Centre international de formation européenne

CLUB DE NICE
Énergie et géopolitique

XIXe FORUM ANNUEL

sous le haut patronage de

M. Herman Van Rompuy
Président du Centre international de formation européenne,
ancien Président du Conseil européen

M. Christian Estrosi
Maire de Nice, Président de la Métropole Nice Côte d'Azur,
ancien Ministre de l'Industrie

L'Europe et la transition énergétique dans le nouveau contexte mondial

HYDROGENE OU NUCLEAIRE

ENERGIES CONCURRENTES OU COMPLEMENTAIRES ?

COMPTE RENDU DETAILLE DES TRAVAUX

NICE, 2 et 3 décembre 2021

SUR SITE : Hotel Westminter
29 Promenade des Anglais
06000 NICE
ET EN LIGNE

CIFE - CLUB DE NICE
81, rue de France - 06000 NICE
Tél. : 33 (0)4 93 97 93 77
Courriel : direction.mfp@orange.fr
Fax : 33 (0)4 93 97 93 7

LES OBJECTIFS DU FORUM ENERGIE ET GEOPOLITIQUE

- ***Réunir des experts académiques et industriels de l'énergie, de la transition énergétique de l'hydrogène et des énergies nouvelles.***
- ***Développer un programme original favorisant les initiatives européennes et locales.***
- ***Inciter à promouvoir de façon concertée le développement de la mobilité décarbonée à Nice, en France et en Europe.***
- ***Créer un réseau d'acteurs et de décideurs afin de promouvoir un hydrogène européen.***
- ***Evaluer les potentiels du secteur à Nice et en région PACA***

LES MOYENS

- ***Un colloque au service des experts énergétiques et des décideurs de la Métropole de Nice***
- ***Une entreprise académique et d'expertise du CIFE visant à favoriser de futures recherches sur les problématiques soulevées.***

EXPOSE DES MOTIFS

Depuis son origine, les organisateurs s'efforcent de porter leur attention sur la question de la transition énergétique au sens le plus large, en traitant aussi bien de ses incidences économiques que politiques, sociales ou internationales. Il apparaît évident que la diversification du mix énergétique est le moyen de conserver un équilibre entre les sources énergétiques traditionnelles et les énergies renouvelables dont le potentiel doit être valorisé. Les débats seront tout spécialement orientés vers les différentes solutions visant à diminuer la dépendance énergétique vis-à-vis des hydrocarbures, à la production d'hydrogène en direction des énergies décarbonées et mettront en avant certains projets innovants

La ville de Nice, dont les aspirations écologiques s'inscrivent dans des choix politiques innovants, s'est déjà engagée dans la mise en place des infrastructures et des moyens nécessaires pour développer des moyens de transports dépollués. Le XIXème Forum énergie se donne donc pour mission d'accompagner les municipalités concernées, et plus spécialement la Ville de Nice, en permettant de mettre en contact les experts les plus qualifiés sur le sujet et les responsables locaux en charge de ce dossier.

LE FORUM 2021

Des dirigeants des grandes entreprises énergétiques aussi bien que des start-ups engagées dans le développement des énergies nouvelles ont participé au Forum du 2 et 3 décembre 2021 à Nice qui portait sur la thématique générale :

HYDROGENE OU NUCLEAIRE
Energies concurrentes ou complémentaires ?

Les débats se sont attachés plus particulièrement aux solutions visant à diminuer la dépendance énergétique vis-à-vis des hydrocarbures par la production d'autres sources d'énergie. Il a également pu mettre en avant certains projets innovants.

Cette question se pose tout particulièrement dans le secteur des transports publics : de nombreuses villes en ont fait aujourd'hui le principal recours dans la gestion des problèmes de mobilité urbaine, transports de passagers ou logistique du dernier kilomètre pour les marchandises.

C'est dans ce mouvement que s'inscrit l'intérêt manifesté par la Métropole Nice Côte d'Azur qui a fait du développement durable sa politique prioritaire. Cela concerne particulièrement le domaine des transports publics qui donne lieu à un effort considérable marqué par la construction de plusieurs lignes de tramway. La modernisation de son réseau de bus est maintenant à l'ordre du jour, et notamment par la réponse des bus à hydrogène.

Toutes ces réunions permettent de réunir un large public et notamment des industriels concernés par les différentes étapes de la chaine de production et de distribution de l'hydrogène, mais aussi les prescripteurs potentiels que sont les professionnels et les spécialistes en rationalisation économique.

Du fait de la situation sanitaire, ce FORUM, qui était initialement prévu uniquement sur site, s'est déroulé finalement de façon hybride en accueillant par écran interposé ceux des intervenants ou des auditeurs qui se sont trouvés dans l'impossibilité de voyager. Une cinquantaine de participants ont pu être accueillis sur place, et une trentaine d'auditeurs ont suivi les travaux à distance. Au total, c'est environ 80 personnes, ainsi que les chercheurs du CIFE et des étudiants extérieurs, qui ont participé à ces travaux.

PROGRAMME

JEUDI 2 DECEMBRE 2021

14.30 Ouverture des travaux

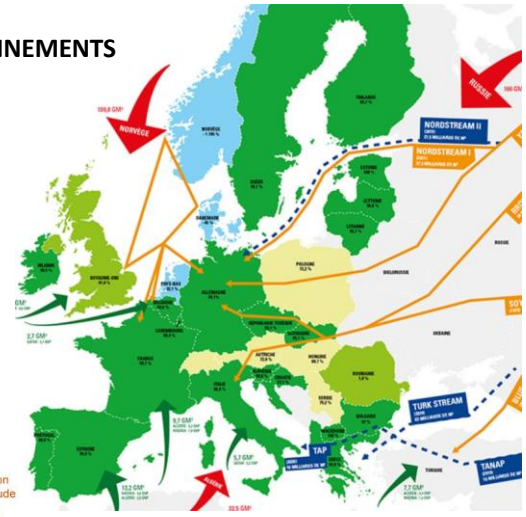
- **M. Claude NIGOUL**
  Président du Club de Nice.

  M. Matthias WAECHTER
  Directeur général du Centre international de formation européenne.

LE NOUVEAU CONTEXTE MONDIAL ET LA GEOPOLITIQUE DE L'ENERGIE

- ***« Hydrogène et nucléaire : où va l'Europe ? »***
  Rapport introductif
  M. Jean-Antoine GIANSILY
  Vice-Président du Centre international de formation européenne, ancien Vice-Président de la Commission des budgets au Parlement européen.

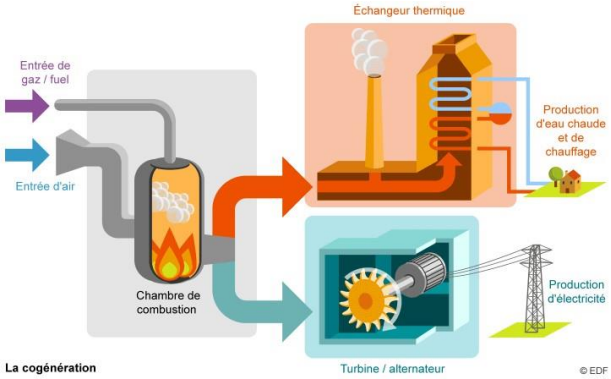
PANORAMA DES APPROVISIONNEMENTS GAZIERS EN EUROPE



La chaleur est utilisée pour le chauffage et la production d'eau chaude à l'aide d'un échangeur.
L'énergie mécanique est transformée en énergie électrique grâce à un alternateur.

Les installations fonctionnent au gaz, au fioul, avec toute forme d'énergie locale (géothermie, biomasse…) ou liée à la valorisation des déchets (incinération des ordures ménagères…).

Elles ont un excellent rendement énergétique, mais elles doivent produire au plus près des lieux de consommation en raison des pertes pendant le transport de chaleur.



La cogénération

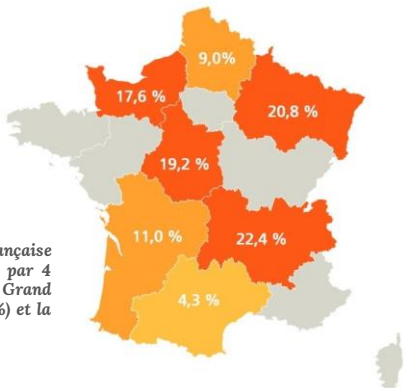
France :

Un réseau régional qui assure l'acheminement du gaz naturel vers les réseaux de distribution et vers les clients finals grands consommateurs, directement raccordés à ce réseau.

Localisation des centrales

Répartition des **centrales nucléaires en France**, 2021

Source : EDF/RTE

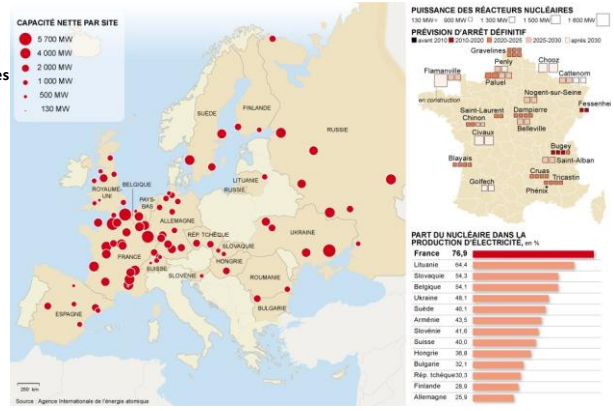


Production nucléaire par région

En 2019, 80 % de la production française d'électricité d'origine nucléaire est assurée par 4 régions : l'Auvergne-Rhône-Alpes (22,4 %), le Grand Est (21,8 %) et le Centre val-de-Loire (19,2 %) et la Normandie (17,6 %).

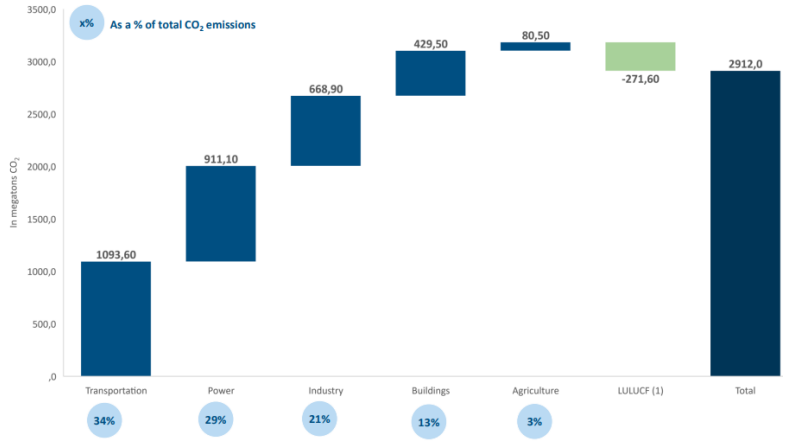
EUROPE

Centrales nucléaires



- « ***Les investissements privés dans les énergies d'avenir*** »
  M. Christophe ROUVIERE, Président, NATUREO Finance.

