUR AUGMENTER LA PART D'ENR DANS LE SYSTEME ELECTRIQUE



Hausse des débouchés
interconnexions
électrification

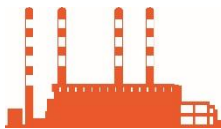


Déplacement de la demande



Flexibilité des moyens de production hydraulique

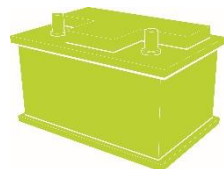
Manœuvrabilité des tranches nucléaires



Manœuvrabilité et Backup du thermique à flamme

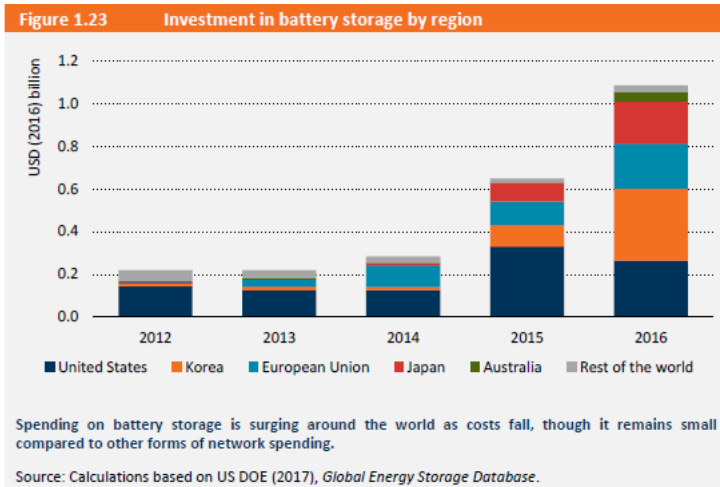
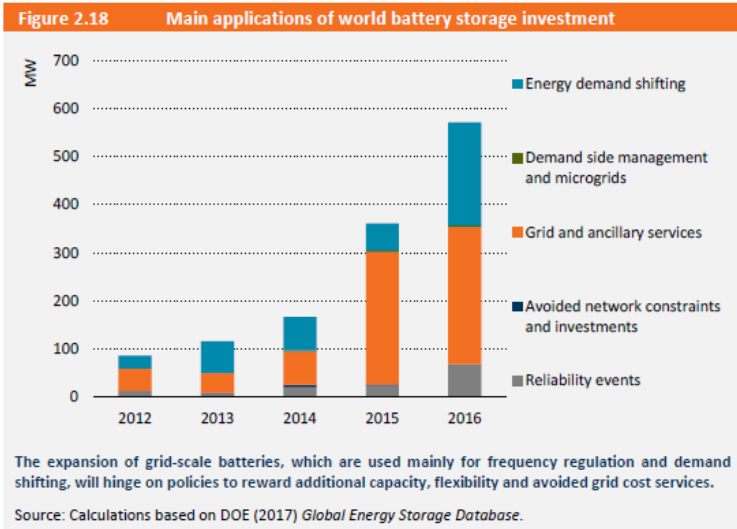


Ecrêtement des EnR

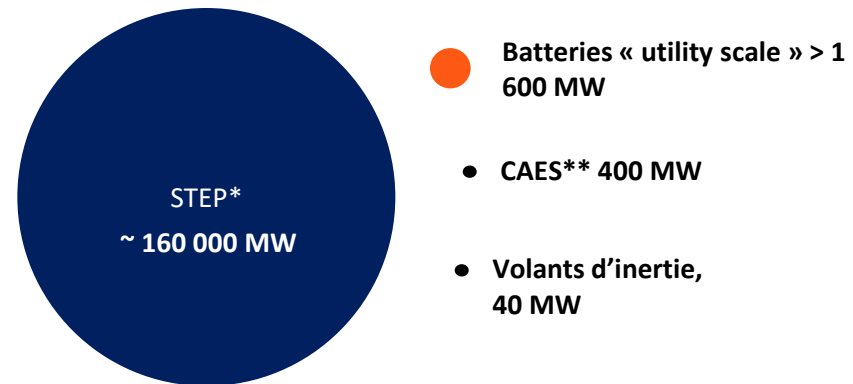


Stockage

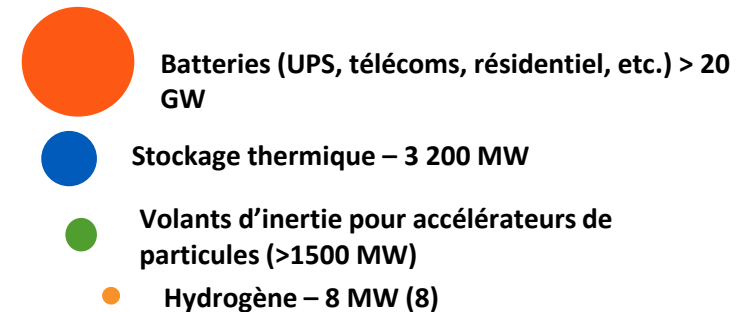
Le stockage est déjà une réalité : 96% de STEP, et un essor des batteries depuis 2015



