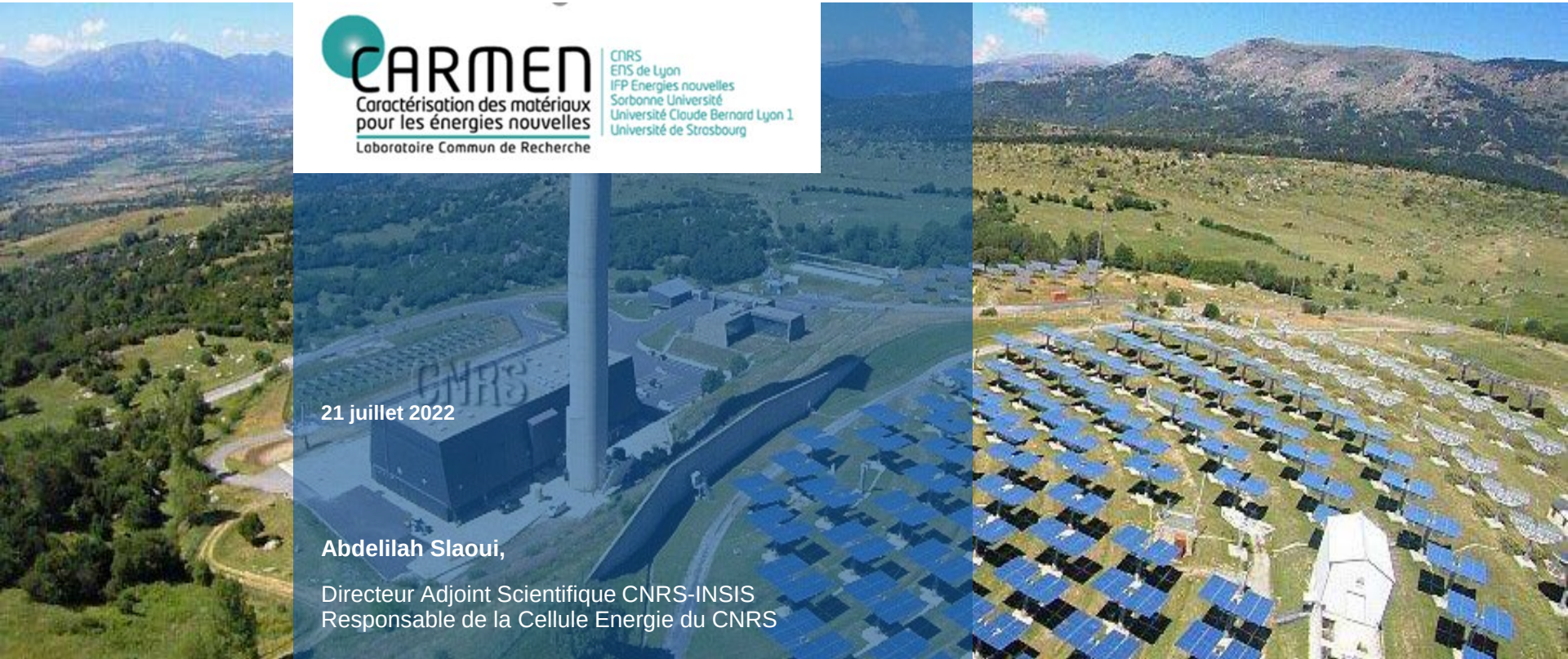
THÉMATIQUES SCIENTIFIQUES STRUCTURANTES POUR LE CNRS DANS LE DOMAINE DES ÉNERGIES NOUVELLES

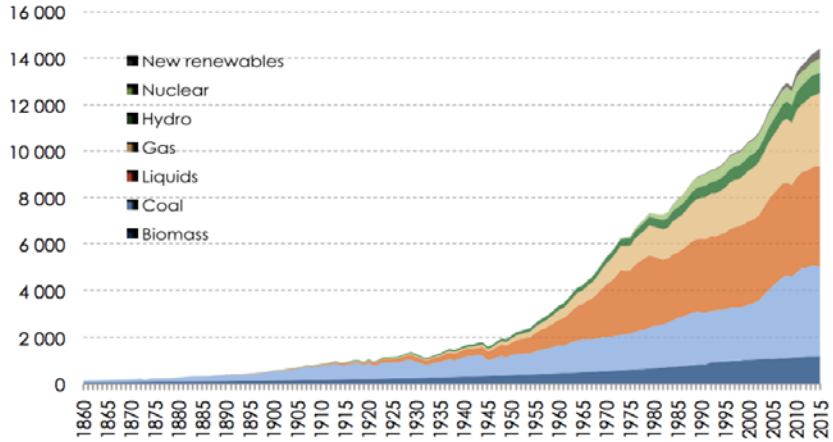


21 juillet 2022

Abdelilah Slaoui,

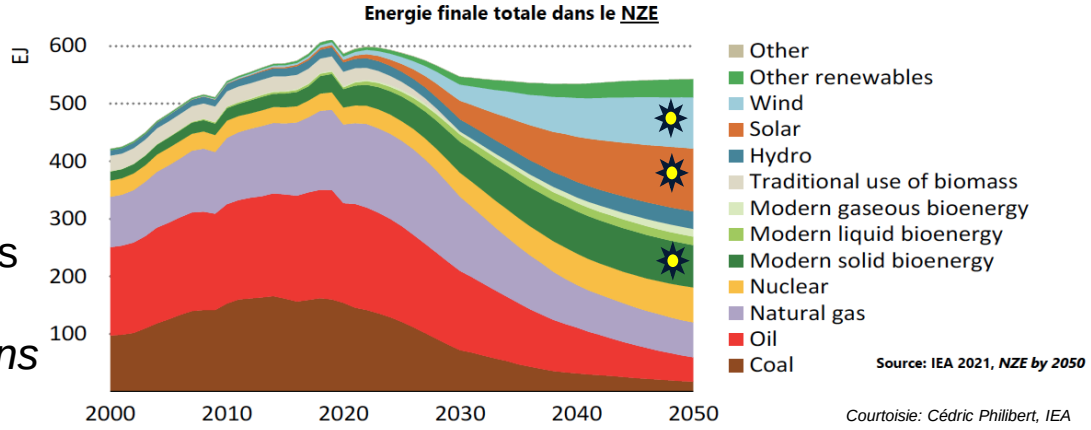
Directeur Adjoint Scientifique CNRS-INSIS
Responsable de la Cellule Energie du CNRS

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : *MYTHE OU RÉALITÉ !*



Il n'y a pas eu de transition énergétique dans le passé !!

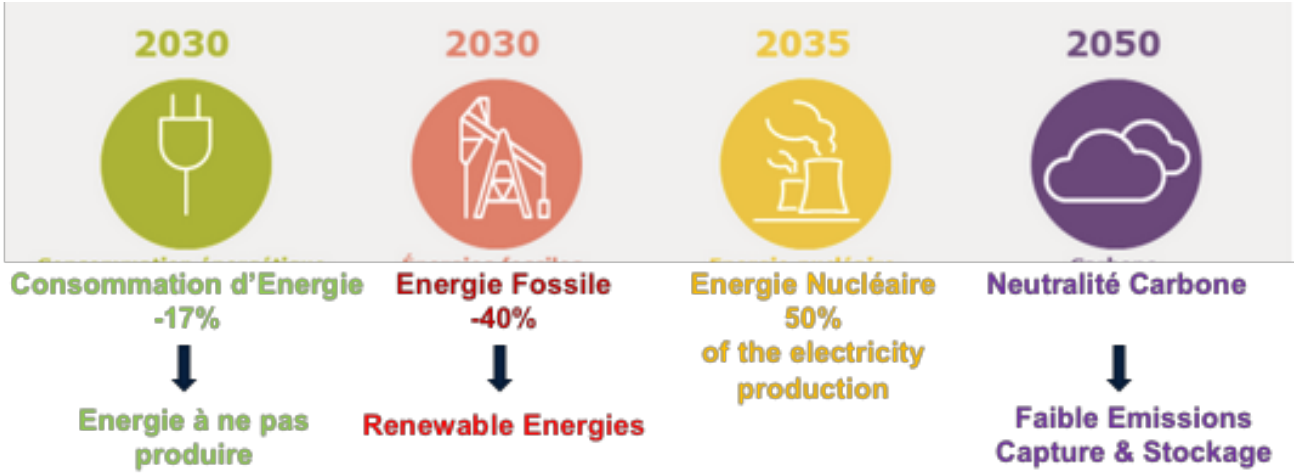
Un scénario nette d'émissions nettes nulles en 2050 !!
Eolien, Solaire, Biomasse dans peleton de tête



Courtoisie: Cédric Philibert, IEA

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : *DES CHIFFRES ET CADRES!!*

Objectifs de la Politique Energétique en France (LTECV)



Cadre:

- ✓ Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC)
- ✓ Programme Pluriannuelle de l'énergie (PPE)
- ✓ Stratégie Nationale de la Recherche Energétique (SNRE)
- ✓ **CNRS :** ➔ ***Cellule Energie*** *(>2012)*
  ➔ ***Défis COP « Transition Energétique »*** *(2019-2023)*