EU Direct CO_2 emissions in 2019



(1) LULUCF is land use, land-use change and forestry. It absorbs CO2 and partly offsets emissions from other sectors

Sources: European Environment Agency

Natureo Finance SAS

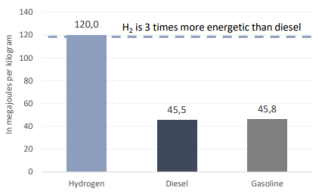
Hydrogen, a key element for the decarbonization of the economy

Hydrogen offers a response to intermittent renewable energies by storing excess energy produced. The resulting green hydrogen is an ideal energy carrier to decarbonize many industrial and transportation sectors

Hydrogen key features

Most common atom in the universe | Richest energy source for stars | Low (gaseous) density (1/10 natural gas) | Extremely energetic (120kJ/g)

Comparison of gravimetric energy density



Sources: Advanced Clean Tech News

Hydrogen key roles in the energy transition

Enable the renewable energy system

1 - Enable large-scale renewables integration and power

2 – Distribute energy across sectors and regions

3 – Act as a buffer to increase system resilience

Decarbonize end-uses

4 - Transportation

5 – Industry energy *(replacing fossil fuels used in energy-intensive industries)*

6 – Building heating & power

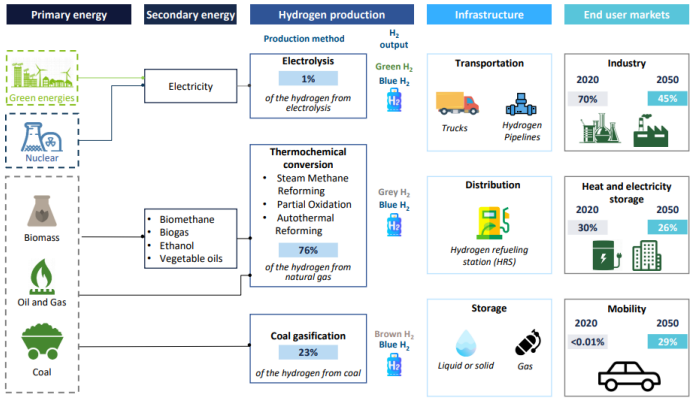
7 – Feedstock using green or blue H_2

Sources: Plastic Omnium – Hydrogen Conference (Oddo), Advanced Clean Tech News, L'UsineNouvelle, Air Liquide, Hydrogen Council, IEA 2019, Certifhy

Natureo Finance SAS 3

H_2, a key energy carrier to implement transition to a low carbon economy

Green electrolysis development and carbon capture from fossil fuel hydrogen production are key elements for the transition to a low carbon economy



Source: "The Future of Hydrogen report" IEA, Air Liquide

Natureo Finance SAS 4

Industry, currently the first hydrogen end-market mostly "grey"

Green hydrogen can lead industry in the broad sense to an eco-friendlier path. It is both a public concern and an obligation with governments setting "green" targets

Drivers for green hydrogen use in industry

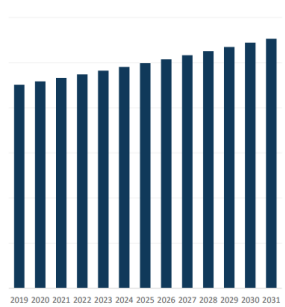
Impulse from European States aiming at decarbonizing hard-to-abate sectors

Oil refinery | Ammonia/ Methanol production | Steel industry | Cement industry | Ceramics and glass

- **Few examples :**
  - Spain aims at replacing a quarter of the almost **500,000 tons** of fossil-based hydrogen consumed by industry every year with the renewably-sourced version
  - France targets **20-40%** decarbonized hydrogen in industry by 2028

Green hydrogen addressable market

Total hydrogen market for industry (MW) (1)



Source: French national energy and climate plan (2020), Sia Partners 2020, Les Echos, lexology.com, energy.economictimes, Ministeries

Source: IEA 2019, AFHYPAC, Natureo Finance, (1) Equivalent electrolysis capacity required to produce total hydrogen market volumes

Natureo Finance SAS 5

Many types of transportation means using hydrogen as of today

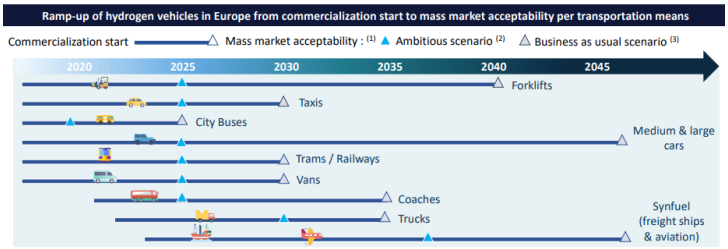
The adoption of H_2 in most transportation means has begun. A mass market deployment will require significant investments in H_2 production plants, distribution infrastructures, and production scale-up of vehicles

Transportation applications

Fuel cell that reverses hydrogen into electricity or hydrogen engine

- **Captive fleet** (buses, coaches) and **heavy transportation** (trucks) : hard to decarbonize with battery technology
- **Freight shipping** : hydrogen is used as a feedstock for synthetic fuel
- **Vehicles** : cars, taxis, vans, forklifts, etc.
- **Hydrogen trains** : non electrified train lines
- **Airplanes** : hydrogen is used as a fuel (in a liquid state) for short flights (1,850km)

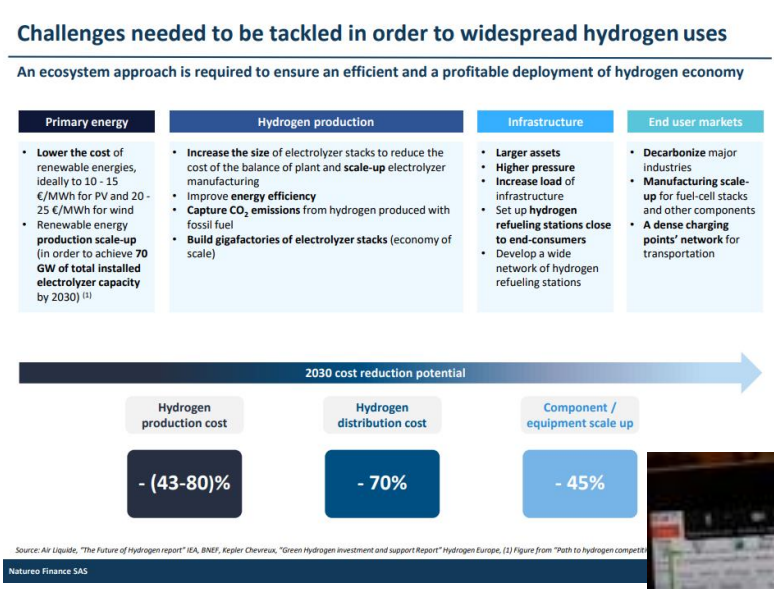
Ramp-up of hydrogen vehicles in Europe from commercialization start to mass market acceptability per transportation means

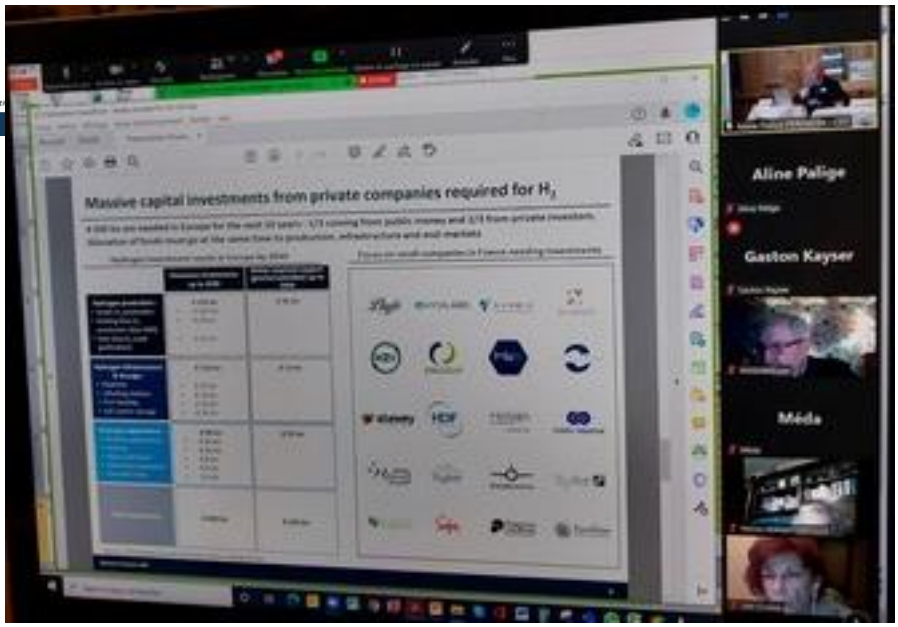


(1) Annual sales of hydrogen vehicle exceed 1% within the segment (2) Scenario where there is a joint effort by investors, industries, and policymakers, a step-up of activities along hydrogen value chain, heavy investments in R&D, coordination of industry and regulators to push for the enforcement of long-term objectives for decarbonization in general and hydrogen in particular (3) Scenario where current policies and other measures stay in place and evolve only slowly, gradual investment in R&D with initial pilots but no scale up of investments and low efforts in hydrogen adoption

Sources: Sia Partners 2020, "Hydrogen Roadmap Europe" Fuell cells and hydrogen, connaissancedesenergies.org