Capacités de stockage « utility scale » dans le monde à fin 2016



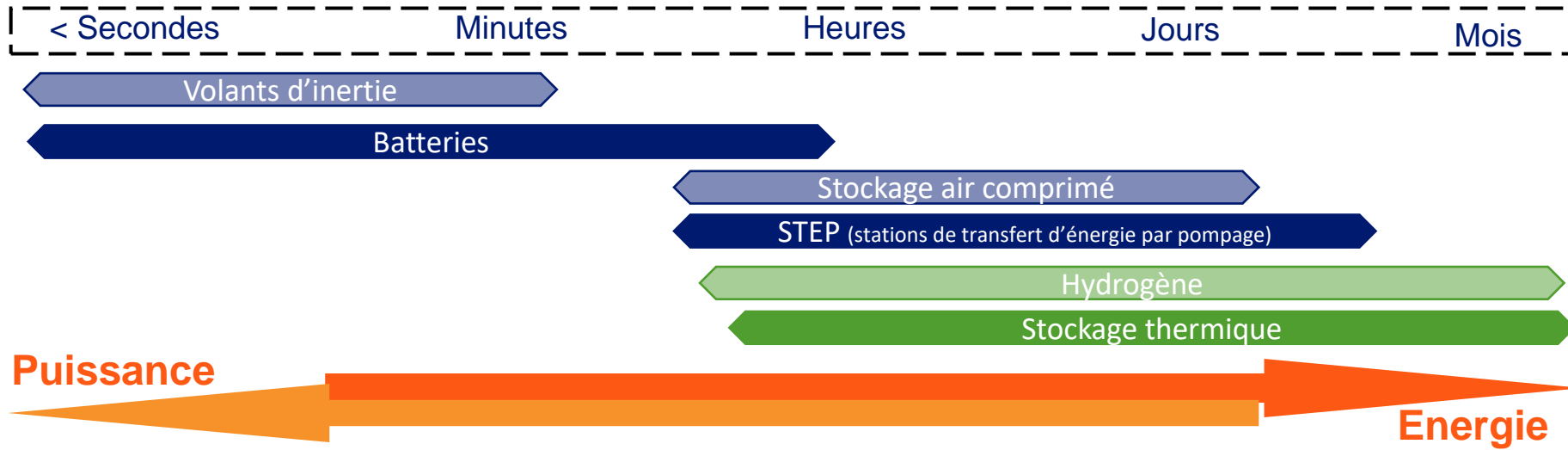
Autres stockages (estimations incertaines, fin 2016)



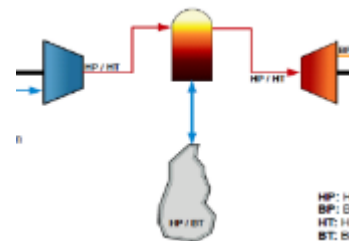
** STEP : Station de Transfert d'Énergie par Pompe