Thèmes de recherches sur l'énergie / unités CNRS

R&D dans unités CNRS

+280
Laboratoires impliqués sur une thématique de l'énergie

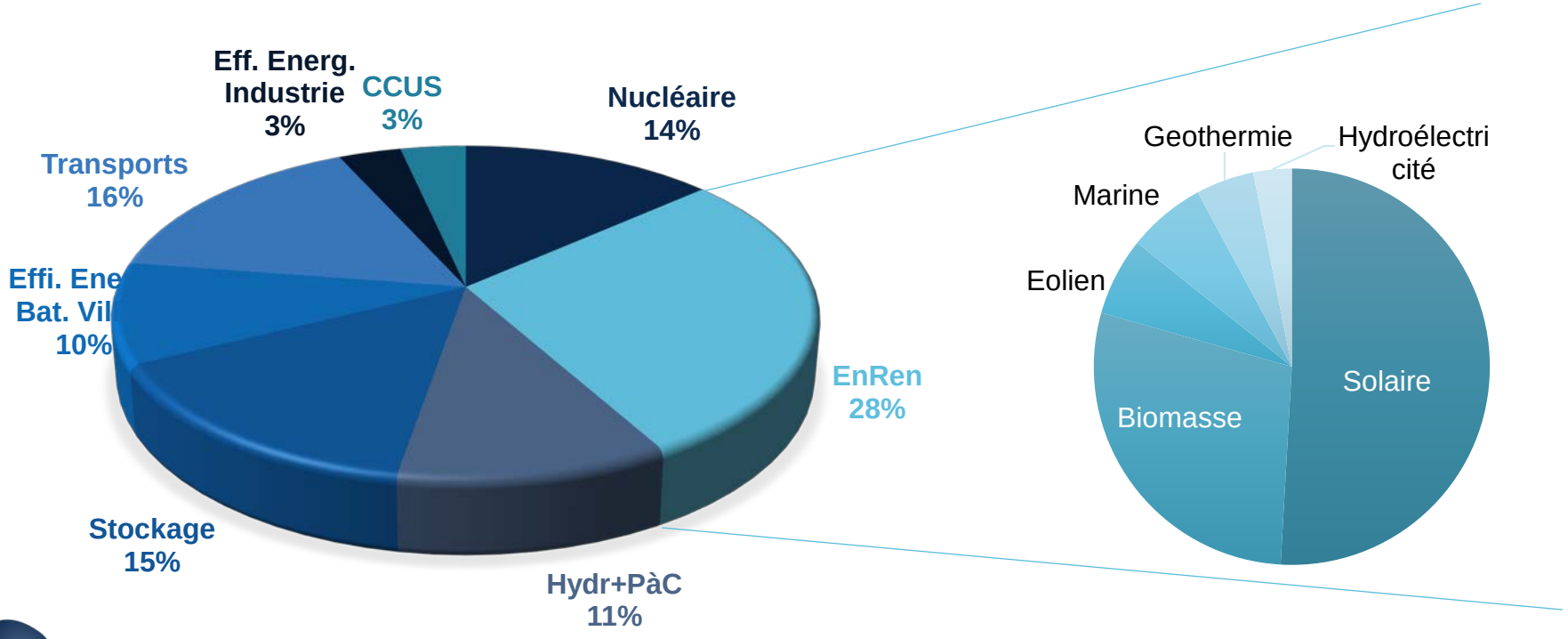
+4600
Chercheurs & Enseignant-chercheurs

+50
Fédérations / Groupements de laboratoire avec une application directe dans l'énergie

+140
Start-up // Energie

Activités des unités CNRS dans l'Energie
Répartition par thèmes

Total Energie (en 2020) : **4760 ETPT**



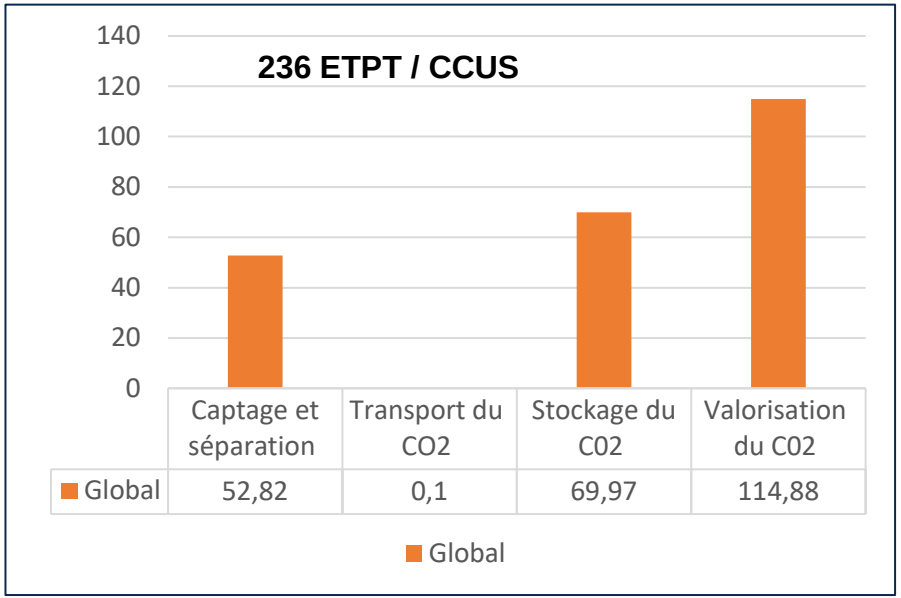
Source: Enquête Energie du CNRS - 2021.

Le CNRS et la transition énergétique :

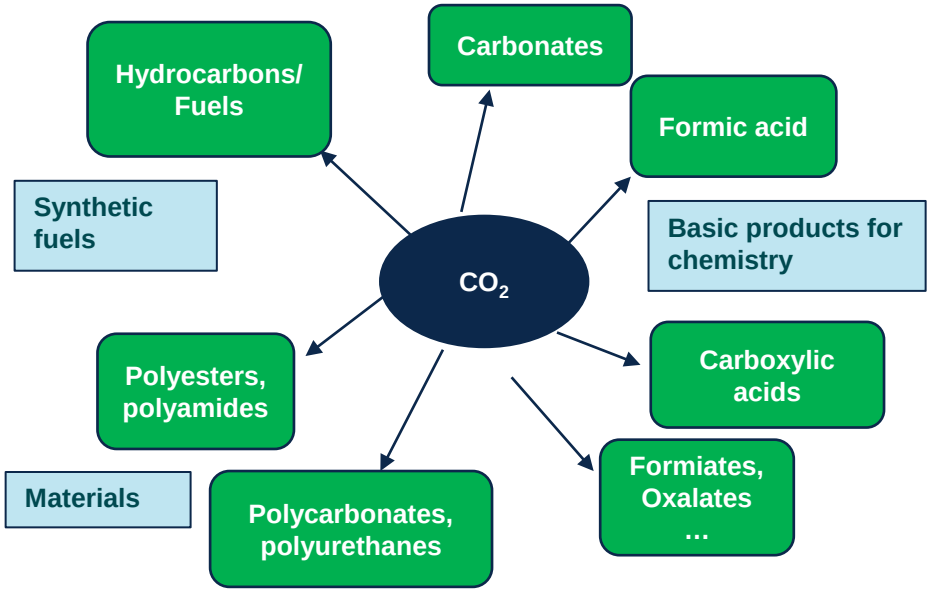
- **La décarbonation** *(industries lourdes, bâtiments, transports…)*
- **L'Hydrogène** *(production ➔ implémentation)*
- **Les énergies renouvelables** *(solaire, éolien, …)*
- **Les bâtiments intélligents**
- **Les réseaux connectés**

Décarbonation / *verrous recherche*

- **Captage-Stockage-Valorisation**
- **Optimisation des procédés**
- **Utilisation de H2 vert**