Natureo Finance SAS 6





natureo FINANCE

Natureo Finance

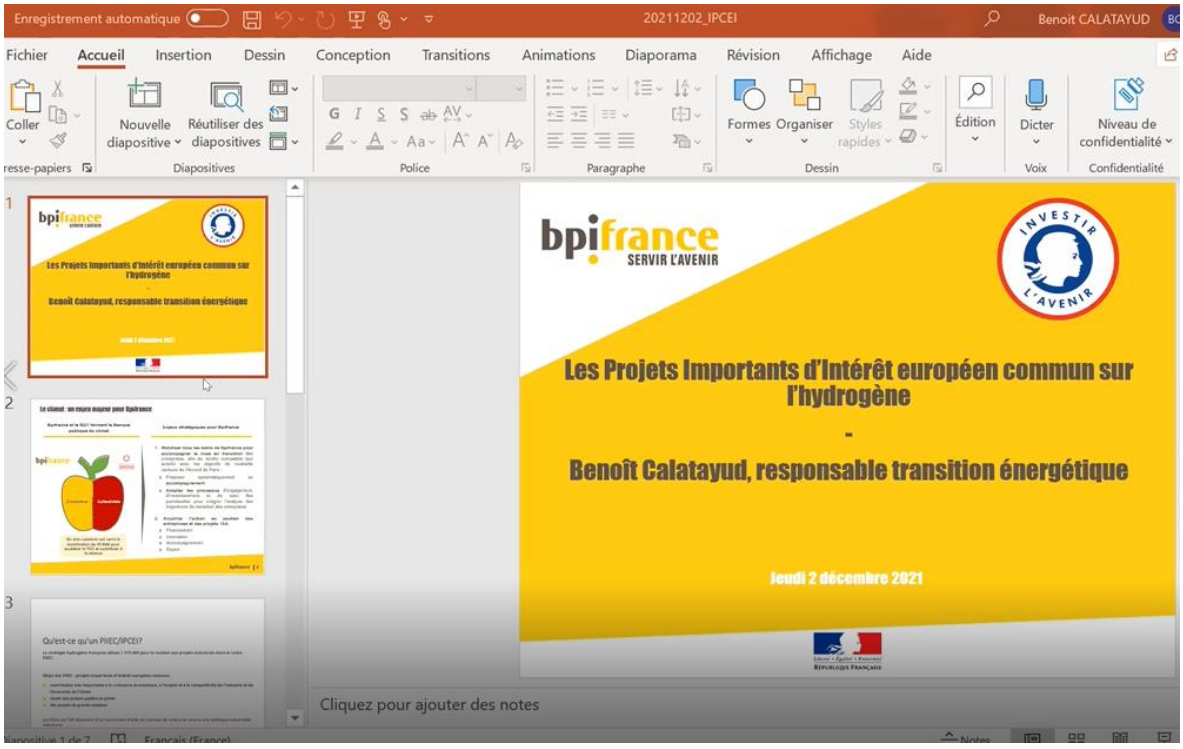
21 rue du Faubourg Montmartre

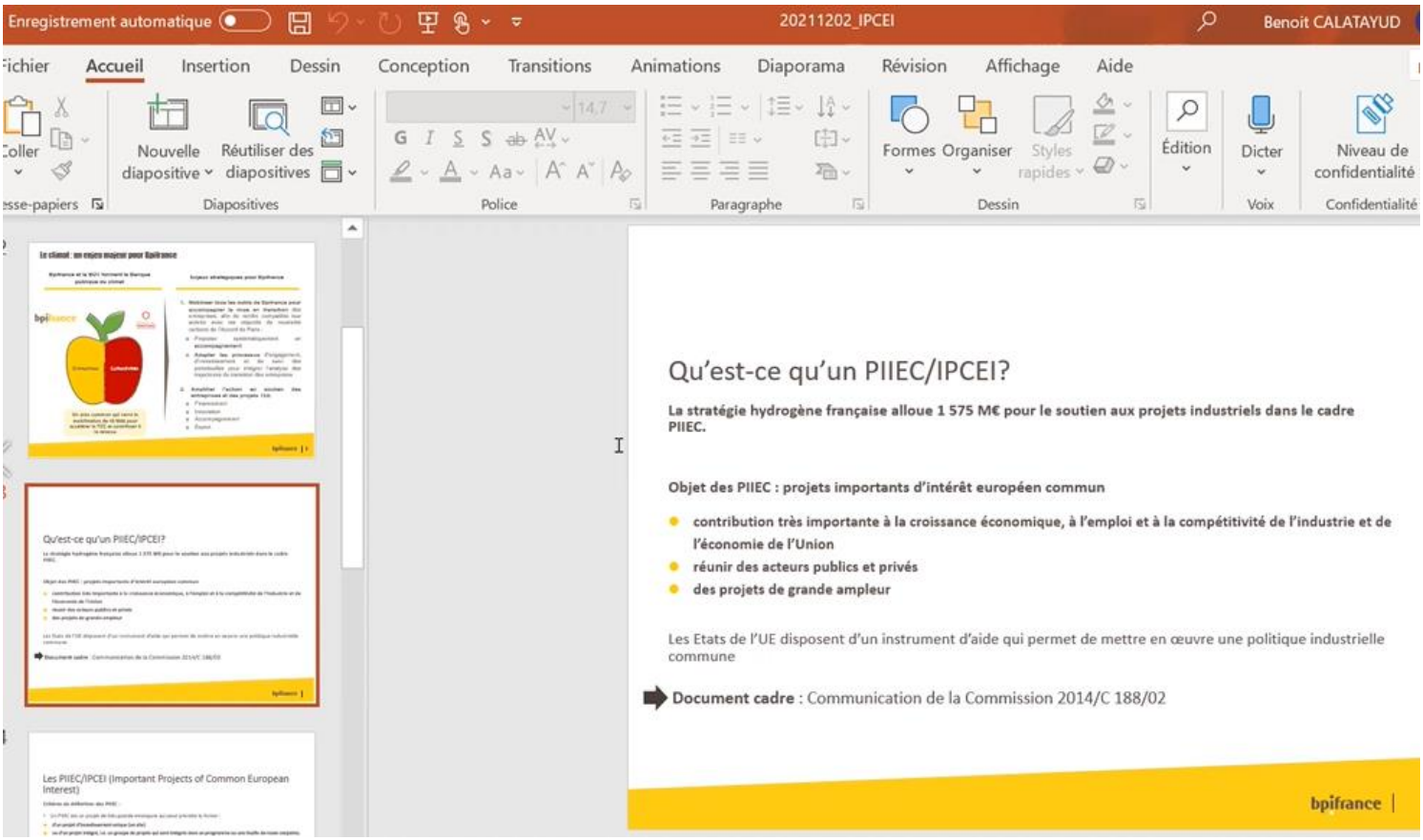
75009 Paris, France

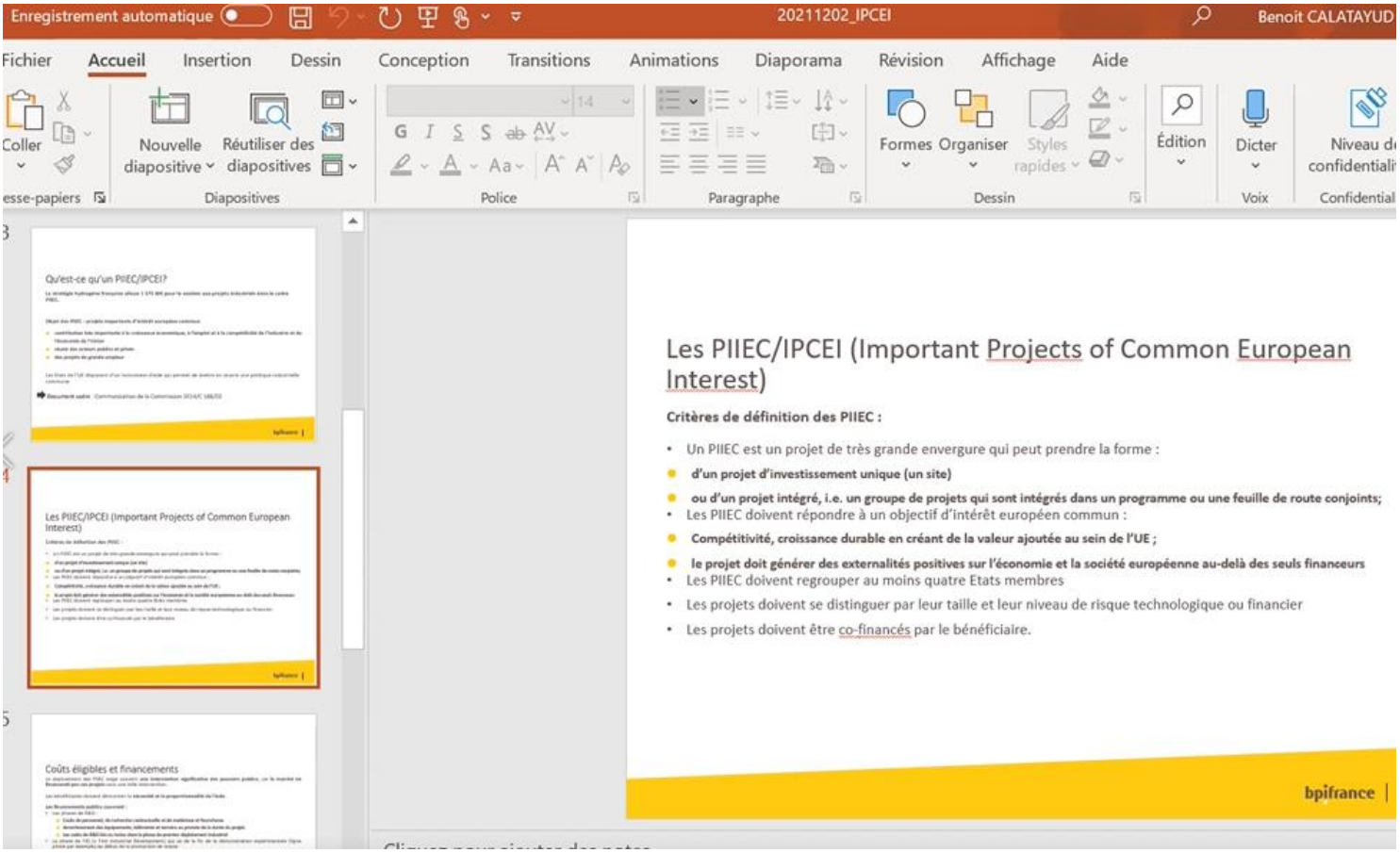
Tel: +33 (0) 1 43 12 79 00

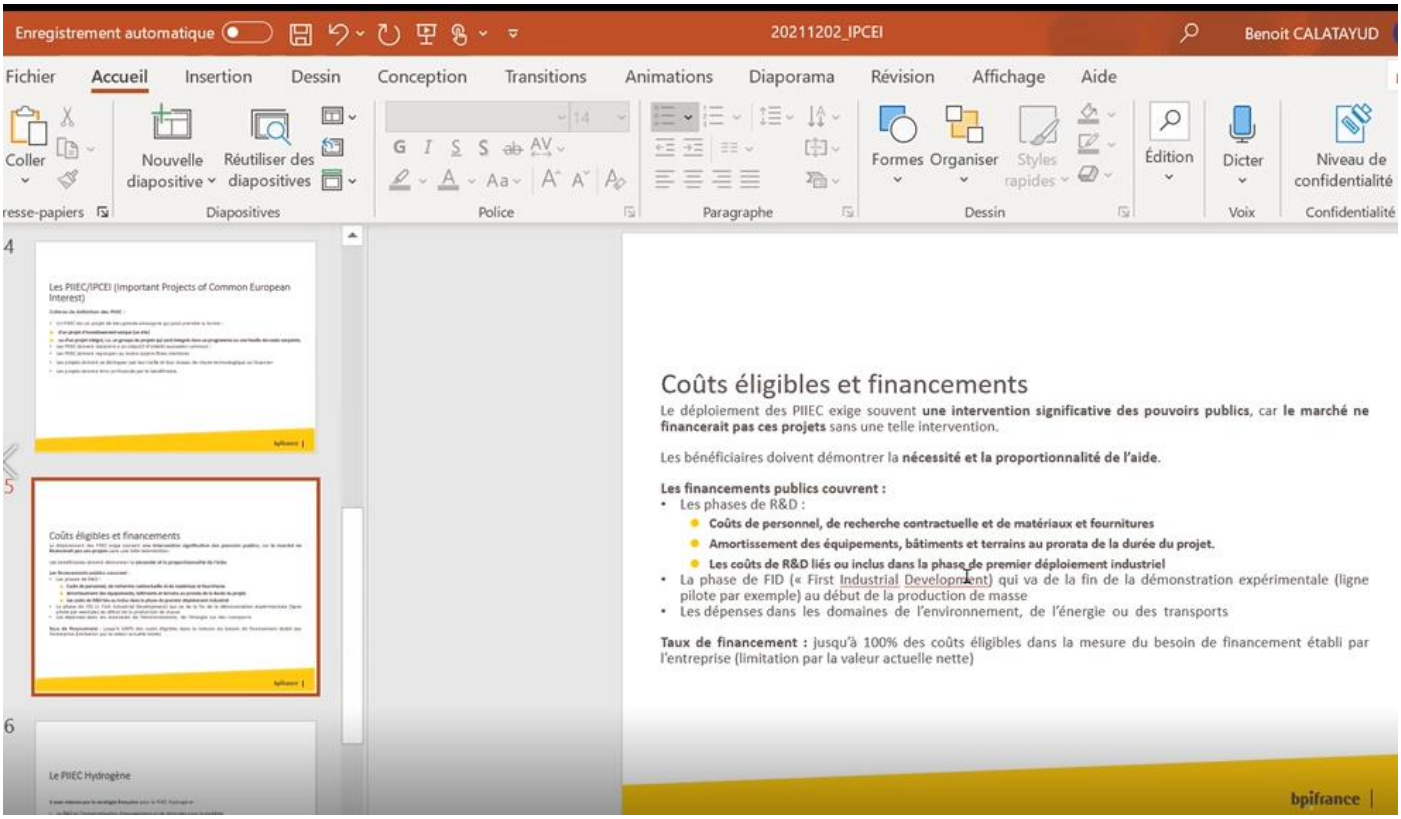
Web Site: http://www.natureofinance.com

- ***« Les grands projets européens d'intérêt commun »***
  M. Benoit CALATALYUD, Responsable sectoriel transition énergétique, BpiFrance.
  (intervention à distance)