** CAES : Compressed Air Energy Storage

STOCKAGE : DES TECHNOLOGIES AUX USAGES ET MATURITÉS DISPARATES



Volants d'inertie Batteries Air comprimé Hydraulique

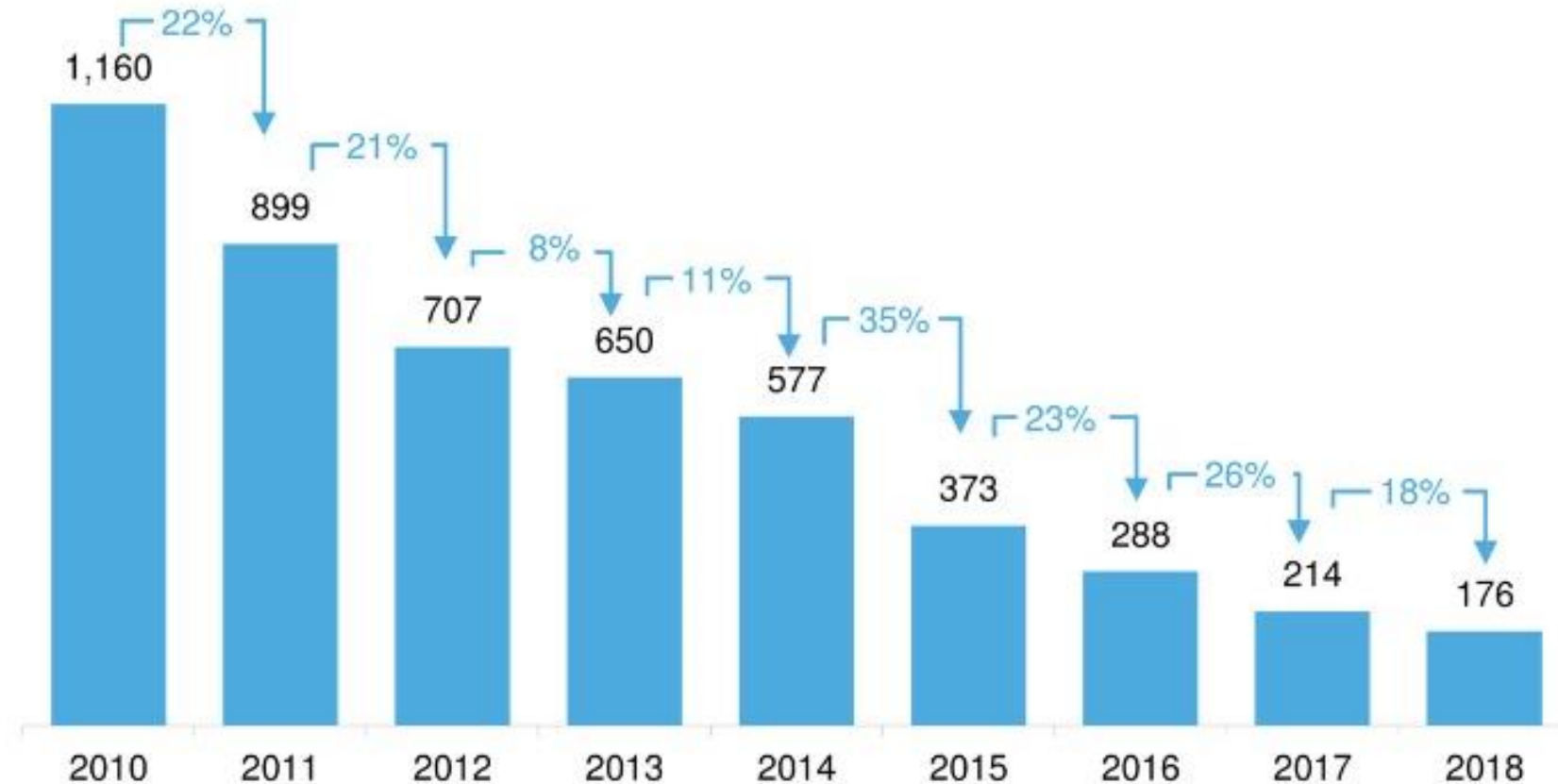


UNE MATURITÉ CROISSANTE DES BATTERIES OBSERVÉE CES DERNIÈRES ANNÉES

Coût des batteries divisé par 5 en moins de 10 ans

2018 Lithium-Ion Battery Price Survey

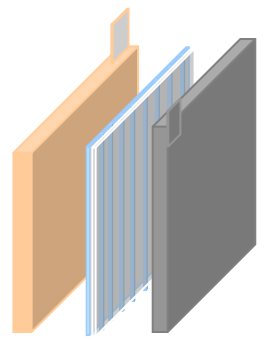
Battery pack price (real 2018 \$/kWh)



Source : Bloomberg New Energy Finance

De la cellule AU systeme complet

Centre de tests batteries et modules (P24)



Cellule
Env. 100 Wh



Module = plusieurs cellules
env.1kWh



Pack VE
5-300 kWh



Stockage domestique Qq kWh-kWh



Stockage massif MW-MWh



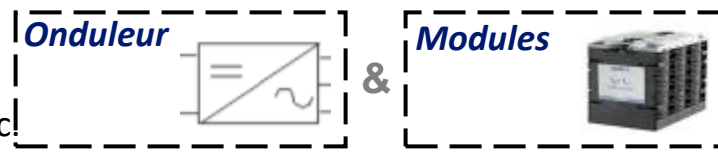
1 batterie = plusieurs modules + 1 système de gestion électrique + gestion thermique...

Critères clés

- Performances : nombre de cycles, puissance, énergie, rendement, etc.
- Sécurité : analyse de risque, impact environnemental
- Coût : CAPEX (parts énergie et puissance) & OPEX

