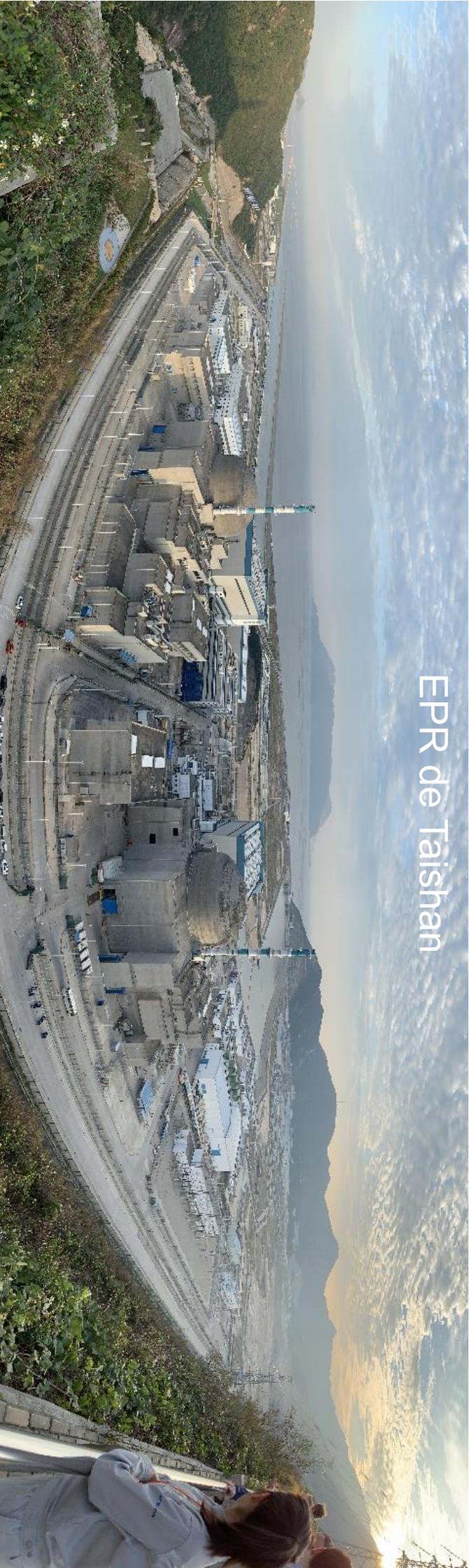


Conférence SFEN PACA, 15 Octobre 2021, Aix-en-Provence

Le nucléaire chinois au service de la décarbonation à marge forcée de l'économie chinoise

EPR de Taishan



Christophe POINSSOT

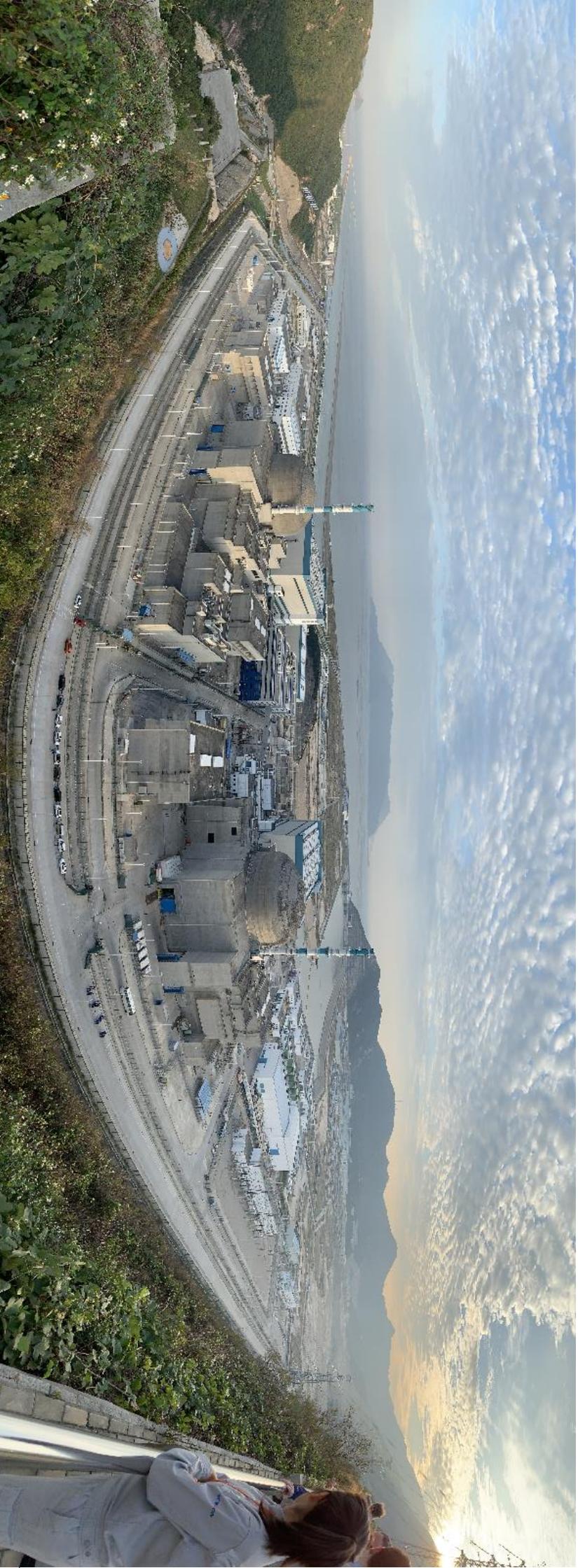
*Ancien Conseiller Nucléaire et Représentant du CEA en Chine (2018-2020), Professeur INSTN en Chimie Nucléaire
Directeur Général Délégué et Directeur Scientifique du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)*