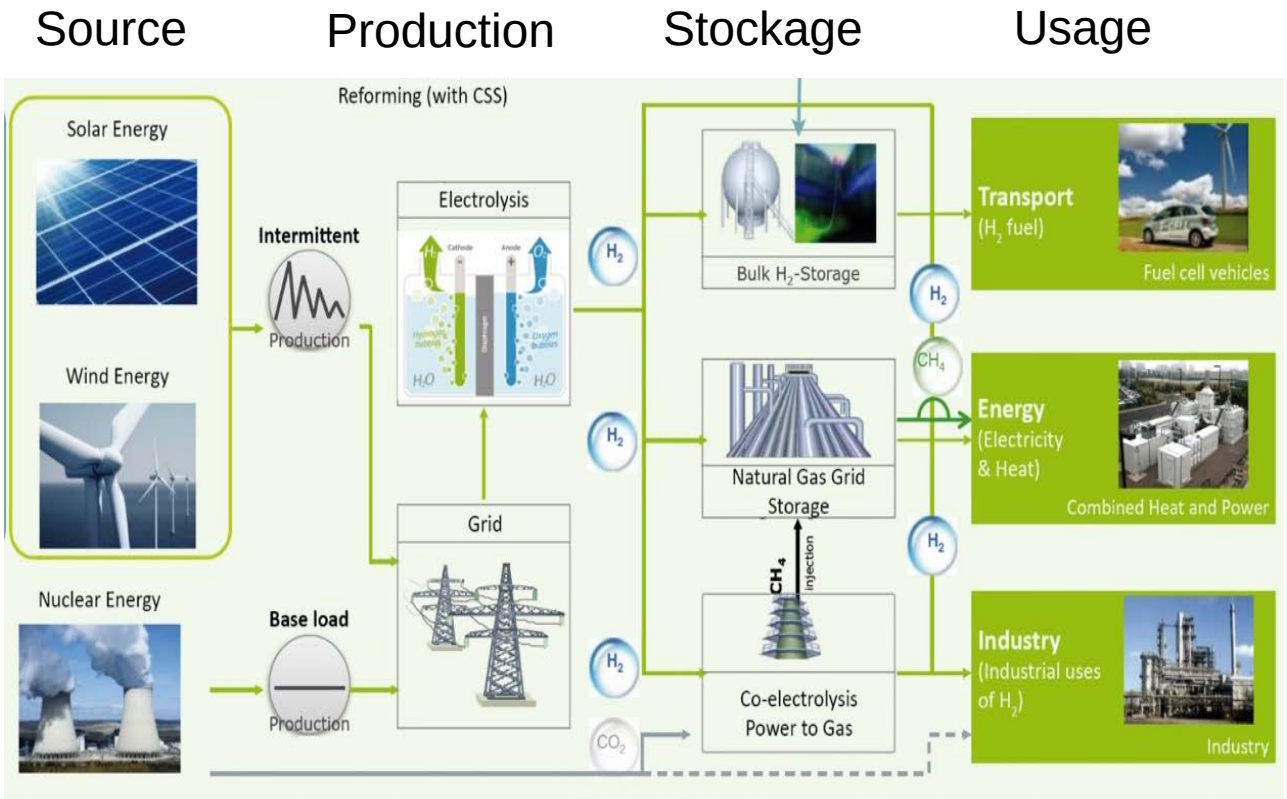


Valorisation du CO2



PEPR Décarbonation de l'industrie; *pilotes CNRS + IFPEN*

La transition par l'Hydrogène décarboné



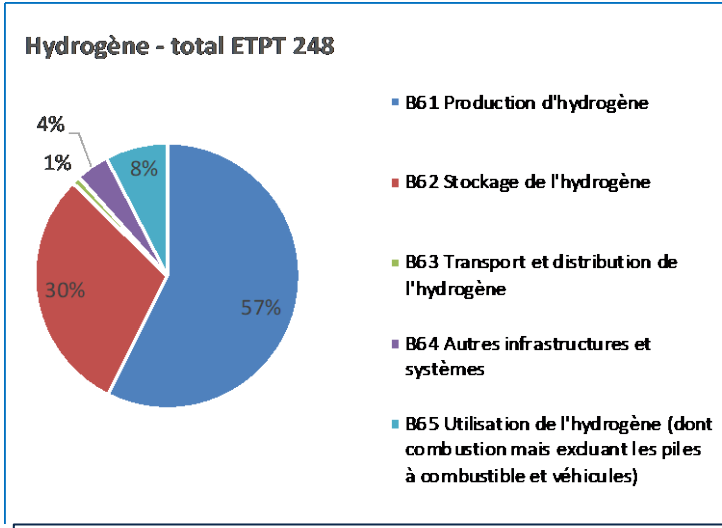
L'hydrogène décarboné au service de l'industrie, de l'énergie et du transport

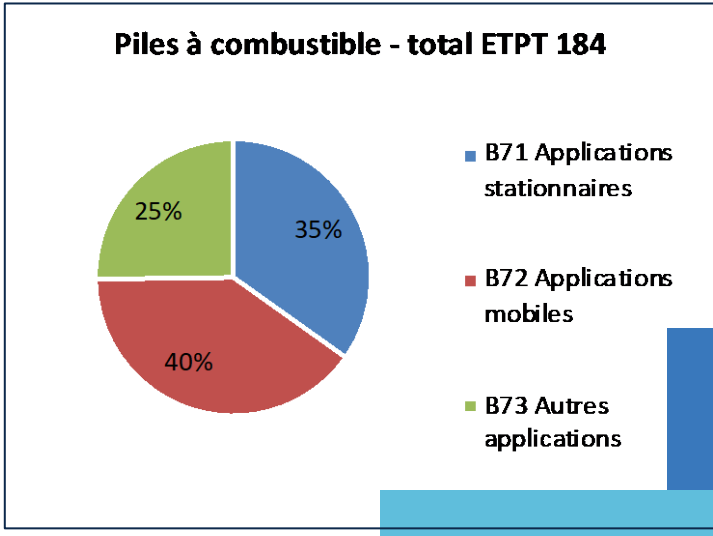
Structuration de la recherche sur l'hydrogène

- ✓ **25 Unités de recherches (UPR, UMR CNRS)**

- ✓ **Fédérations de Recherche & réseaux**
  - FR-H2 (1 janv. 2020)
  - GDR Solar fuels
  - Plateformes de tests de PAC : FCLAB (Belfort) , LAPLACE (Toulouse)
  - ***PEPR-Hydrogène décarboné***

- ✓ **Recherche partenariale**
  - Participation du CNRS France Hydrogène
  - Plusieurs collaborations industrielles





La Recherche sur l'Hydrogène décarboné

PEPR-H2

Production

- ✓ **Electrolyses HT, BT ; *anionique,protonique … (PEMWE, SOEC, AEMWE)***
- ✓ **Photo(electro)catalyse**

Stockage & transport

- ✓ **Stockage dans matériaux solides**
- ✓ **Stockage hyperbare**
- ✓ **Stockage liquide**

Conversion

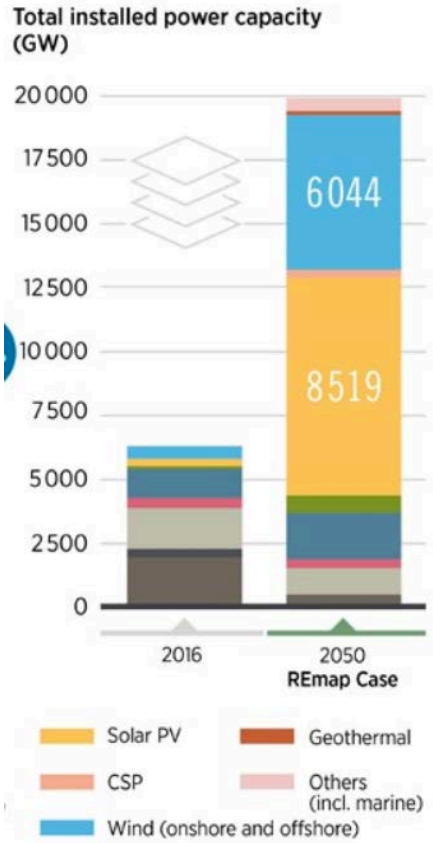
- ✓ **PAC : PEMFC, SOFC**
- ✓ **Management du système H2**
- ✓ **Combustion de l'hydrogène**

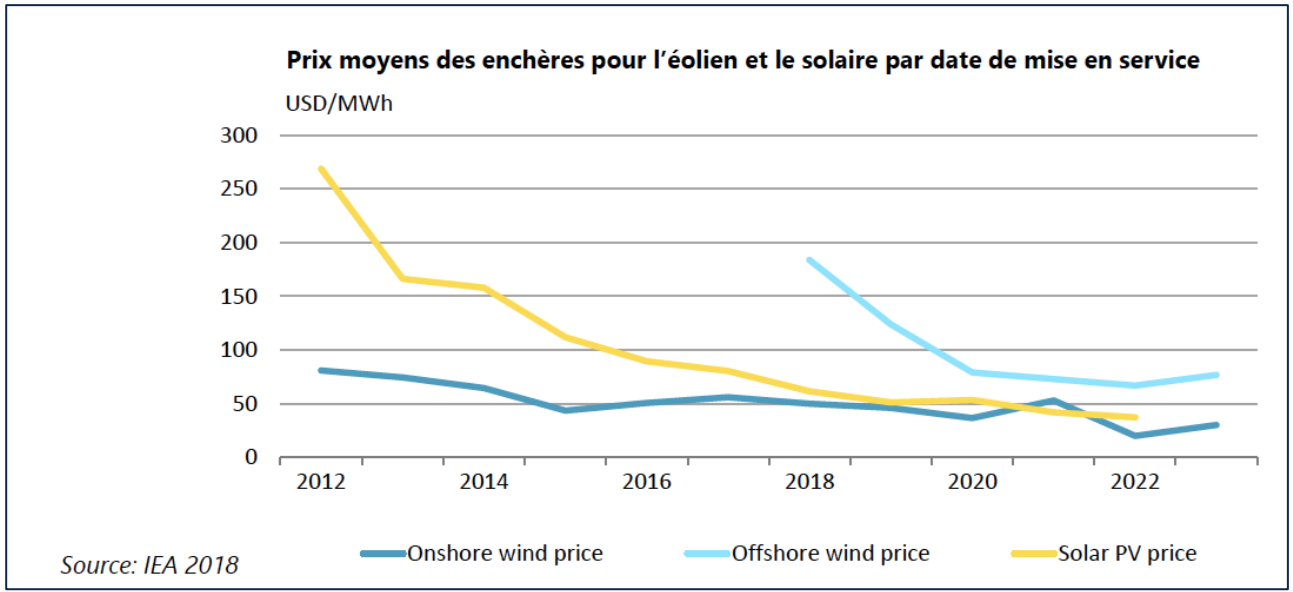
Implémentation

- ✓ **Analyse de cycle de vie; ressources; recyclabilité; Impacts environ.**
- ✓ **Analyses socio-économiques; aide à la décision**
- ✓ **Sécurité, régulation…**