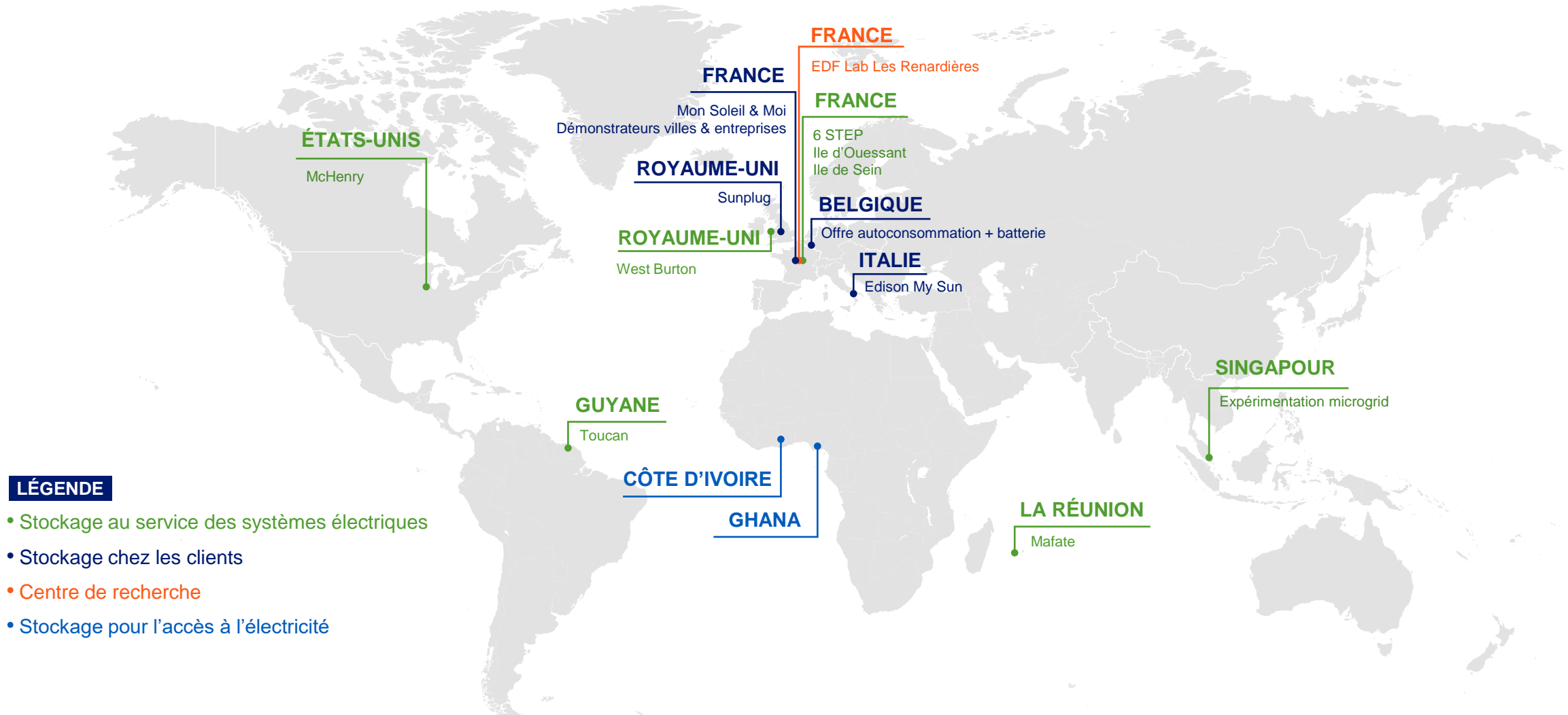


Les batteries stationnaires



LE PLAN **stockage** électrique

EDF RÉALISE ET EXPLOITE DES PROJETS SUR QUATRE CONTINENTS



LÉGENDE

- Stockage au service des systèmes électriques
- Stockage chez les clients
- Centre de recherche
- Stockage pour l'accès à l'électricité

LE PLAN STOCKAGE ÉLECTRIQUE D'EDF

+10 GW dans le monde d'ici 2035

1. Stockage au service des systèmes électriques



Monde

+2 GW de STEP
+4 GW de batteries

≈ 3% de part de marché

2. Offres de stockage pour les clients



G4

+4 GW de batteries

10-15% de part de marché

3. Accès à l'électricité



Afrique

1,2 million de clients

20% de part de marché

≈ 8 md€ d'investissements

70 M€
de R&D sur
2018-2020

X2

15 M€ investis
dans des start-
ups

NOS AMBITIONS SUR LE MARCHÉ DES SERVICES AUX SYSTÈMES ÉLECTRIQUES



Des solutions innovantes de stockage avec batterie dans plusieurs grands pays



Des solutions pour les « îles électriques » :

- Développement de territoires 100% ENR
- Développement de microgrids

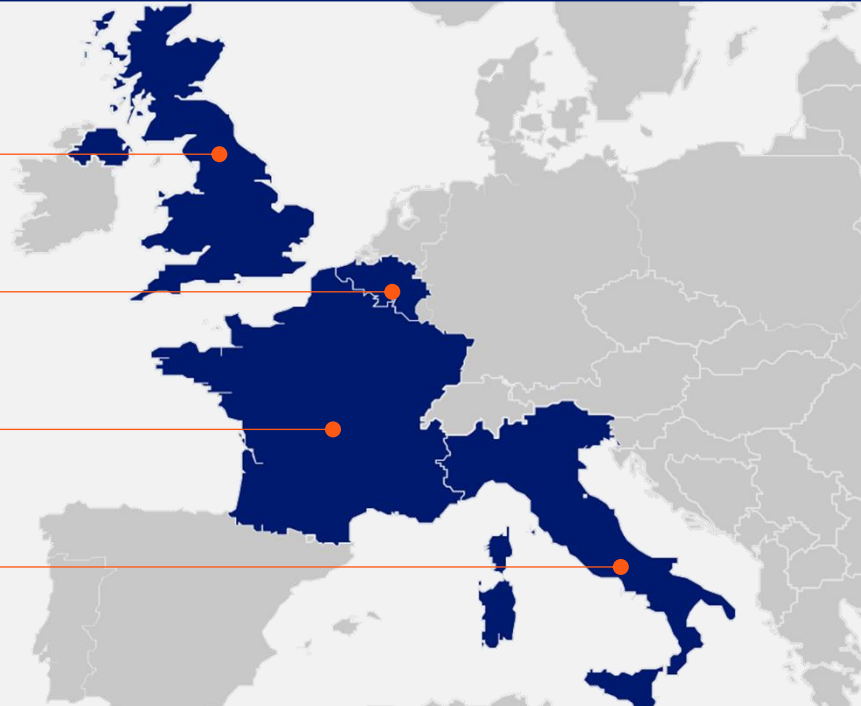
NOS OBJECTIFS

Dans les 12 mois :
mettre en service 3 projets de stockage par batterie dans le monde