Enregistrement automatique
20211202_IPCEI
Benoit CALATAYUD
Fichier
Accueil
Insertion
Dessin
Conception
Transitions
Animations
Diaporama
Révision
Affichage
Aide
Nouvelle diapositive
Réutiliser des diapositives
Diapositives
Police
Paragraphe
Formes
Organiser
Styles rapides
Dessin
Édition
Dicter
Voix
Niveau de confidentialité
Confidentialité
Qu'est-ce qu'un PIIEC/IPCEI?
La stratégie hydrogène française alloue 1 575 M€ pour le soutien aux projets industriels dans le cadre PIIEC.
Objet des PIIEC : projets importants d'intérêt européen commun
contribution très importante à la croissance économique, à l'emploi et à la compétitivité de l'industrie et de l'économie de l'Union
réunir des acteurs publics et privés
des projets de grande ampleur
Les Etats de l'UE disposent d'un instrument d'aide qui permet de mettre en œuvre une politique industrielle commune
Document cadre : Communication de la Commission 2014/C 188/02
bpifrance


Enregistrement automatique
20211202_IPCEI
Benoit CALATAYUD
Fichier
Accueil
Insertion
Dessin
Conception
Transitions
Animations
Diaporama
Révision
Affichage
Aide
Nouvelle diapositive
Réutiliser des diapositives
Diapositives
Police
Paragraphe
Formes
Organiser
Styles rapides
Dessin
Édition
Dicter
Voix
Les PIIEC/IPCEI (Important Projects of Common European Interest)
Critères de définition des PIIEC :
Un PIIEC est un projet de très grande envergure qui peut prendre la forme :
d'un projet d'investissement unique (un site)
ou d'un projet intégré, i.e. un groupe de projets qui sont intégrés dans un programme ou une feuille de route conjoints;
Les PIIEC doivent répondre à un objectif d'intérêt européen commun :
Compétitivité, croissance durable en créant de la valeur ajoutée au sein de l'UE ;
le projet doit générer des externalités positives sur l'économie et la société européenne au-delà des seuls financeurs
Les PIIEC doivent regrouper au moins quatre Etats membres
Les projets doivent se distinguer par leur taille et leur niveau de risque technologique ou financier
Les projets doivent être co-financés par le bénéficiaire.
bpifrance



Le PIIEC Hydrogène

3 axes retenus par la stratégie française pour le PIIEC Hydrogène :

- La R&D et l'industrialisation d'équipements et de véhicules pour la mobilité
- la R&D et l'industrialisation d'électrolyseurs pour produire de l'hydrogène décarboné
- La décarbonation de sites /procédés industriels par usage de l'électrolyse

La France a alloué 1 575 M€.

bpifrance

La construction du PIIEC Hydrogène

France

- **Instruction et sélection** des porteurs par une taskforce interministérielle
- **Accompagnement des porteurs par la DGE**
- **15 projets retenus**

Europe

- **Déc 2020: accord politique**
  - **22 Etats membres + la Norvège**
  - **objectif de validation définitive de la Commission européenne d'ici fin 2021.**
- S1 2021: développement de **partenariats**
- Été 2021: Rédaction d'une **feuille de route** commune **(126 projets, 17 Etats)**

Sept 2021: Deux premières vagues ont été pré-notifiées

- Une vague « Technologies »
- Une vague « Industrie », centrée les projets de déploiement d'électrolyseurs, de véhicules et de décarbonation de l'industrie

bpifrance

- ***« L'évolution de la réglementation européenne sur l'Hydrogène »***
  Maurice MEDA, ENA, Conseiller d'État, membre du Conseil supérieur de l'Energie.
  (intervention à distance)

HYDROGENE
EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION EUROPEENNE ET FRANCAISE

1. La directive 2018/2001 du 11 décembre 2018 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables.

   Dans le cadre d'« Une planète propre pour l'Europe » (Communication de la Commission du 28 novembre 2018)

   Texte générique, mais qui concerne notamment l'hydrogène : extension des « garanties d'origine » (électricité) au gaz renouvelable ; principe d'un régime d'aide ; accès aux réseaux ; autoconsommation.

   Transposition en droit français : Ordonnance du 17 février 2021 relative à l'hydrogène (sur la base de la loi de 2019 énergie-climat) :

- Définitions :

  Hydrogène renouvelable (exclusivement à partir d'ENR et respectant un seuil de CO2/kg),

  Hydrogène bas-carbone (respectant le même seuil mais à partir de sources qui peuvent être non renouvelables cf. mix français, éventuellement après capture du CO2),

  Hydrogène carboné (vaporeformage) ;

- Information sur l'origine :

  Garanties d'origine (document électronique servant à prouver au client final qu'une part d'hydrogène est renouvelable ou bas-carbone en vue de valorisation par le producteur : cession indépendante de celle du produit) ;

Garanties de traçabilité : restent associées au produit ;

- Mécanisme de soutien pour réduire l'écart de compétitivité entre l'hydrogène fossile et le renouvelable / bas carbone : complément de rémunération cf. électricité renouvelable. Contrat de 20 ans maximum ; aide au fonctionnement ou aide financière à l'investissement + aide fonctionnement ;

- Transport, distribution et stockage :

  Principe de réseaux de transport et de distribution autonome ;

  Pour l'hydrogène injecté dans les réseaux de gaz naturel, renvoi aux dispositions correspondantes ;

- Principe de marchés concurrentiels.

  En France : Plan de déploiement de l'hydrogène, 1er juin 2018.

- Créer une filière industrielle décarbonée ;

- Développer des capacités de stockage ;

- Développer des systèmes zéro émissions pour les transports routiers, ferrés, fluviaux.

2. La « Stratégie européenne pour l'hydrogène ».

   Contexte : Pacte vert pour l'Europe (European Green Deal, décembre 2019).

   - ***Communication de la Commission du 8 juillet 2020***

   - ***Résolution du Parlement européen du 19 mai 2021***

En lien avec :

- La Nouvelle stratégie industrielle pour l'Europe : développer l'hydrogène propre ;

- Et le Plan de relance « Next Generation EU » (Conseil européen du 21 juillet 2020) : l'hydrogène priorité d'investissement.

➢ Préciser la classification et les normes relatives à l'hydrogène : classification juridique commune ;

➢ Renforcer la production d'hydrogène : actuellement 2 % du bouquet énergétique UE ; aller jusqu'à 20 % du bouquet énergétique, de 20 à 50 % de l'énergie transports et de 5 à 20 % de l'énergie industrie ;

➢ Renforcer l'hydrogène propre : moins de 0,1 % de l'hydrogène est produit par électrolyse de l'eau ; électricité éolienne, solaire… (le défi de la production d'électricité bas-carbone pour produire de l'hydrogène vert : rapport AIE sur l'hydrogène, 2019) ;

➢ Compétitivité :

Coût de l'hydrogène propre : de 2,5 à 5,5 € /kg

Coût de l'hydrogène fossile : 1, 5 € /kg ;

➢ Importance majeure de l'hydrogène pour les transports : secteur responsable d'un quart des émissions de CO2 de l'UE, pas de diminution par rapport à 1990 (substitut à l'électrification) ;

➢ Développer des infrastructures propres à l'hydrogène : production, transport, stockage… (proposition de modifier le règlement sur les réseaux transeuropéen d'énergie RTE-E) ;

➢ Prendre comme modèle le cadre réglementaire du gaz naturel pour promouvoir le développement d'un marché de l'hydrogène renouvelable européen.

Etapes de déploiement :

- 2020-2024 : 6 GW d'électrolyseurs pour 1 million de tonnes d'H2R ;

- 2025-2030 : capacité de 40 Mtonnes pour production de 10 Mt d'HR ;

- 2030-2050 : à grande échelle.

En France : « Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné ». 9 septembre 2020.

Trois objectifs (7 milliards € d'ici à 2030) :

- Installer suffisamment d'électrolyseurs : filière française de l'électrolyse (6,5 GW en 2030) ;

- Développer les mobilités lourdes à l'hydrogène ;

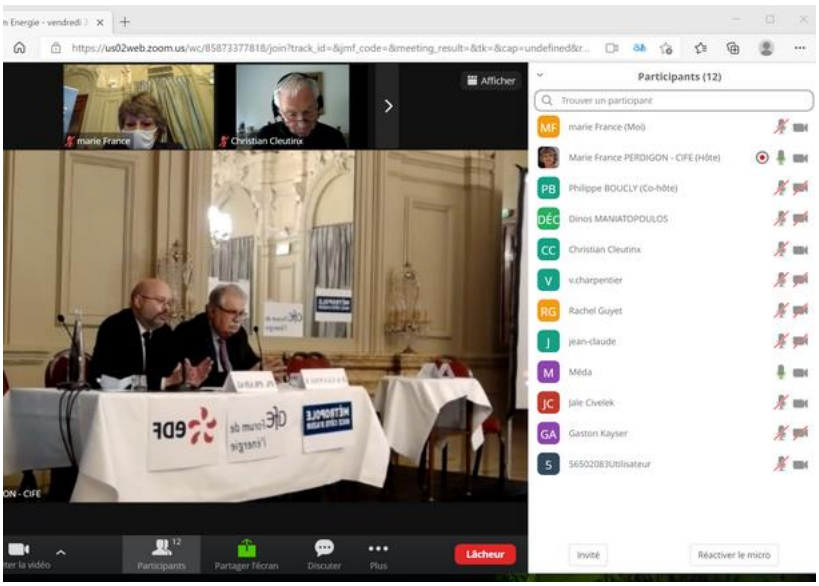
- Recherche et innovation.

VENDREDI 3 DECEMBRE 2021

9.00 h INNOVATION EN COURS DE REALISATION EN METROPOLE PACA

« La dépollution des transports en commun »

M. Philippe PRADAL (France)**,** ancien Maire de Nice, Président délégué de la Métropole Nice Côte d'Azur, délégué aux finances et aux transports.



LA POLITIQUE DE TRANSITION ENERGETIQUE EN FRANCE ET EN EUROPE : L'EVOLUTION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES ET LES OBJECTIFS DE L'UNION EUROPEENNE

- ***"Feuille de route pour une grande ambition hydrogène"(intervention à distance)***

M. Philippe BOUCLY, Président de France Hydrogène, ancien Directeur général de GRTgaz

Stratégie hydrogène française (8 Septembre 2020)

- **Axe 1 : Décarboner l'industrie**
  - Objectif : constituer une filière française compétitive de l'électrolyse
- **Axe 2 : Développer les mobilités professionnelles**
  - VUL, poids lourds, trains, avions, bateaux
- **Axe 3 : Développer la R&D&I**
  - Mise en place d'un programme prioritaire de recherche « Applications de l'hydrogène » via l'ANR et Campus des métiers et des qualifications dédiées à l'hydrogène

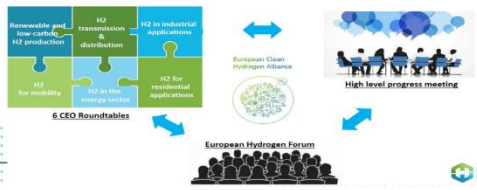
✓ Au total : **7,2 + 1,9 Mds€** d'ici 2030 (dont **3,4** sur la période 2020-2023)
6500 MW d'électrolyse – **680 000** tonnes
✓ Objectif : générer entre **50 000** et **150 000** emplois directs et indirects
✓ Coopération avec les partenaires européens (la constitution d'un **IPCEI**)

Stratégie de l'UE (8 Juillet 2020)

- **Phase 1 (2020-2024)** : **6 GW** électrolyse – **1Mt H2** par électrolyse
- **Phase 2 (2025-2030)** : **2 x 40 GW** installés – **10 Mt H2**

Cadre et Outils

- **Clean Hydrogen Alliance** : accélérer les projets concrets et lever les freins et verrous
- Plan de relance européen (Next GenerationEU) et **Green Deal**
- **IPCEI** : **120** projets émanant de **18** Etats membres ont été prénotifiés à la Commission en Septembre dernier (**15** pour la France).
- Paquet « **Fit for 55** » (14 Juillet 2021)



A l'échelle nationale, la répartition des consommations se concentrera principalement autour des grands pôles industriels et de mobilité (*ex : métropoles, ports, aéroports*).