Matériaux - Procédés - Caractérisations

La transition par les énergies renouvelables

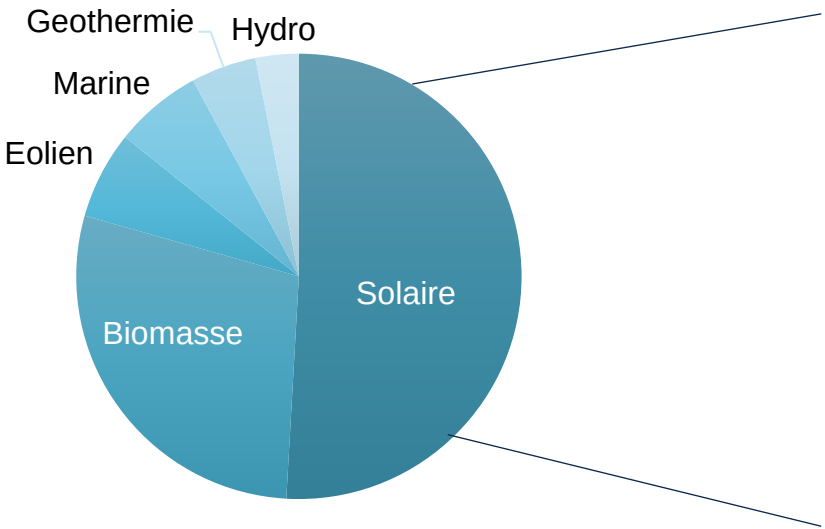


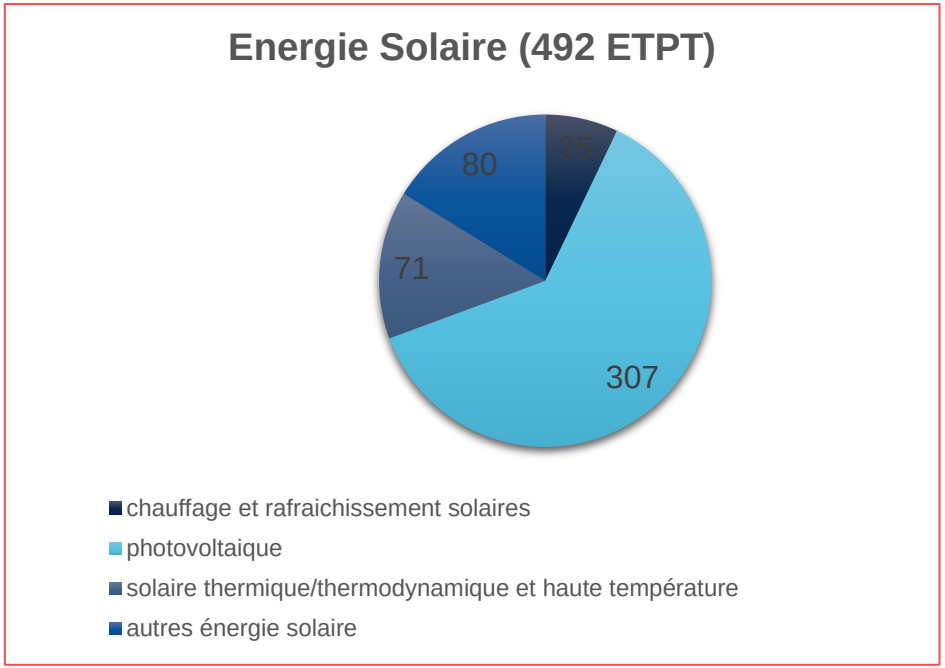


Courtoisie: Cédric Philibert, IEA

La transition par le Solaire Photovoltaïque

1420 ETPT unités CNRS / EnRen



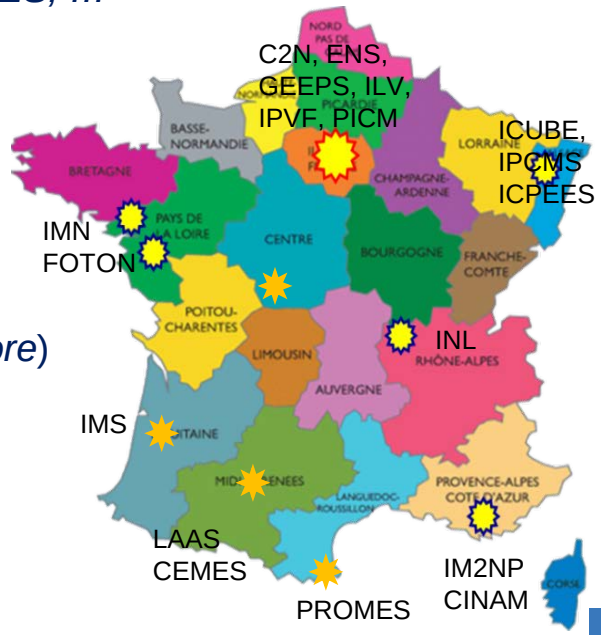


Structuration de la recherche au CNRS sur le PV

- ✓ **32 research labs (UPR, UMR CNRS)**
  - *C2N, FOTON, GEEPS, ICUBE, IMN, IMN2P, INL, PICM, PROMES, …*

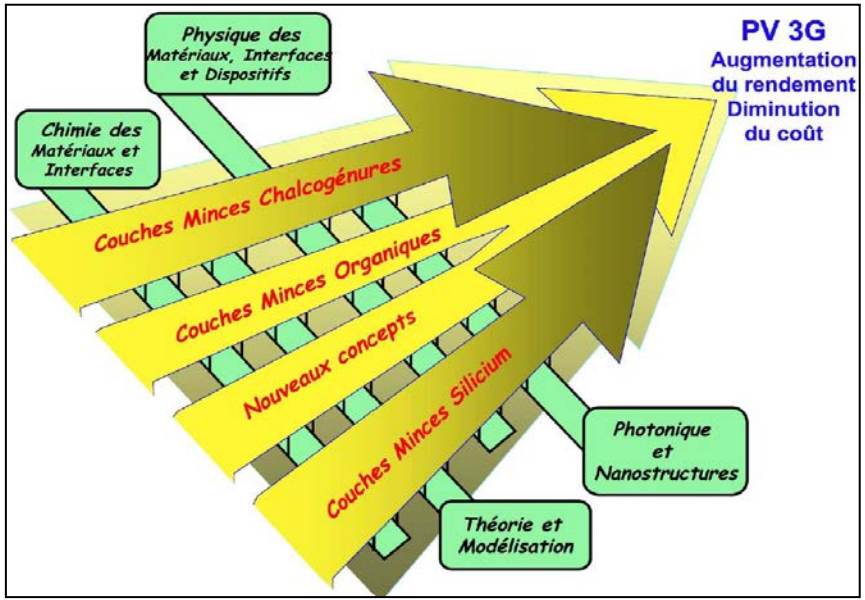
- ✓ **Research federations and Networks**
  - *Fédésol: from Solar Thermal to solar building*
  - *FedPV: Photovoltaics*
  - *GDR HPERO : Perovskites*
  - *Network Nanorgasol: organic PV & Hybrids*
  - *Next-PV: International Joint lab with Univ. of Tokyo*
  - *ENERGIES: International Research Network with NTU (Singapore)*

- ✓ **Public-Private Partnerships**
  - IPVF : *CNRS – TOTAL – EDF – HORIBA– Air Liquide- Riber*
  - PVSixT : *CNRS – Polytechnique - TOTAL*



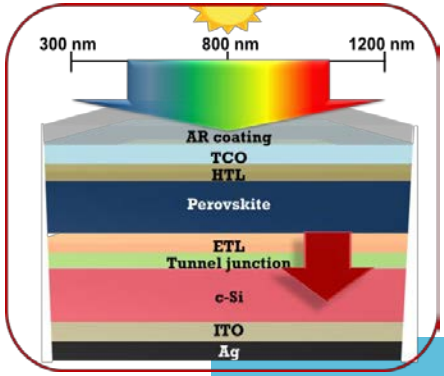
- ✓ **Collaborations:**
  - Europe: *ENEA, EPFL, ETH Zurich, FhgISE, HZB, IMEC, ZSW, Univ Cambridge…*
  - International : *AIST, MIT, QERRI, NTU, Univ Tokyo…*
  - Companies: *EDF, PHOTOWATT, TOTAL, …*

Recherches au CNRS sur le Photovoltaïque



- ✓ Accélérer le développement des tandem et multijonctions
- ✓ Développer le potentiel photovoltaïque de nouveaux matériaux (perovskites inorganiques, ..) et cellules en couches minces
- ✓ Explorer de nouveaux concepts (porteurs chauds…)
- ✓ Développer de nouveaux moyens de caractérisation et de simulations