D'ici à 2035 :
mettre en service 6 GW de stockage (STEP + batteries)

NOS AMBITIONS POUR LES CLIENTS

DES 1^{ÈRE} OFFRES EXISTANTES EN EUROPE



NOTRE AMBITION

ÊTRE LE LEADER EUROPÉEN
des offres d'autoconsommation
solaire + batterie (15% en France,
10% dans les autres pays cœurs)

D'ici à 2035 :

disposer de 4 GW de capacité de
stockage sur le marché des clients
particuliers, entreprises et territoires

NOS AMBITIONS POUR LES CLIENTS SUR LE MARCHÉ DES ENTREPRISES ET DES TERRITOIRES



Exemple : le projet d'autoconsommation collective dans le quartier Confluence à Lyon

Développer des solutions adaptées pour accompagner la performance énergétique des industriels et la transition énergétique impulsée dans les territoires.

NOTRE OBJECTIF

D'ici à 2035 :

disposer de 4 GW de capacité de stockage sur le marché des clients particuliers, entreprises et territoires

Le marché du « **Vehicle to Grid** » :

- 2035 : **17 millions*** de véhicules électriques estimés en France, au Royaume-Uni, en Italie et en Belgique
- L'enjeu, **lisser la charge sur les réseaux** : 1 million de véhicules électriques dont la charge n'est pas pilotée = 1 à 2 GW d'appel de puissance à la pointe de consommation
- La batterie du véhicule électrique sera un moyen de **stocker de l'électricité** et de contribuer aux besoins du réseau

OBJECTIFS

4 000

bornes intelligentes
déployées d'ici 2020

1,5 M

de véhicules avec charge
pilotée d'ici 2035 = 25% de
parts de marché

* Projection EDF sur ses quatre plus grands marchés européens



FOCUS R&D

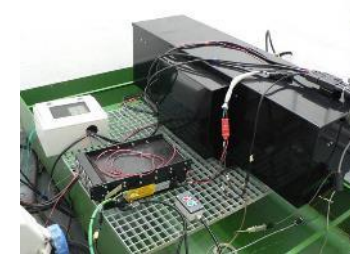
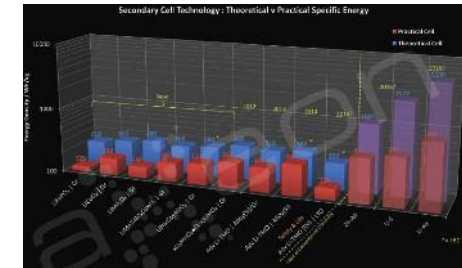
BATTERIES : ACTIVITÉS R&D

1- veille active sur les performances économiques et techniques des batteries pour applications EDF et leur évolutions à court, moyen et long termes (modèle de coût de batterie, modèle ACV...)

2- Essais et études sur les batteries pré-commerciales et innovantes ; tests en labo et en situation réelle, évaluation des pistes de réduction des risques en interne groupe EDF ou avec nos partenaires

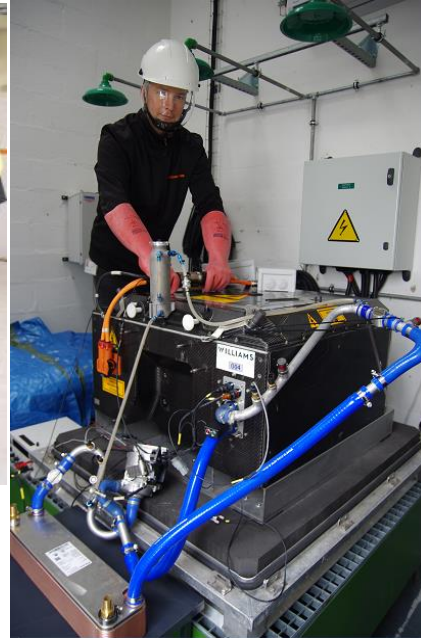
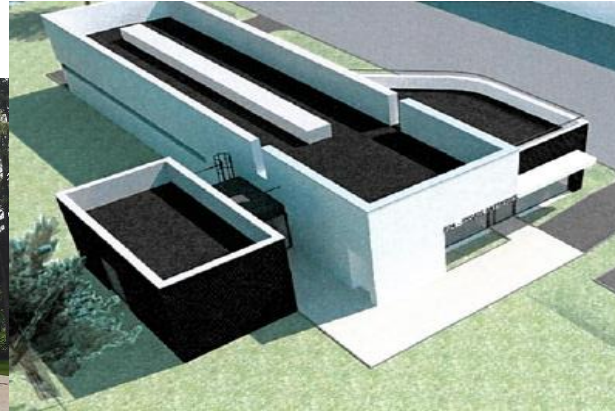
3- Test de laboratoires pour évaluer le vieillissement des batteries et analyses physico-chimiques post mortem pour déterminer les mécanismes de dégradation des performances

4- Evaluation des nouvelles technologies de stockage électrochimique (supercapacités, batteries tout solide, batteries à flux...) , voire développement technologique bas TRL (Zn-Air, ...)