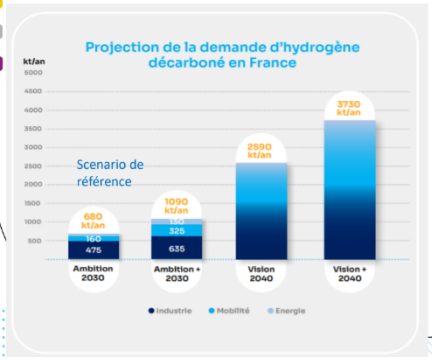
Cartographie des projets H_2 et des sites majeurs de consommation 2030

Source : Vig'hy - France Hydrogène, Hinicio

Principaux pôles de consommation 2030

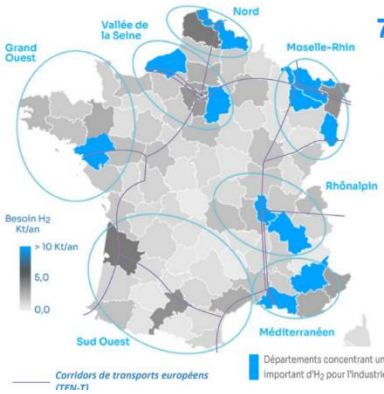
Projets H_2 recensés en cours de montage
Sites de consommation majeurs d'ici 2030

La filière française réaffirme ses ambitions 2 scénarios



- Un scénario de référence : **Ambition 2030**
- Une ambition plus grande induite par un renforcement des conditions réglementaires (« Fit for 55 ») : **Ambition + 2030**
- Une segmentation fine du marché de l'hydrogène et de ses dérivés (dans les domaines de l'industrie, de la mobilité et de l'énergie)
- Une cartographie du marché

Le déploiement à 2030



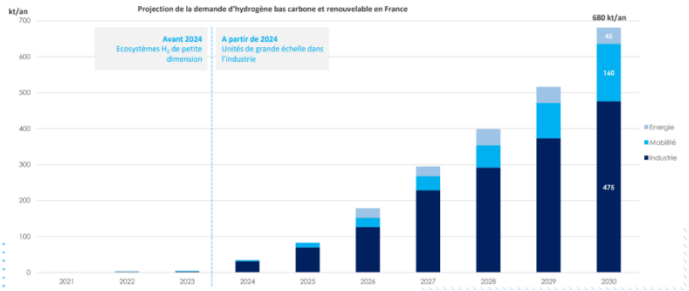
7 bassins

(3 concentrent les 2/3 des besoins : Nord, Vallée deSeine, Méditerranée)

- **680 à 1090 kt** d'hydrogène renouvelable ou bas carbone
  (880 kt H2 gris actuellement)
- Production H2 par électrolyse
  - **6500 MW** : conforte la Stratégie Nationale
  - Ambition + : **10 000 MW**
- **1000 à 1700** stations H2, publiques en majorité

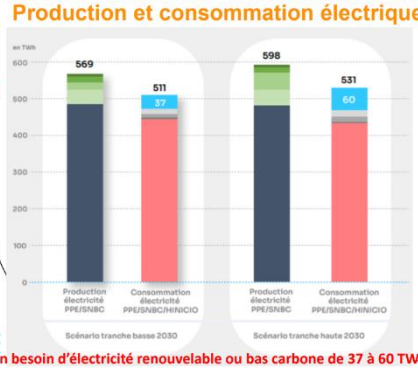
Conseil National de l'Hydrogène, 30 septembre 2021

Jusqu'en 2030, l'hydrogène bas carbone et renouvelable pour l'industrie devrait être le principal vecteur de développement de la demande nationale.



Assez d'électricité ? Bilan prévisionnel National 2030

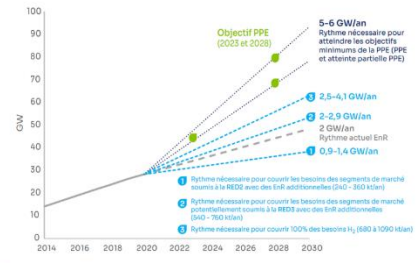
Production et consommation électrique



Un besoin d'électricité renouvelable ou bas carbone de 37 à 60 TWh

Un développement des renouvelables insuffisant

Besoins en électricité renouvelable ou bas-carbone



Un besoin d'électricité renouvelable ou bas carbone de 37 à 60 TWh

*mais le développement des EnR est **insuffisant** si les exigences en H2 renouvelable se confirment*

*Considérant un facteur de charge moyen de l'éolien terrestre et du solaire PV à 2050 h/an et 1 200 h/an

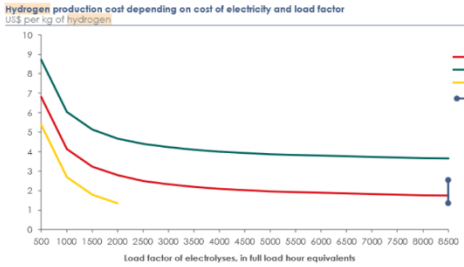
Conseil National de l'Hydrogène, 30 septembre 2021

Enjeux pour la Filière Française

- Réduire les coûts ➔ Changer d'échelle
- Promouvoir la **neutralité technologique**
- Participer à la **réindustrialisation** :

Coût de production de l'hydrogène en fonction du facteur de charge

55 kWh →1kg H2 Electricité à 50 €/MWh → 2,75 €/kg
Electrolyseur à 1000 €/kW – 2 000 heures - Taux = 5% - 20 ans – Opex=2% → 2,75 €/kg
d'où **COUT TOTAL** = 5,5 €/kg à comparer au coût de H2 par vaporeformage : 1,5 + 1 €/kg



Electricité = 10 €/MWh → 0,55
Electrolyseur à 350 €/kW (2500 heures) → 0,77
soit 1,32 €/kg (sortie électrolyseur)

Assumptions: electrolyzers CAPEX US$450/kW, WACC 7%, 30 years lifetime, 70% efficiency
Source: Adapted from Philibert, C. (2017), REFI, Insight Papers, IEA, Paris, Producing hydrogen from renewable energy

Changer d'échelle

Objectif : réduire les coûts

- Contribuer à l'émergence d'écosystèmes territoriaux d'envergure
- Développer l'offre industrielle : électrolyseurs, piles, véhicules,….
- Développer des infrastructures de transport et de distribution (HRS)
- Développer les usages : poursuivre les travaux avec les filières avales (mobilité, industrie, énergie)

……..en un mot , créer un marché !

Vers un marché européen de l'hydrogène

La Dorsale Européenne de l'hydrogène – The European Hydrogen Backbone ("EHB")

- 23 TSO –11 600 km en 2030; 40 000 km en 2040,
- Estimation du coût de transport : 0.11 à 0.21 €/kg per 1000 km,

Promouvoir la neutralité technologique

- **Pas seulement l'électricité renouvelable ! Taxonomie verte**
  - 3,0 kgCO2/kgH2
  (- 73,4 % de réduction par rapport à un comparateur fossile de 94 gCO2/MJ soit 11,278 kg CO2/kg H2)
  - Critères de l'Acte Délégué (RED II)
- **Divers moyens de production de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone : Pas seulement l'électrolyse !**
  - Vaporeformage du gaz naturel (SMR) associé au Captage et à la Séquestration/Utilisation du CO2 (CCS ou CCU)
  - Pyrolyse du méthane (Torche à plasma, Micro ondes)
  - Pyrogazéification / Thermolyse de la biomasse (Haffner)
  - Etat naturel - Algues
- **Equilibre Emploi/Ressource de l'hydrogène renouvelable à l'horizon 2050**

Participer à la réindustrialisation

- Maximiser le contenu local et renforcer les maillons de la chaine de valeur.
- Développer les compétences et la formation

Un objectif de souveraineté technologique nationale

EN CONCLUSION

- **Pas de réussite de la transition énergétique sans Hydrogène**
- **Vecteur énergétique polyvalent – Approche systémique**
- **Massifier pour réduire les coûts : construire des écosystèmes territoriaux, changer d'échelle, importation ?**
- **Poursuivre la R&D et encourager l'innovation**
- **L'Europe a de forts atouts : l'enjeu est aussi industriel**
  maximiser le contenu local et renforcer les maillons de la chaine de valeur.
- **Réglementation ET soutien financier public**

- ***«Le Pacte Vert et les nouveaux objectifs européens»***
  M. Dominique RISTORI, Ancien Directeur général de l'Energie, Commission européenne.

- ***« La compétitivité de l'hydrogène sur les marchés, coût de production, coût d'évolution, nouvelles technologies »***
  M. Jean-Marc LEROY, Président de l'Association française du gaz, Président honoraire de Gaz infrastructure Europe.

- ***« L'hydrogène bas carbone : pour quels usages ? »***
  M. André MERLIN, Ancien Président de RTE.

La production d'hydrogène actuellement

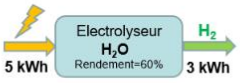
- 90% de l'hydrogène actuel est produit par reformarge du méthane (on l'appelle l'hydrogène « gris »).

méthane + eau ⟶ hydrogène + monoxyde de carbone

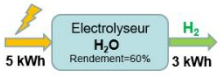
H_2O + monoxyde de carbone ⟶ H_2 + CO_2

1 kg d'H2 ⟶ 10 kg CO_2

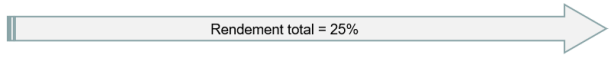
La production d'hydrogène par électrolyse de l'eau



La production d'hydrogène par électrolyse de l'eau

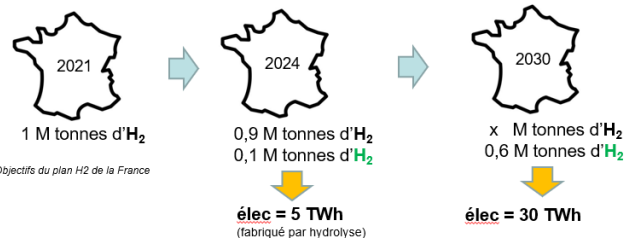


La production d'électricité à partir d'une pile à combustible alimentée par de l'hydrogène « vert »



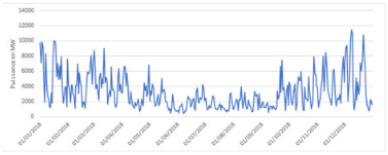
Quels usages pour l'hydrogène décarboné ?

- En priorité pour remplacer l'hydrogène « gris » nécessaire à l'industrie et à l'agriculture.
- Dans le futur, pour certains transports de masse :
  - maritime, routier, ferroviaire,
  - aérien ?



Objectifs du plan H2 de la France

L'hydrogène pour gérer l'intermittence des énergies renouvelables.