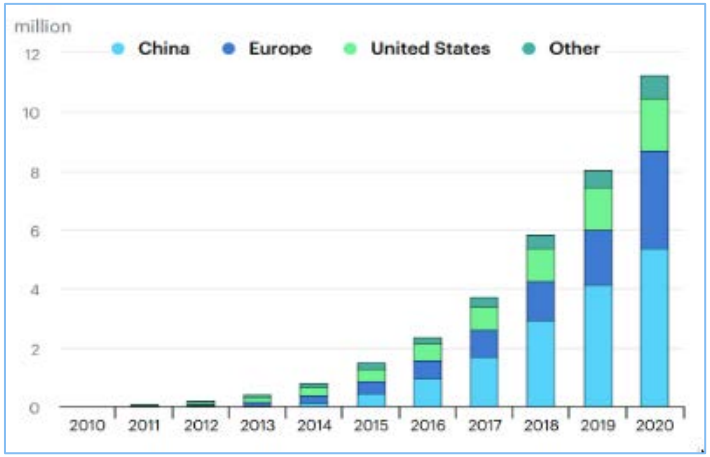
feuille de route : *Rendement de conversion à 30% en 2030 à <20 c€/Wc*



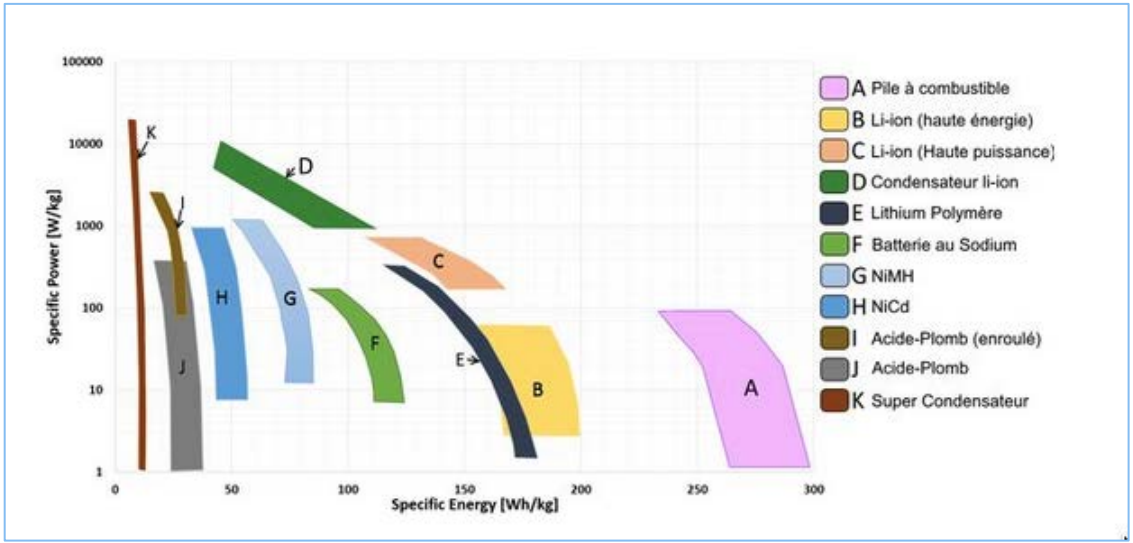
Fédérations de recherche CNRS : FedPV, FedESol ; **ITE** : IPVF
PEPR TASE (PV, Eolien, Réseaux) : pilotage CNRS + CEA

La transition par la mobilité électrique / *verrous R&D*

Demande en batteries (Evh+ hybrides)
est exponentielle



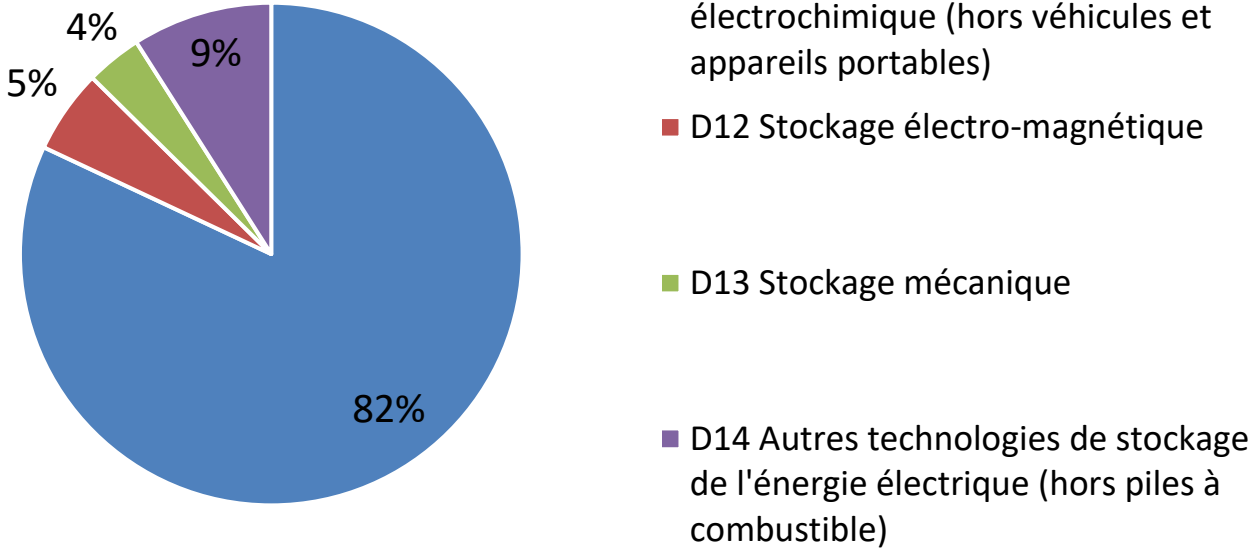
La batterie parfaite n'existe pas…encore !!



- Forte densité de puissance + energie spécifique
- Longue durée
- Eco-compatible + coût abordable
- recyclable

La RECHERCHE sur le stockage de l'électricité

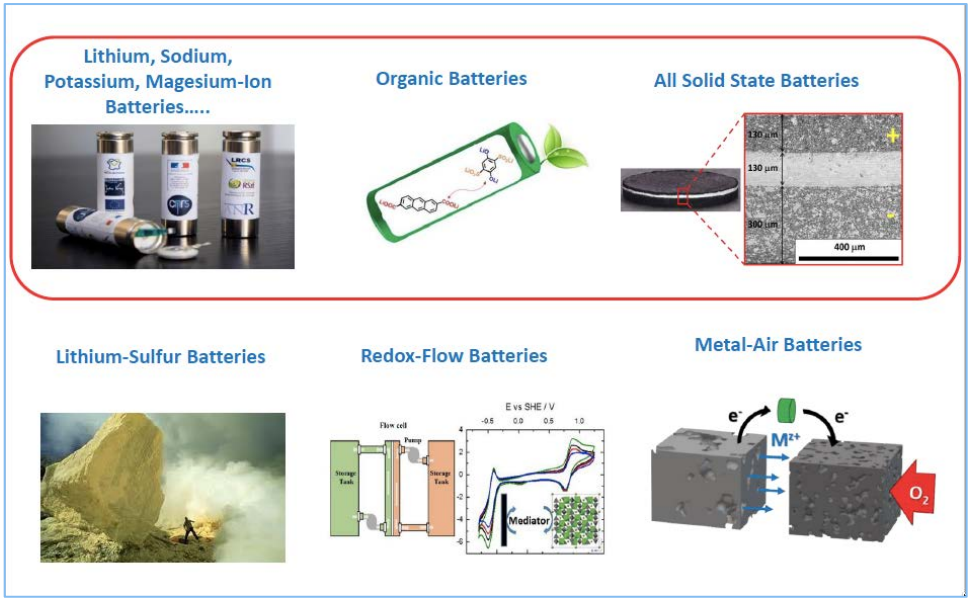
total 349 ETPR



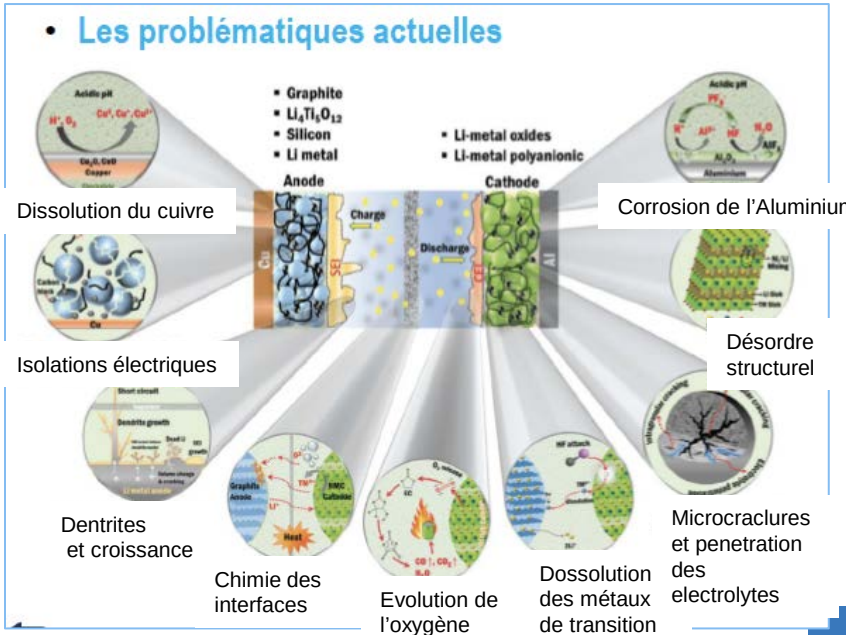
- Structuration: réseaux RS2E + autres labos