EDF ACTIF POUR FAIRE ÉMERGER LES INNOVATIONS LIÉES AU STOCKAGE ÉLECTRIQUE

Tests batteries Pack VE, secours /
résidentielles / tertiaires



Tests de systèmes stationnaires de grande
taille sur *Concept Grid*



Laboratoire d'autopsie des
batteries

ZNR BATTERIES, STARTUP ISSUE DES LABOS DE R&D D'EDF, PRÉSENTE : LES NOUVELLES BATTERIES ZINC-AIR POUR LE STOCKAGE STATIONNAIRE



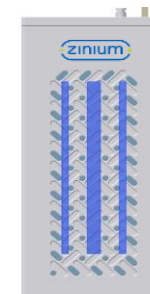
Technologie et produits

- Batteries rechargeables de technologie **zinc-air** à cycle lent (charge en 6h)
- Performantes, sûres, propres, économiques (cible < 100€/kWh au niveau cellule)
- Cible : systèmes de stockage stationnaire couplés à production PV, qq kWh à MWh
- Marchés visés : autoconsommation dans des pays en transition énergétique (Europe, USA..), ou systèmes off-grid (y compris pays en développement)



Etat d'avancement

- Cellules zinc-air première génération : densité énergétique déjà > 50 Wh/kg
- >3200 cycles partiels au niveau cellule, 1500 cycles prouvés à 100% DoD
- Premier module prototype en 2017 : 1 kWh, 30 cellules zinc-air, BMS spécifique
- Laboratoire-atelier de fabrication opérationnel 2018, capacité 3000 cellules/an
- Premier démonstrateur de système de stockage résidentiel en opération depuis mi-2018

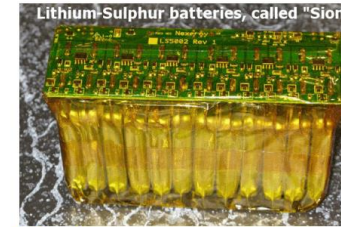


Partenaires R&D



LES TECHNOLOGIES FUTURES POUR ALLER AU DELÀ

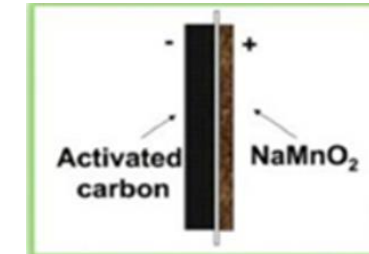
- Nouvelles générations de batteries au lithium : tout solide, lithium sulfure...
- Une batterie sodium ion organique ou en solution aqueuse pour certaines applications (stationnaires et puissance)
- Batteries métal-air (Zn-air, organique ou en solution aqueuse Li-air ..)
- Nouvelles générations de systèmes Red-Ox, nouveaux concepts à suivre, nombreuses star-up
- Nouvelles générations de « super condensateurs » CNT et graphènes fonctionnalisés



	NiMH (27 kWh)	Li-ion (30 kWh)	LiS (54 kWh)	LiS (70 kWh)
Driving Range (miles)	81	94	170	226
Total Module Weight (lbs)	995	600	475	426
Total Module Volume (cu ft)	6.7	6.7	6.7	6.7