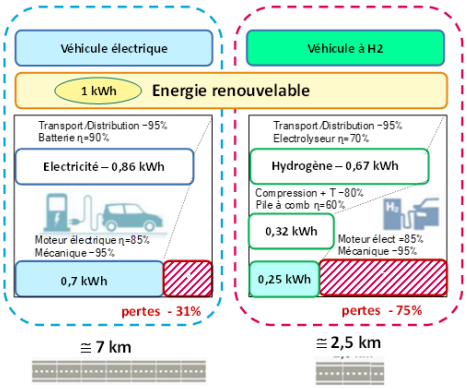


Variabilité de la production éolienne en France (année 2028, source RTE).

Utiliser l'H2 comme moyen de stockage pour gérer l'intermittence :

Coût X 4

Comparaison énergétique d'une voiture électrique et une voiture à hydrogène



Comparaison énergétique d'une voiture électrique et une voiture à hydrogène

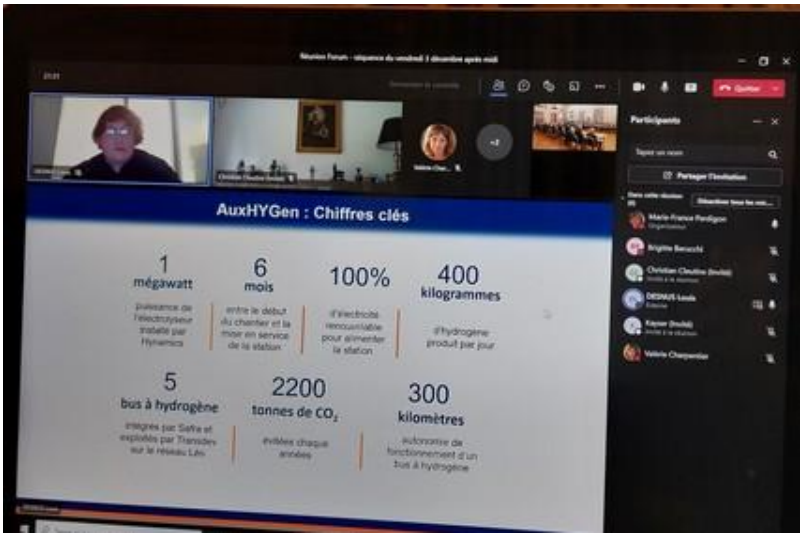
- Avec la même quantité d'électricité (55 kWh) :
  - une voiture électrique = 300 km
  - une voiture à H2 = 100km.

En synthèse

- L'hydrogène bas carbone :
  - pour les usages où l'électricité n'est pas adaptée.
- Utiliser l'**électricité** la **moins chère** pour cet hydrogène (nucléaire, hydraulique, éolien ? solaire ?)
  - Nucléaire : en heure creuse (quand il n'est pas utilisé pour répondre aux besoins du réseau électrique national).
  - Hydraulique: où cette énergie peut être produite à un prix très avantageux (par exemple hydraulique en République Démocratique du Congo).
- Les usages comme le stockage d'électricité pour gérer l'intermittence des énergies renouvelables sont à écarter pour des raisons économiques.

14.30 h L'HYDROGENE ET LA DECENTRALISATION ENERGETIQUE, LE DEVENIR DES HYDROCARBURES :
Présentation des innovations en cours de réalisation

- ***« L'Hydrogène acteur de la décarbonisation de la mobilité et de l'industrie, deux exemples : Auxerre et Vicat » (intervention à distance)***
  M. Louis DESNUS, Directeur de Projets, Hynamics, Groupe EDF.



- ***« Les SMRs, un nouveau type de réacteurs nucléaires adaptés à la production d'hydrogène »***

M. Gérard COGNET, Expert en énergie et stratégie énergétique, Ancien conseiller nucléaire aux ambassades de France en Hongrie et Turquie, Ancien membre du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA).

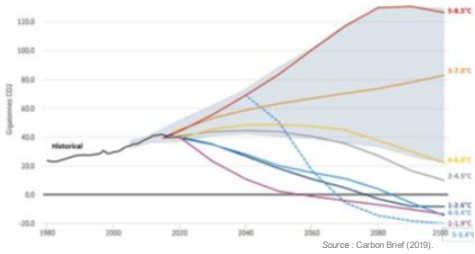
Sommaire

- Problématique changement climatique - énergie
- Intérêt du nucléaire
- Les SMRs
  - ✓ Caractéristiques
  - ✓ Technologies
  - ✓ Applications
  - ✓ Constructeurs
- Quelques exemples
- Conclusions

Changement climatique: il y a urgence

The magnitude of the challenge should not be underestimated

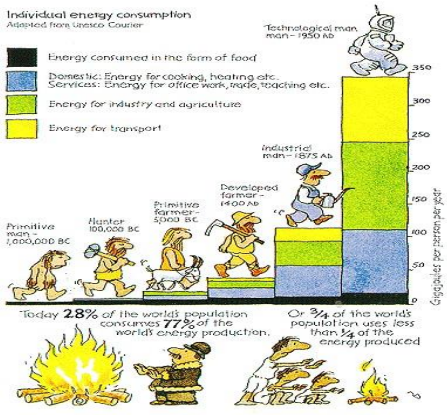
- The planet has a **"carbon budget" of 420 gigatons of carbon dioxide emissions for the 1.5 °C** scenario
- At current levels of emissions, the entire carbon budget would be consumed within **8 years**
- Emissions must go to net zero, but the world is not on track

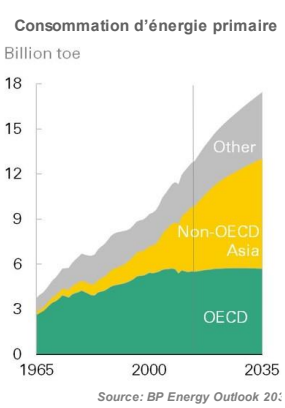


Source : Carbon Brief (2019).

Problématique de l'énergie:

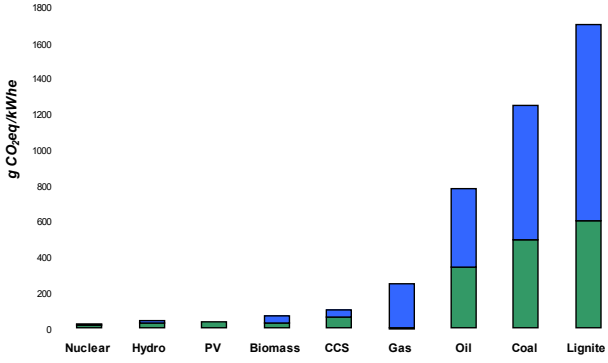
En 2000: 6 milliards de personnes,**Environ 9 milliards en 2050**





Source: BP Energy Outlook 20

Emissions de CO2 emissions : comparaison entre sources d'énergies

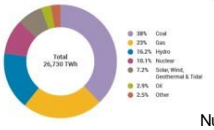


Ranges reflect differences in assessment technology, conversion efficiency, etc …

Source : D. Weisser IAEA May 2006

L'énergie nucléaire aujourd'hui

Nuclear energy generation by country - 2020



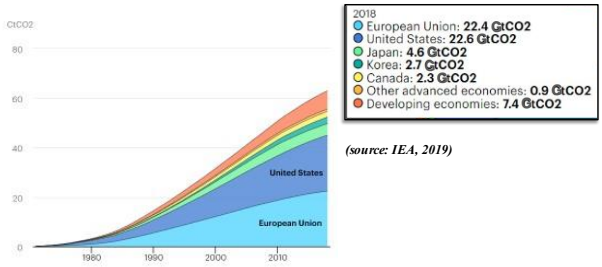
World electricity production by source 2018 *(source: IEA)*

Nuclear power is the second -largest source of low -carbon electricity today, with 452 operating reactors providing 2700 TWh of electricity in 2018, or 10% of global electricity supply.

Source: BP Statistical Review of World Energy & Ember

Emission de CO2 évitées par le nucléaire

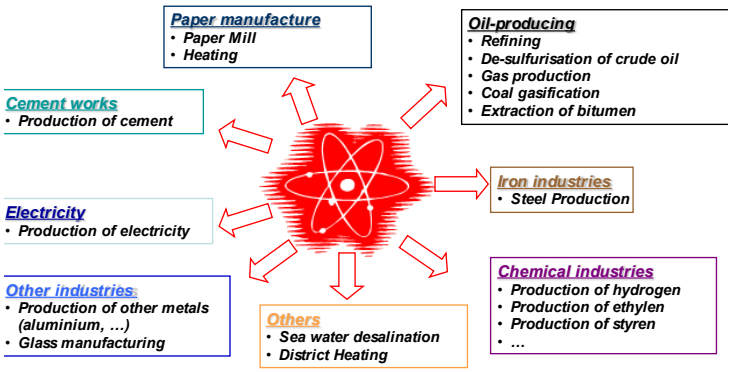
Cumulative CO2 emissions avoided by global nuclear power in selected countries, 1971-2018



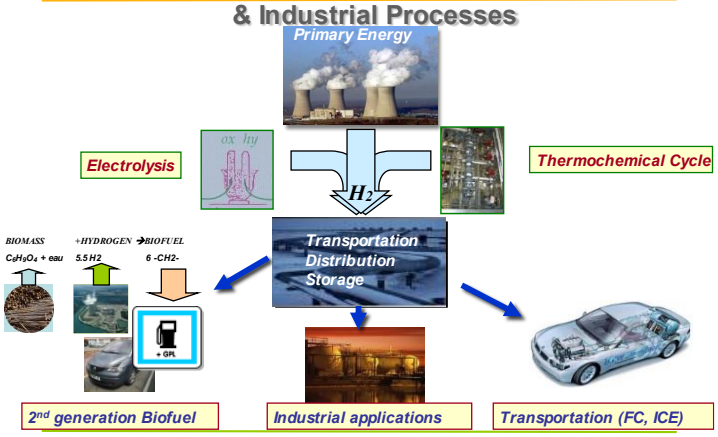
(source: IEA, 2019)

Nuclear power has avoided about 63 Gt of CO2 emissions over the past 50 years, nearly equal to 2 years of global energy -related CO2 emissions.

Autres applications possibles de l'énergie nucléaire



Nuclear Hydrogen for Transportation Fuels & Industrial Processes



Le monde se convertit !

Tout le monde en parle, à commencer par ceux qui font l'économie …

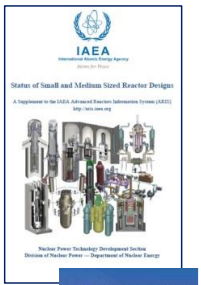
En France aussi !

Le président Emmanuel Macron a annoncé le 12 octobre 2021 allouer 1 milliard d'euros pour des innovations de rupture dans le nucléaire

Décembre 2021

Les SMRs, qu'est-ce que c'est ?

- **According to the IAEA, small reactors are reactors with an equivalent electric power of about or less than 300 MWe**
- **Numerous innovative concepts are under development for various applications:**
  - ✓ **electricity generation,**
  - ✓ **heat production (district heating, industries, …),**
  - ✓ **desalination,**
  - ✓ **coal power plant replacement,**
  - ✓ **alternative to diesel generation in remote communities,**
  - ✓ **decarbonization of hard -to-abate sectors (transportation, …)**
  - ✓ **hydrogen generation and some other …**



Les SMRs ont-ils un avenir ?