La transition par la mobilité électrique / *verrous R&D*

Batteries d'aujourd'hui...et demain



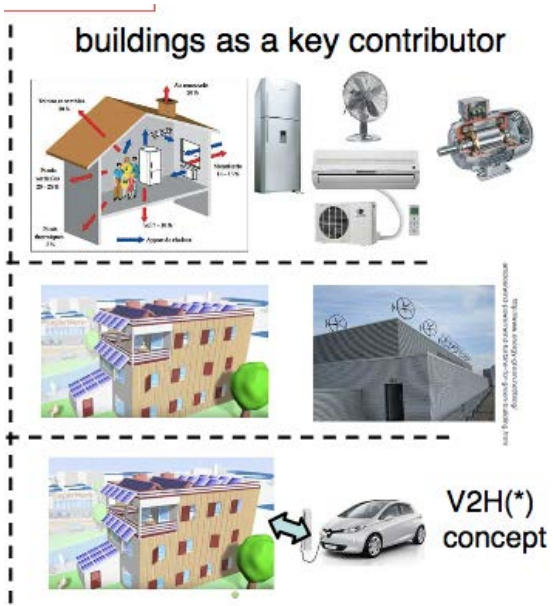
Verrous S&T …



- PEPR Batterie II : CNRS + CEA

La RECHERCHE sur le bâtiment intelligent

Smart building– smart grid

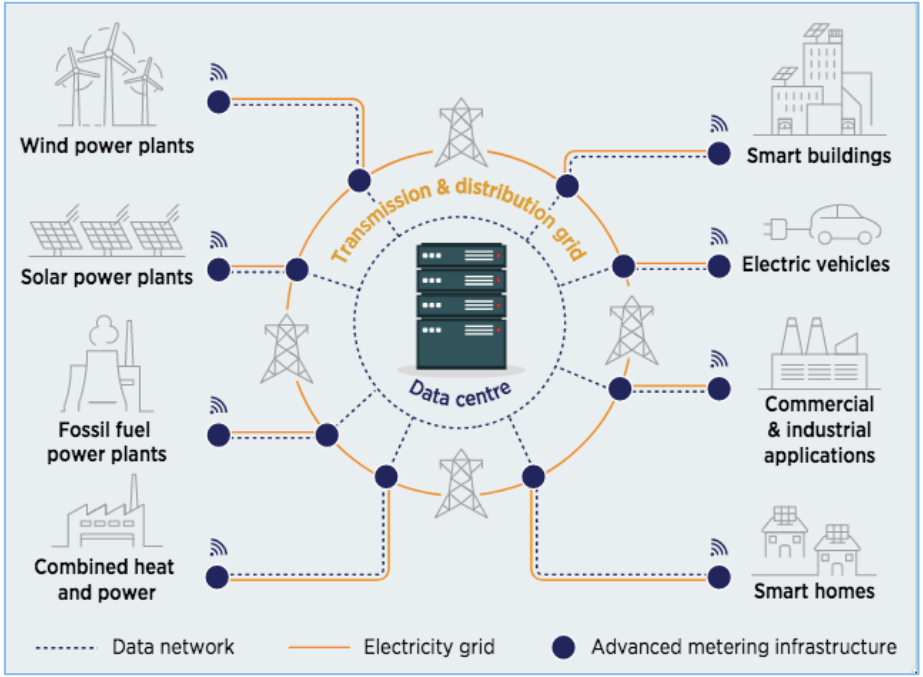


- Efficacité énergétique: *matériaux de construction bio-sourcés, domotique optimisé,*
- Intégration des énergie renouvelables, autoconsommation, gestion intelligente/batiments-îlots-quartier
- Stockage/déstockage de l'énergie électrique (power to Vehicule to power…)

- Structuration: Fédération solaire (FedeSol)
- *PEPR : Batiments et Ville durable (pilotage CNRS + UGE)*

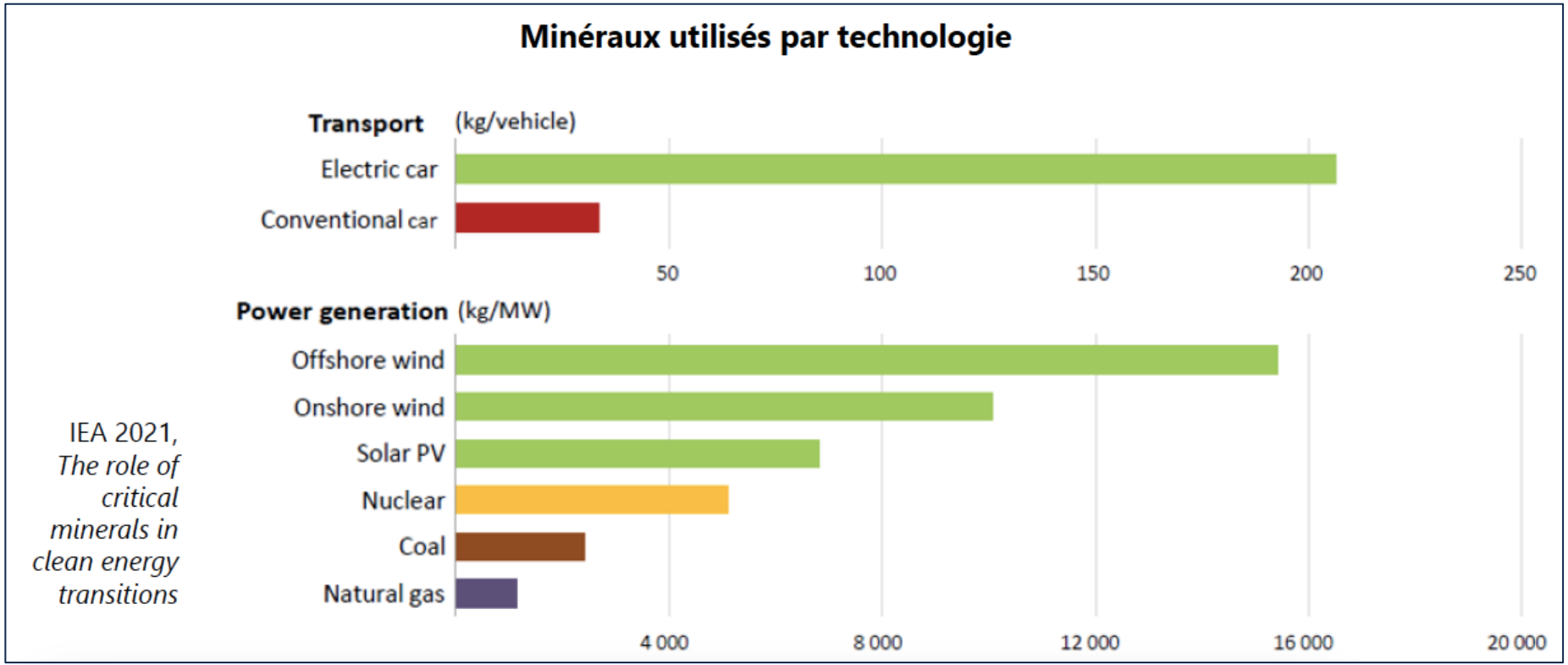
La transition par la gestion des réseaux / *verrous R&D*

- ✓ Modélisation hybride pour les systèmes multi-énergies (MES)
- ✓ Gestion efficace et flexible des énergies renouvelables
- ✓ Résilience des systèmes énergétiques
- ✓ Architecture distribuée basée sur l'IA des futurs systèmes énergétiques
- ✓ Solutions Technologiques pour la digitalisation du système énergétique
- ✓ Approches sociotechniques et économiques de la flexibilité
- ✓ Impacts environnementaux des systèmes énergétiques avancés



PEPR – TASE (pilotage CNRS + CEA)

Les ressources minières de la transition



IEA 2021, *The role of critical minerals in clean energy transitions*

VE & Eolien très demandeurs en minéraux !!

Courtoisie: Cédric Philibert, IEA

Quelles verrous pour une transition énergétique durable ??