Oxis EV battery is targeted to provide energy density 400Wh/kg, cost \$250/kWh



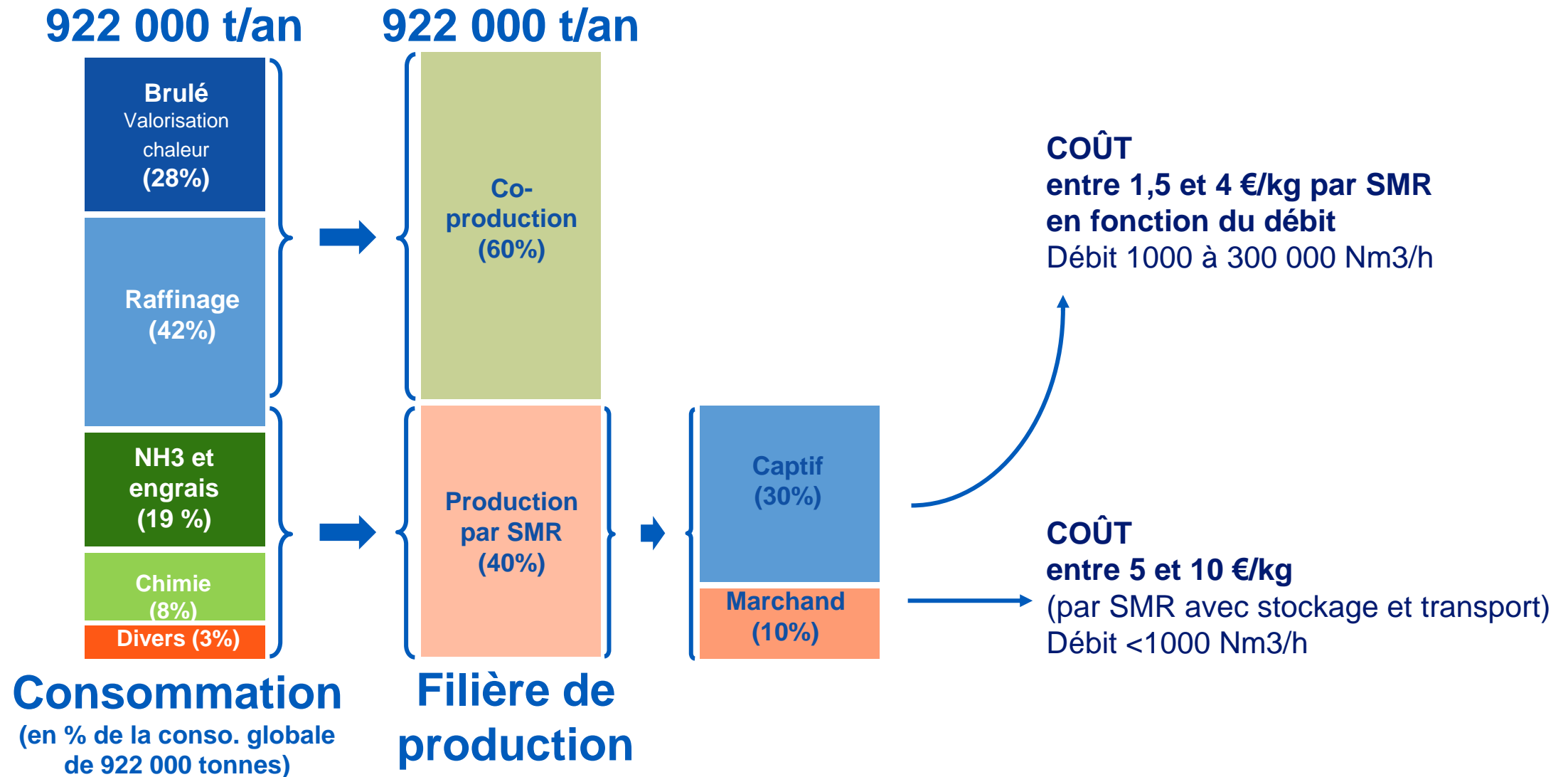
BATTERIES : QUELQUES VEROUS TECHNOLOGIQUES

- Sûreté, même dans des situations extrêmes
- Accroissement de la densité énergétique $>+50\%$
- Réduction signification du coût du kWh utile, ($<80\text{€}/\text{kWh}$ @EV pack level)
- Cycles de charges >5000 , durée de vie >15 ans
- Charge rapide (principalement pour VE), charge complète en moins de 10 min
- Contrôle et diagnostic du vieillissement
- Seconde vie des batteries à un coût et une sûreté acceptables
- Faibles émissions de CO₂ à la fabrication, matériaux durables, recyclables, s'assurer d'un cycle de vie vertueux,



**PROJET HYDROGÈNE
DU GROUPE EDF:
VISION ET AMBITION
DU GROUPE EDF**

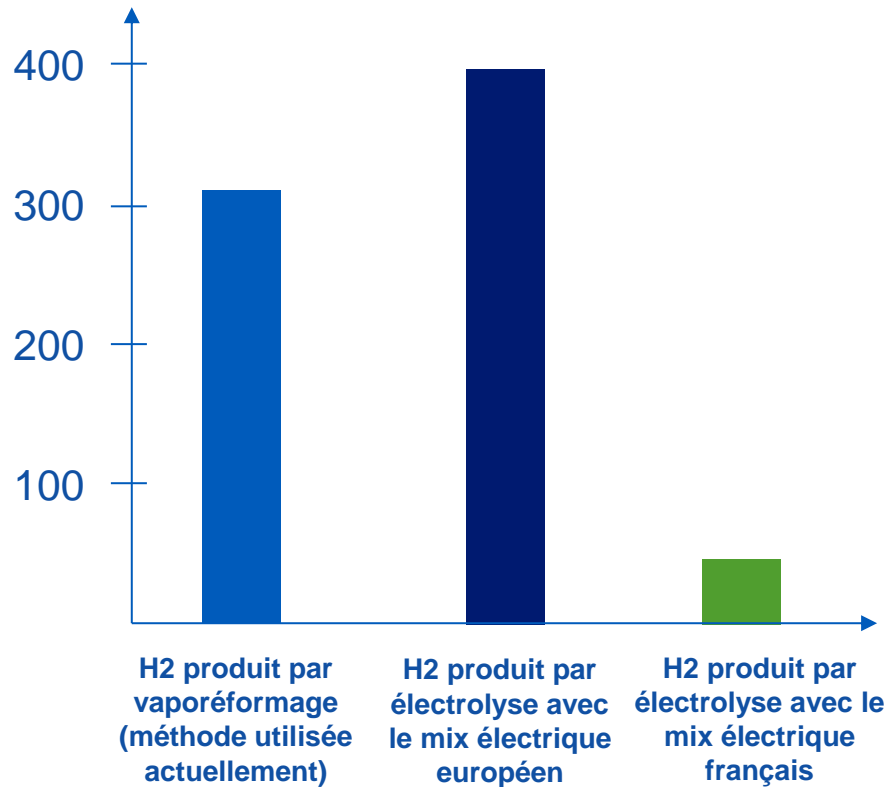
VISION GLOBALE DU MARCHÉ DE L'HYDROGÈNE EN FRANCE