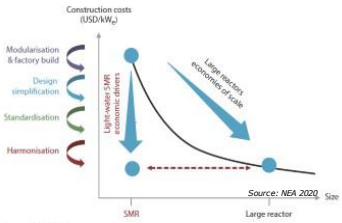
- The SMR concept has been around for decades, but it did not materialize as an industry
- Why is it different this time?
  - Growing climate pressure : exiting fossil sources is an imperative but how ?
  - Scientific consensus about the need of nuclear energy to combat climate change and therefore contribute to a deep decarbonization of the economy. This could result in growing public support and funding (long-term policy support, R&D, regulatory development, public -private partnerships, financial support to FOAK demonstrators, etc.)
  - Technological progress: material science, digital tools, advanced fabrication methods
  - Visionary private investors and venture capitalists support breakthrough innovations and both evolutive and disruptive reactor concepts – multiple competing start-ups
  - Increasing political support for nuclear energy although, in several countries, it is not stated openly
  - Geopolitics: several large economies invest heavily in the development of SMRs, the others, initially more reluctant, don't want to stay behind. It is a kind of renewed competition for global leadership in nuclear technology.

Décembre 2021

SMRs: principaux moteurs économiques

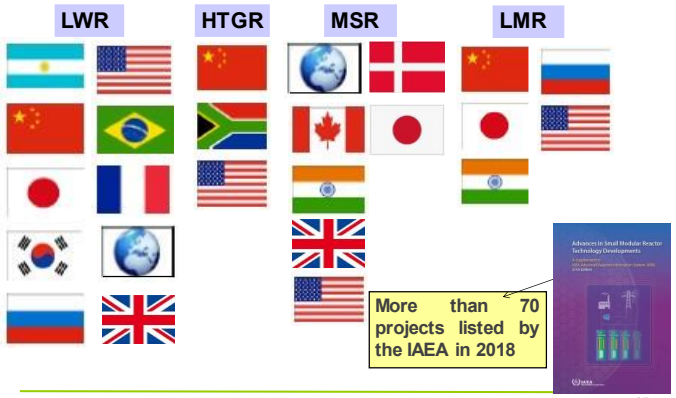
- The main economic drivers that should allow SMRs to beat the diseconomy of scale are intimately linked with **their potential for higher intrinsic safety compared to current generation of large reactors** :

1. Modularization & factory build
2. Design simplification
3. Standardization
4. Harmonization

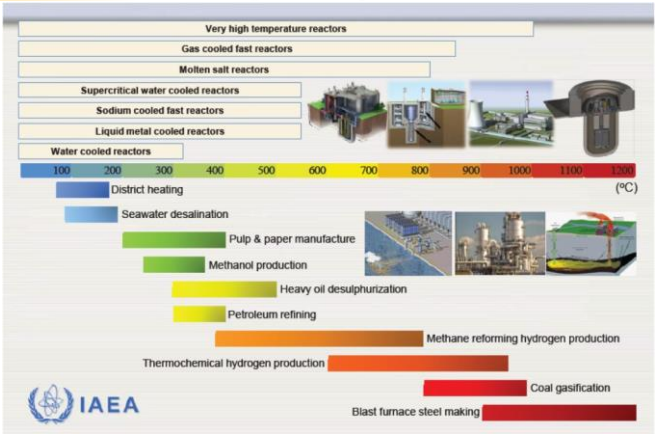


- Moreover, as regards investment, SMRs present a-priori some attractive features compared to large reactors: **lower capital costs, smaller upfront investment** , possibility of sequencing, lower risks in terms of construction time overruns, ...

Un grand nombre de projets et plusieurs technologies

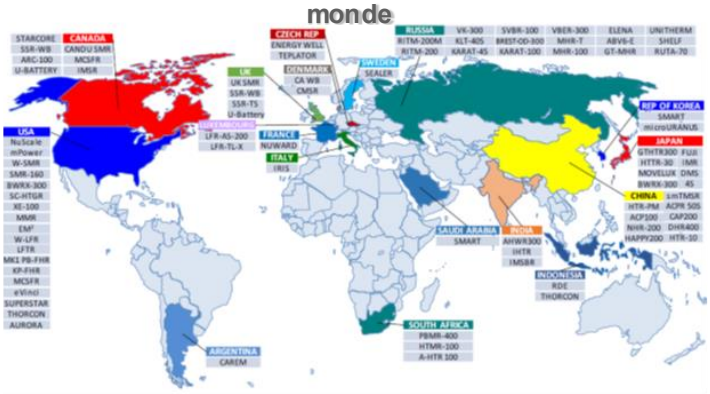


Des technologies adaptées aux marchés



SMR designs for non -electrical applications according to system temperature

Les technologies SMRs en développement dans le monde



Source : AIEA-2020

Des niveaux de développement très différents suivant les technologies

Stage of Design or Deployment of SMRs in terms of their Output Capacity

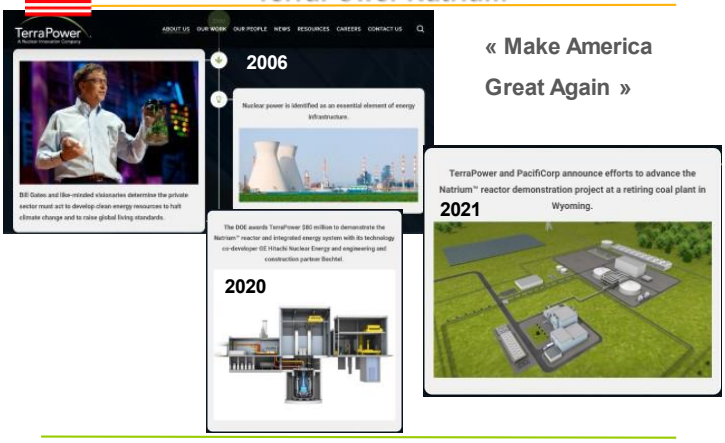
Floating SMR: Akademik Lomonosov

KLT-40S nuclear reactors with 35x2 Mwe

- **Construction started in 2007**
- **Commerical operation since 2020**

MAJOR TECHNICAL PARAMETERS	
Parameter	**Value**
Technology developer, country of origin	JSC "Afrikantov OKBM", Rosatom, Russian Federation
Reactor type	PWR
Coolant/moderator	Light water / light water
Thermal/electrical capacity, MW(t)/MW(e)	150 / 35
Primary circulation	Forced circulation
NSSS Operating Pressure (primary/secondary), MPa	12.7
Core Inlet/Outlet Coolant Temperature (°C)	280 / 316
Fuel type/assembly array	UO_2 pellet in silumin matrix
Number of fuel assemblies in the core	121
Fuel enrichment (%)	18.6

TerraPower Natrium



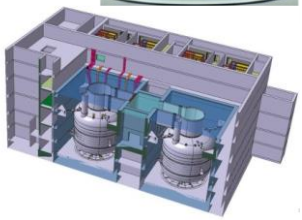
« Make America Great Again »

NuScale (NuScale Power, LLC)

Reactor type Integral PWR
Thermal / electrical capacity: 200 MW(th) / 60 MW(e) (gross)
Core Inlet / Outlet Coolant Temperature : 265°C / 321°C
Fuel type/assembly array UO2 pellet / 17x17 square

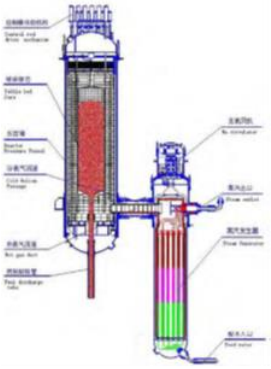
Vue d'artiste du projet de SMR de Nuscale Power (Les Echos 4 avril 2021)

NUWARD (EDF – CEA – TA - Naval Group)



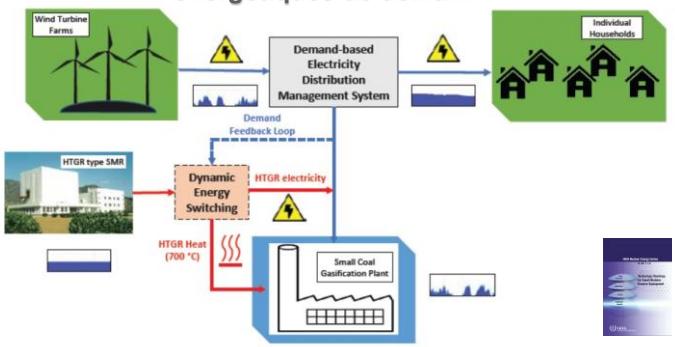
MAJOR TECHNICAL PARAMETERS	
Parameter	Value
Technology developer, country of origin	EDF-led consortium with CEA, Naval Group, and TechnicAtome, France
Reactor type	Integral PWR
Coolant/moderator	Light water / light water
Thermal/electrical capacity, MW(t)/MW(e)	2x540 / 2x170
Primary circulation	Forced circulation
Operating Pressure (primary/secondary), MPa	15 / 4.5
Core Inlet/Outlet Coolant Temperature (°C)	280 / 307
Fuel type/assembly array	UO_2 / 17x17 square pitch arrangement
Number of fuel assemblies in the core	76
Fuel enrichment (%)	<5
Core Discharge Burnup (GWd/ton)	-
Refuelling Cycle (months)	24
Reactivity control mechanism	Control rod drive mechanism (CRDM), solid burnable poisons
Approach to safety systems	Passive
Design life (years)	60
Plant footprint (m^2)	3500, nuclear island including fuel storage pool
RPV height/diameter (m)	13 / 4
RPV weight (metric tonnes)	310
Seismic Design (SSE)	0.25g
Distinguishing features	Highly compact NSSS and containment, boron-free design, load follow
Design status	Conceptual Design

HTR-PM (Tsinghua University, China)



MAJOR TECHNICAL PARAMETERS	
Parameter	Value
Technology developer, country of origin	INET, Tsinghua University, People's Republic of China
Reactor type	Modular pebble bed high temperature gas-cooled reactor
Coolant/moderator	Helium/graphite
Thermal/electrical capacity, MW(t)/MW(e)	2x250 / 210
Primary circulation	Forced circulation
NSSS Operating Pressure (primary/secondary), MPa	7 / 13.25
Core Inlet/Outlet Coolant Temperature (°C)	250 / 750
Fuel type/assembly array	Spherical elements with coated particle fuel
Number of fuel assemblies in the core	420 000 (in each reactor module)
Fuel enrichment (%)	8.5

Les SMRs: un des piliers des écosystèmes énergétiques de demain

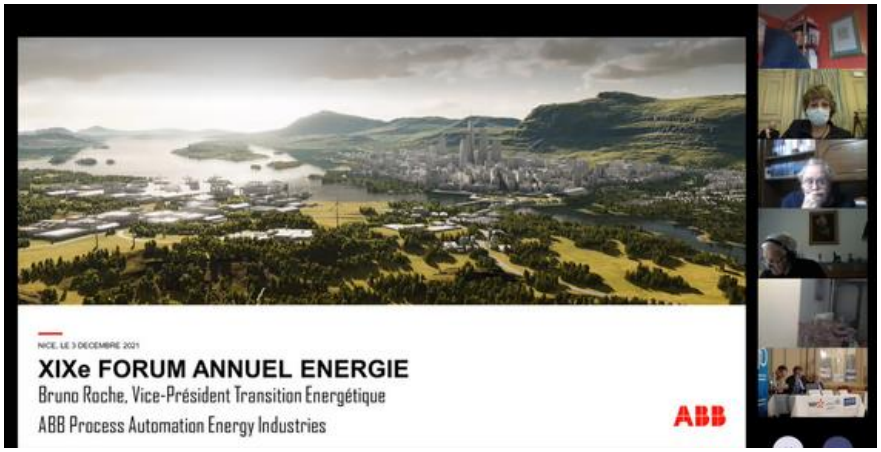


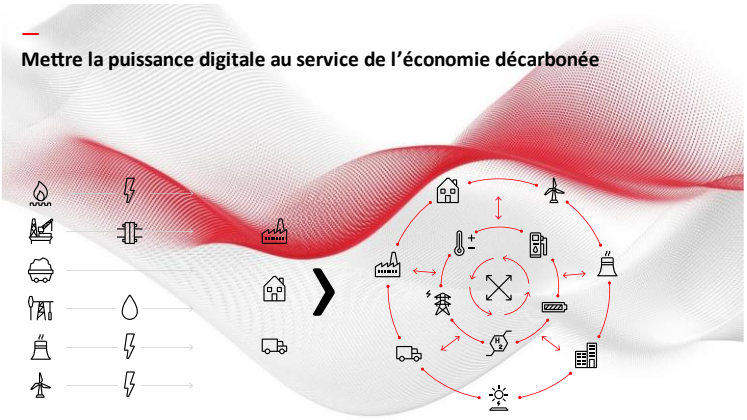
Hybrid system of wind power and HTGR connected to a coal gasification plant