Limites de la Transition Energétique :

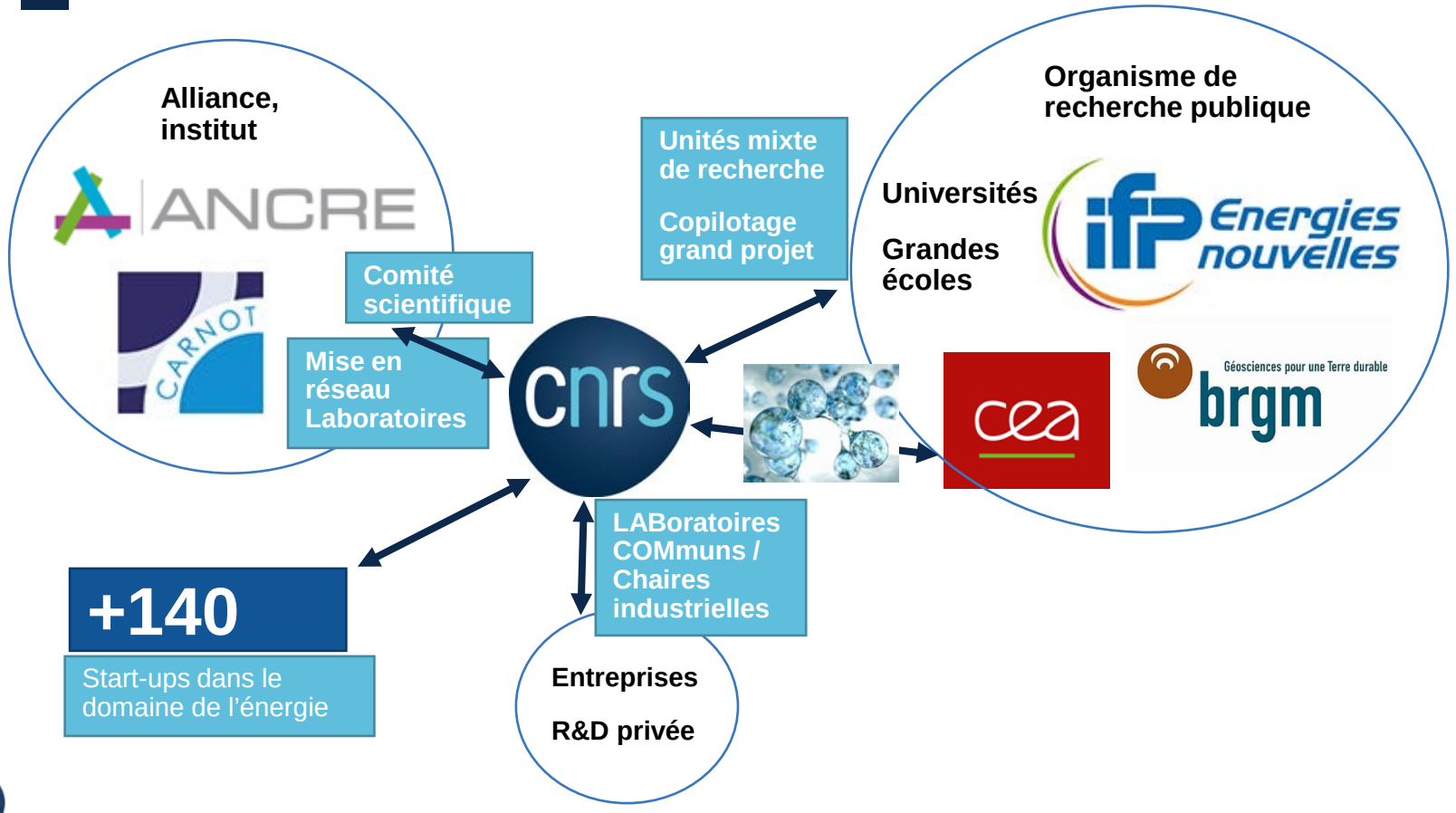
Les impacts environnementaux => opposition sociale; Epuisement des réserves ?

Les coût énergétiques et monétaires; considérations géopolitiques

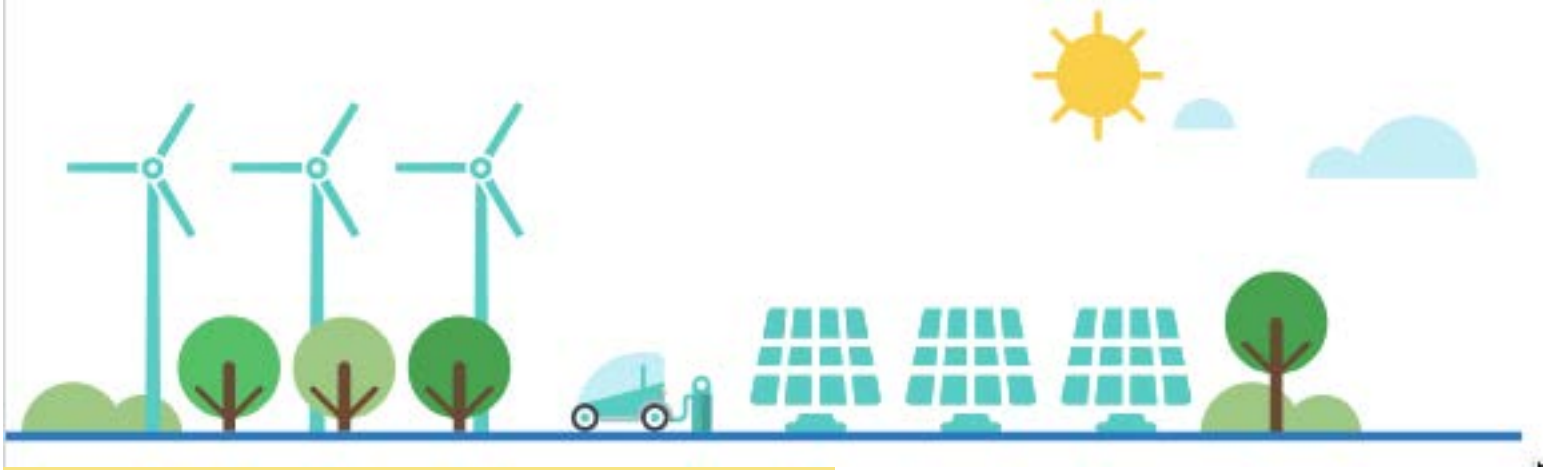
vision long-terme ➔ intégration dans un modèle dynamique

- Technologie & nouveaux procédés (matériaux, chimie, biologie, Ingénierie)
- Energie (Ingénierie, physique)
- Ressources locales (métallogénie, géochimie, géophysique)
- Environnement (biologie, environnement, climatologie, chimie, etc)
- Maths appliquées, bases de données et liens, code, etc
- Mode de vie, Immplication sociétale, répartition des usages (économie, SHS)
- Niveau de souveraineté et risques (géopolitique, géostratégie)
- Réglementation (droit)