L'HYDROGÈNE PEUT ÊTRE UN VECTEUR DE DÉCARBONATION S'IL EST LUI-MÊME PRODUIT À PARTIR D'UN MIX ÉLECTRIQUE DÉCARBONÉ

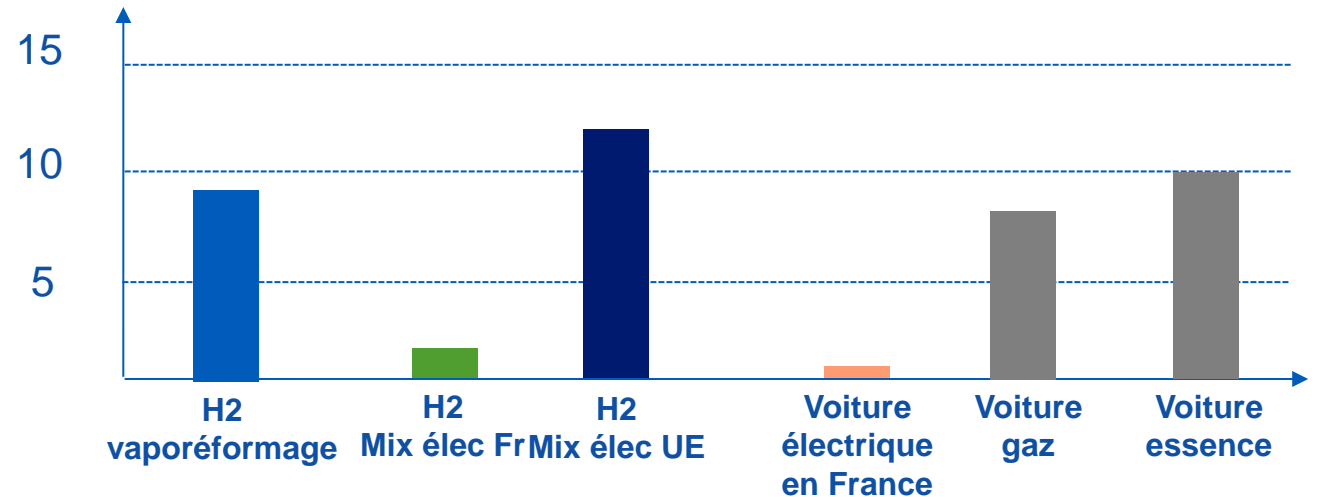
EMISSIONS DE DIFFÉRENTES FILIÈRES DE PRODUCTION D'HYDROGÈNE

gCO₂/kWh PCS



EMISSIONS VÉHICULES INDIVIDUELS

kgCO₂/100 km



Disposer d'un portefeuille long-terme décarboné constitue un avantage concurrentiel

HYDROGÈNE BAS CARBONE : UN NOUVEAU MARCHÉ POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

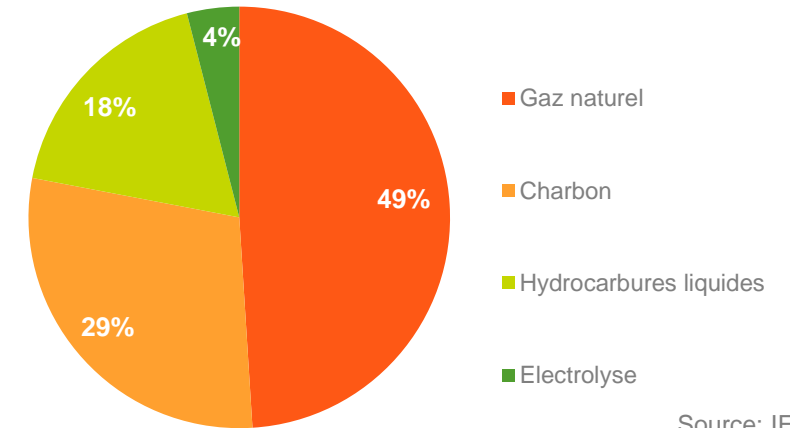
- L'hydrogène bas carbone est un marché naissant qui intéresse de nombreux acteurs.



- Bien que la production soit actuellement encore très carbonée...

- ... l'hydrogène bas carbone est un vecteur d'énergie pour un avenir bas carbone.

Moyens actuels de production d'hydrogène



Source: IFPEN

Projections du marché français de l'hydrogène bas carbone

	Chiffre d'affaires	Emplois
2030	8,5 Md. €	40 000
2050	40 Md. €	150 000

Source: AFHYPAC

... Jusqu'à 20 % de la demande d'énergie finale en 2050
 ... Jusqu'à 55 Mio. t CO₂ évitées en 2050

EDF, ACTEUR LÉGITIME SUR LE MARCHÉ NAISSANT DE L'HYDROGÈNE BAS CARBONE

- ❑ L'hydrogène est un vecteur-clé pour la transition énergétique, à **condition d'être produit sans émettre du CO₂**
- ❑ Pour ce faire, l'outil principal est **l'électrolyse à base d'électricité décarbonée**
- ❑ EDF, **leader mondial de la production d'électricité bas carbone**, a donc un intérêt naturel et une posture légitime sur ce marché.

merci