Conclusions

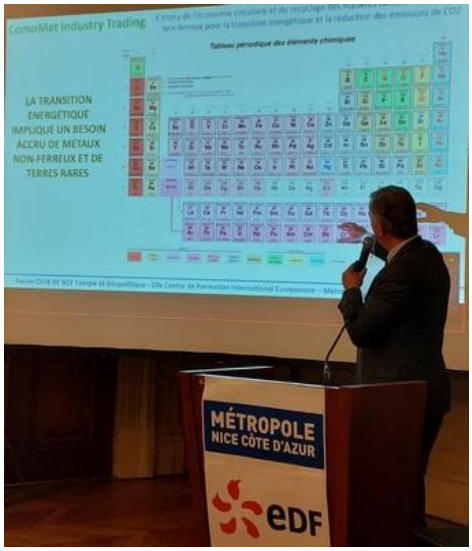
- Nuclear energy may have a key role in an energy mix aiming at a sustainable low-carbon future
- Nuclear and renewable energies are more than ever complementary
- Nuclear energy offers alternative solutions to fossil energies for several industries on the basis of electricity, H2 or heat production
- In this regard, SMRs are an asset

- ***« Les Technologies clés pour réussir la transition énergétique. L'enjeu du digital pour piloter les énergies »***
  M. Bruno ROCHE, Vice-Président, Responsable global Transition Energétique chez ABB.





- ***"L'enjeu de l'économie circulaire et du recyclage des matières contenant des métaux non-ferreux pour la transition énergétique et la réduction des émissions de CO2"***
  M. Eric COKINI, Trading & Recycling Strategies, Non-ferrous Commodities, ComoMet Industry Trading Ltd.



- ***Intervention de*** **M. Yves IGNAZI,** Ingénieur conseil en gestion des ressources humaines, Ancien président du CNAM PACA, au nom de l'Association des Ingénieurs et Scientifiques de France (IESF)

17.30 h Débat de clôture – Fin des travaux

PARTICIPANTS

AMADEI Ange *(France)*	Retraité de l'enseignement.
AUPY-NIGOUL Nicole *(France)*	Ancienne Directrice administrative de l'Institut Européen des Hautes Etudes Internationales, Nice.
AVRAM Raluca (France)	Responsable administrative, Master Méditerranée, CIFE.
BEAUD Richard *(France)*	Dominicain, Egyptologue, Professeur en philosophie.
BECKER Helena (Allemagne)	Volontaire OFAJ (Service civique).
BERP Alain (France)	Architecte DPLG.
BOISSIERE Iris-Laure (France)	Chargée de mission.
BOUCLY Philippe *(France)*	Président de France Hydrogène, ancien Directeur général de GRTgaz.
BOULARES Lina (France)	Chercheur.
BOURGEOT Pierre *(France)*	Ancien Directeur général du Centre de Calcul, Enseignant au CNAM.
CALATALYUD Benoit *(France)*	Responsable transition énergétique, BpiFrance.
CARANTONA Elena (Espagne)	Directrice des Affaires européennes.
CARIOU Christian *(France)*	Ingénieur en système d'information et de télécommunication, Ancien d'IBM Corporation.
CECCHINI Patrick (France)	Architecte.
CERUTTI Jean-Pierre *(France)*	Professeur retraité de l'Education nationale, Membre associé de l'IHEDN.
CHARPENTIER Valérie (France)	Responsable du service de documentation et des ressources Web, CIFE.
CIVELEK Jale *(Turquie)*	Ancien professeur à l'Université Yeditepe, Istanbul.
CLEUTINX Christian *(Belgique)*	Ancien directeur à la Commission européenne, ancien directeur général de l'Agence d'approvisionnement d'Euratom.
COGNET Gérard *(France))*	Expert-consultant en énergie et stratégie énergétique, Ancien conseiller nucléaire aux ambassades de France en Hongrie et Turquie, Ancien membre du Commissariat à l'Energie Atomique.
COKINI Eric *(France)*	Trading & Recycling Strategies, Non-ferrous Commodities, ComoMet Industry Trading Ltd.
CONSTANTINESCO Vlad (France)	Professeur université de Strasbourg.
DAIRAINE Xavier *(France)*	Directeur de projet du programme Eco-gagnant, Communauté urbaine de Dunkerque.
DARCOURT Guy *(France)*	Professeur Emérite de psychiatrie, Université de Nice.

DELGADO Louis-Christophe *(France)* Local Division Manager Energy Industries, Société ABB France.

DEMART François *(France)*	Professeur Emérite des Universités (Chirurgie/ORL), Université de Nice
DESNUS Louis *(France)*	Directeur de Projets, HYNAMICS Groupe EDF.
DROULIN Jean-Louis *(France)*	Ingénieur, IESF (Ingénieurs Et Scientifiques de France).
DUVAL Bernard (France)	Professeur associé, IFP School.

EL ANDALOUSSI Habib *(Algérie/France)* Consultant, Energy Expert.

FALISSE Michel (France)	Directeur de société.
FLORIS Bruno *(France)*	Président de BSF Energy Consulting.
FRAISSE Henri (France)	Président du FIDAREC.
GANTES Patrick (Suisse)	Secrétaire général du CRES, Genève.
GAUCHER Jean-Guy (France)	Professeur université de Strasbourg
GIANSILY Jean-Antoine *(France)*	Vice-président du Centre international de formation européenne, ancien Vice-président de la Commission des budgets du Parlement européen.
GUIBBOLINI Patrick *(France)*	Directeur du Développement Territorial Côte d'Azur, Groupe EDF Direction Commerciale Méditerranée.
GUILLET Rachel (France)	Directrice du Diplôme des hautes études sur la transition énergétique et gouvernance globale, CIFE.
GUILLOT Félicitas *(Pays-Bas)*	Juriste.
HAQUANI Chafica *(Afghanistan)*	Ancien officier de protection auprès de l'Office français de protection des réfugiés et des apatrides (OFPRA).
HAQUANI Zalmaï *(Afghanistan)*	Ancien Ambassadeur d'Afghanistan à Paris.
HEROUAN Pauline *(France)*	Directrice du Développement Durable, Métropole Nice Côte d'Azur.
IGNAZI Yves *(France)*	Ingénieur conseil en gestion des ressources humaines (IESF), Ancien président du CNAM PACA.
JARDEL Jean-Pierre *(France)*	Professeur Emérite des Universités (Anthropologie-sociologie), Université de Nice.
JOLIVET Cedric *(France)*	Expert Gaz Vert, GRDF.
KAYSER Gaston (France)	Ancien ingérieur EURATOM et CEA.
LAUSIER Philippe *(Belgique)*	Inspecteur général honoraire du Pacte Culturel (Services du Premier Ministre).
LEBRATY Jacques *(France)*	Professeur Emérite des Universités (Sciences de Gestion), Université de Nice.
LEPINE Frédéric *(Belgique)*	Directeur général adjoint, Responsable Qualité, Rédacteur en chef de l'Europe en Formation, Centre international de formation européenne.

LEROY Jean-Marc *(France)*	Président de l'Association française du gaz, Président honoraire de Gaz infrastructure Europe.
MANIATOPOULOS Constantin *(Grèce)*	Ancien directeur de l'Energie à la Commission européenne.
MARTIN Régis *(France)*	Adjoint au chef de service de l'Agence de la Performance Energétique, Métropole Nice Côte d'Azur.
MARTINEZ Angèle *(France)*	Chargée de mission, Métropole Nice Côte d'Azur.
MEDA Maurice *(France)*	Conseiller d'Etat, ancien Vice-président de la Commission de régulation de l'Energie, membre du Conseil supérieur de l'Energie.
MERLIN André *(France)*	Ancien Président de RTE.
MIRCOVIC Marie (France)	Responsable administrative, DHEEI Politiques européennes et gouvernance.
MORIN Gérard (France)	Expert (retraité) en transition énergétique.
MUZARD Jean-Claude *(France)*	Mathématicien.
NIGOUL Claude *(France)*	Président du Club de Nice.
PALIGE Aline (France)	Senior Programme Manager, Berlin.
PASTOR Thierry *(France)*	R&B Trust / ILS Energy Ltd, Monaco, Expert du centre d'analyse « Energia ».
PETERSEN Kristina (Allemagne)	Responsable en communication.
PRADAL Philippe *(France)*	Ancien Maire de Nice, Président délégué de la Métropole Nice Côte d'Azur, délégué aux finances et aux transports.
PRUFER Yves *(France)*	Chef de service de l'Agence de la Performance Energétique, Métropole Nice Côte d'Azur.
RACINE Pierre-Antoine *(Suisse)*	Expert en Protection intellectuelle, GRAPHENATON S.A.
RAINAUD Jean-Marie *(France)*	Professeur Emérite des Universités (Droit), Université de Nice.
RISTORI Dominique *(France)*	Ancien Directeur général de l'Energie, Commission européenne.
ROCHE Bruno *(France)*	Responsable de la transition énergétique, Société ABB France.
ROUVIERE Christophe *(France)*	Président, NATUREO France.
ROZELOT Jean-Pierre *(France)*	Président de IESF-CA (Société des Ingénieurs de France)
SABBAGH Alice *(France)*	Membre du Mouvement Européen.
SANTALO Amédée *(France)*	Conseiller en développement.
SCHAFER Leonore (Allemagne)	Programme Manager, CIFE Berlin.
SEBAG Jean-Claude (France)	Avocat.
SIMEONI Max (France)	Ancien député européen.

STEIGERWELD Fabian (Allemagne)	Assistant de projets.
TEYSSEYRE Laure *(France)*	Chargée de mission, Métropole Nice Côte d'Azur.
TOUATI Angélique *(France)*	Avocat.
UZIEL Philippe *(France)*	Ingénieur Conseil.
VALENZA Marcello *(France)*	Directeur territorial Alpes Maritimes, GRDF.
VALSARDIEU Claude *(France)*	Ingénieur-géologue, Docteur ès Sciences d'Etat (géologie).
VEREZ Jean-Claude *(France)*	Economiste, Maître de conférences à l'Université d'Artois, Directeur du DHEEI Etudes méditerranéenne au Centre international de formation européenne.
VIANO Sébastien *(France)*	Directeur Europe et financements extérieurs, DGA Entreprises, Développement économique, Tourisme et Emploi, Métropole Nice Côte d'Azur.
WAECHTER Matthias *(Allemagne)*	Directeur général du Centre international de formation européenne.

avec la participation des étudiants et chercheurs francophones du Centre International de Formation Européenne et d'établissements de troisième cycle.

NB : les participants indiqués en bleu ont participé en ligne.

CERTAINES DES PRESENTATIONS DE CETTE MANIFESTATION PEUVENT ETRE CONSULTEES EN LIGNE SUR LE SITE DU CIFE

https://www.cife.eu/en/6/description_184-1

Cette manifestation a été soutenue par

Co-founded by the Erasmus+ Programme of the European Union