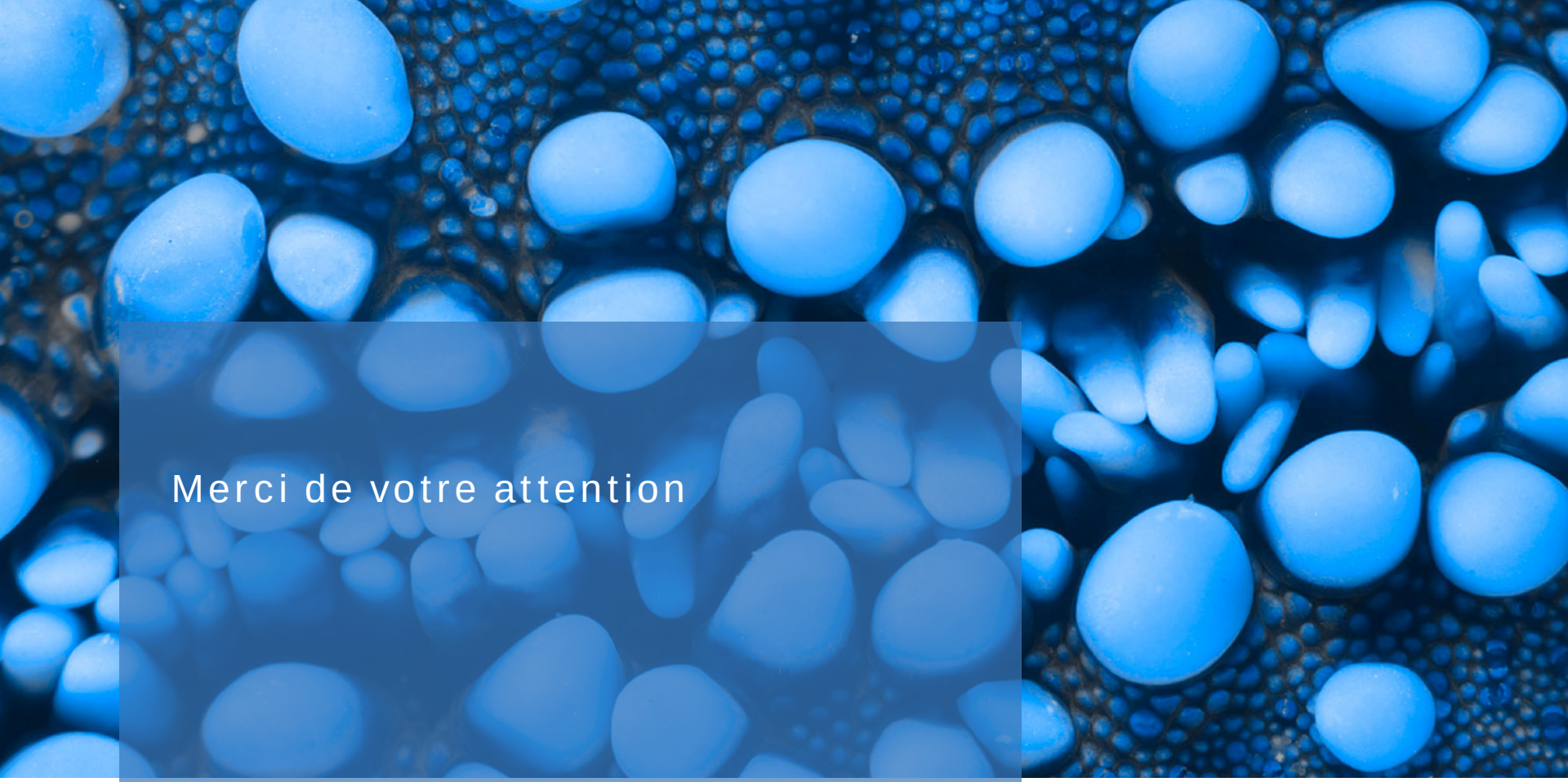
Le CNRS en réseau



Merci pour votre attention

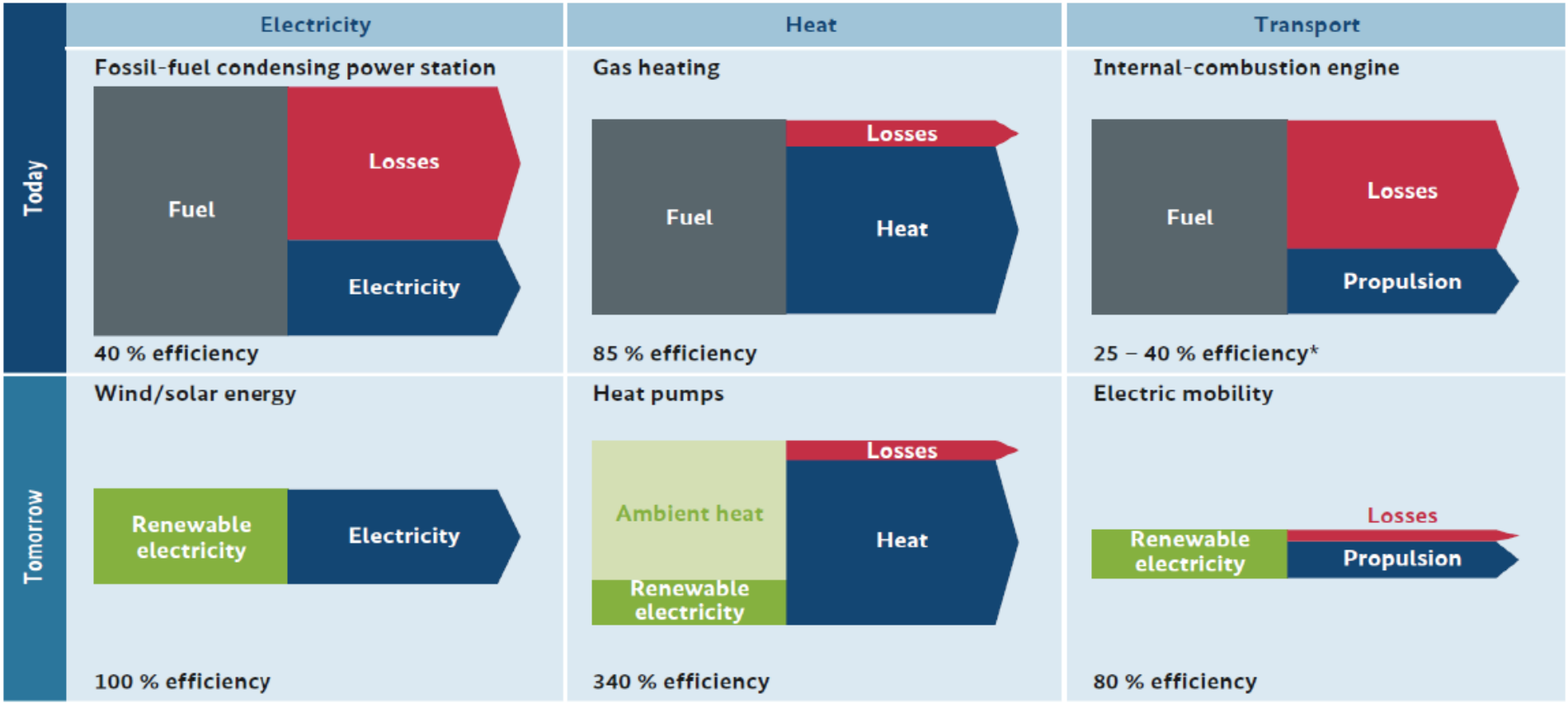


abdelilah.slaoui@cnrs-dir.fr



Merci de votre attention

L'électrification: *économie d'énergie & réduction des GHG*

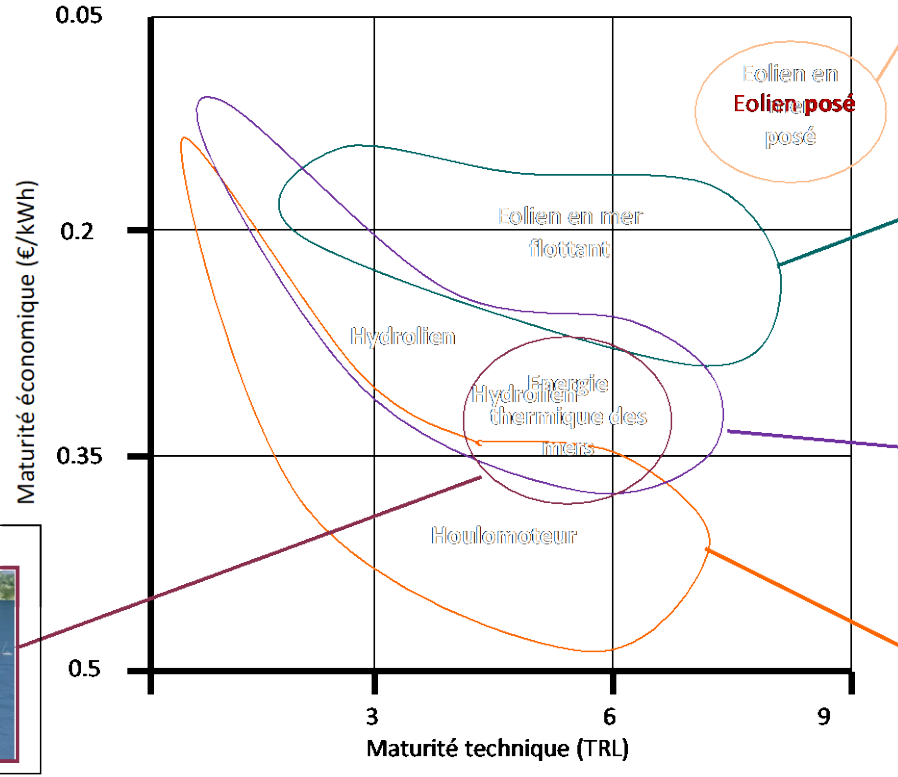


Adapté du ministère fédéral de l'Economie et de l'Energie, 2015, *An electricity market for Germany's energy transition, White Paper.*

Courtoisie: Cédric Philibert

La RECHERCHE sur les énergies marines

Enjeu S&T: réduction des coûts et des risques



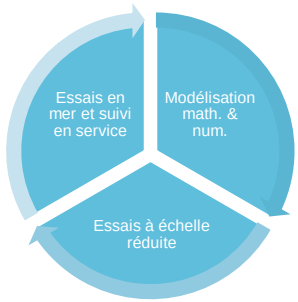
Parcs commerciaux

Démonstrateurs et fermes pilotes

Démonstrateurs

Démonstrateurs

La RECHERCHE sur les énergies marines



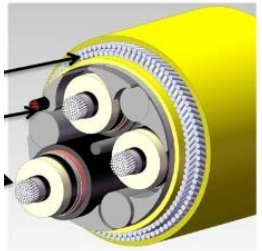
- **Faciliter la maturation des systèmes EMRs**

  Méthodes et méthodologies de dimensionnement, modélisation multiphysique, validation des modèles, validation de performance, autorisations & cadre réglementaire, interactions avec l'environnement marin, sécurité, intégration au réseau, …

- **Optimiser les performances**

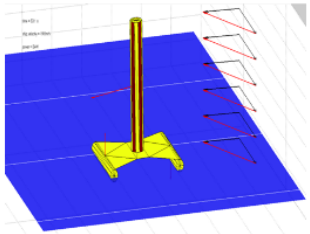
  Interactions entre machines, effets de parcs, durabilité des matériaux en milieu marin, accessibilité des sites en mer, monitoring, optimisation des procédures d'installation et maintenance, optimisation des architectures de raccordement électrique et standardisation des composants de connexion au réseau, …

Spraul et al. 2016



- **Préparer la prochaine génération de systèmes**

  Procédés en rupture pour la récupération des EMRs (systèmes hybrides, systèmes déformables), optimisation de la structure de génératrices; contrôle/commande pour optimisation des performances, densification de l'énergie (nouveaux matériaux et changements d'échelle)



Gilloteaux & Babarit (2017)