Avec le soutien du Service Nucléaire auprès de l'Ambassade de France en Chine



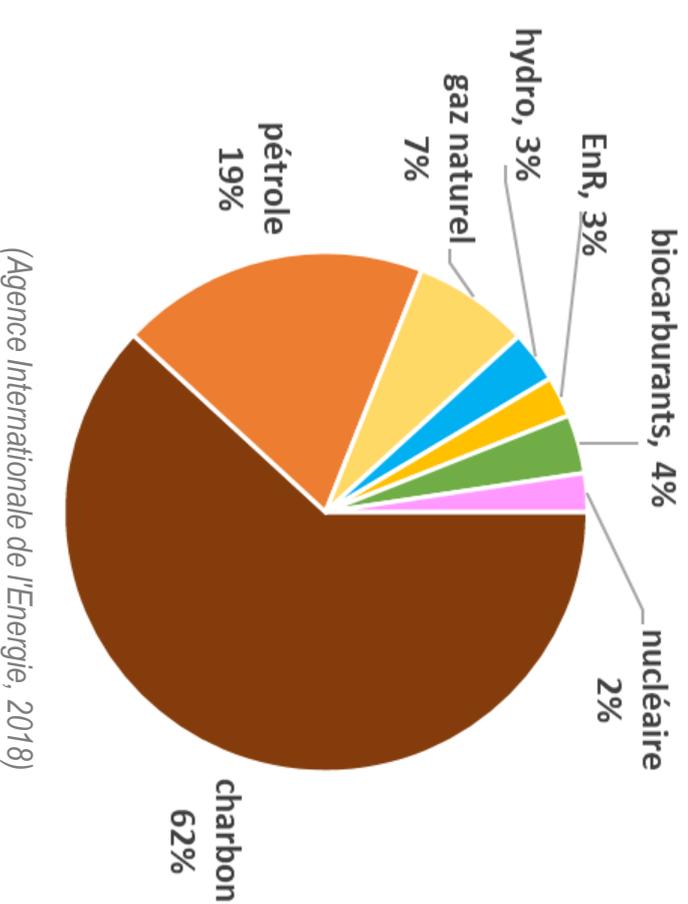
Préambule

Au-delà des faits, les opinions et analyses exprimées dans cette présentation sont strictement personnelles et n'engagent pas mes employeurs passés ou actuels.

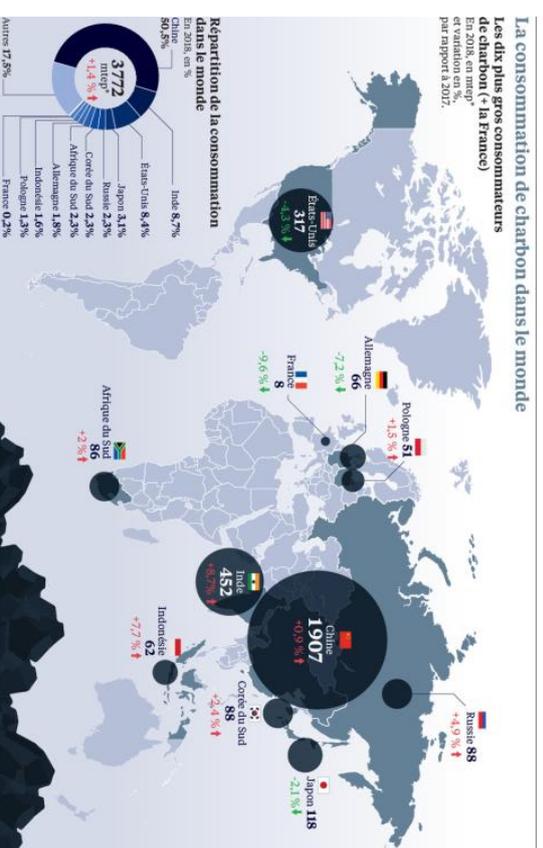


Quel est le mix énergétique actuel de la Chine ?

- ❑ Les énergies carbonées représentent encore 88% du mix énergétique chinois
- ❑ La Chine possède d'importantes réserves de charbon ⇔ indépendance énergétique

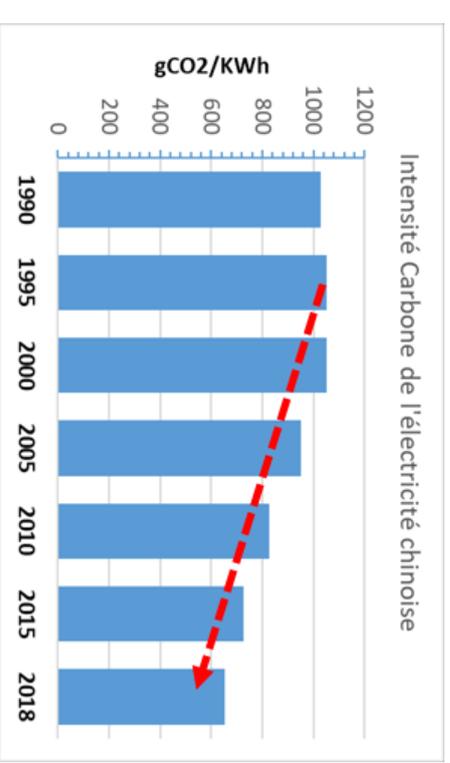
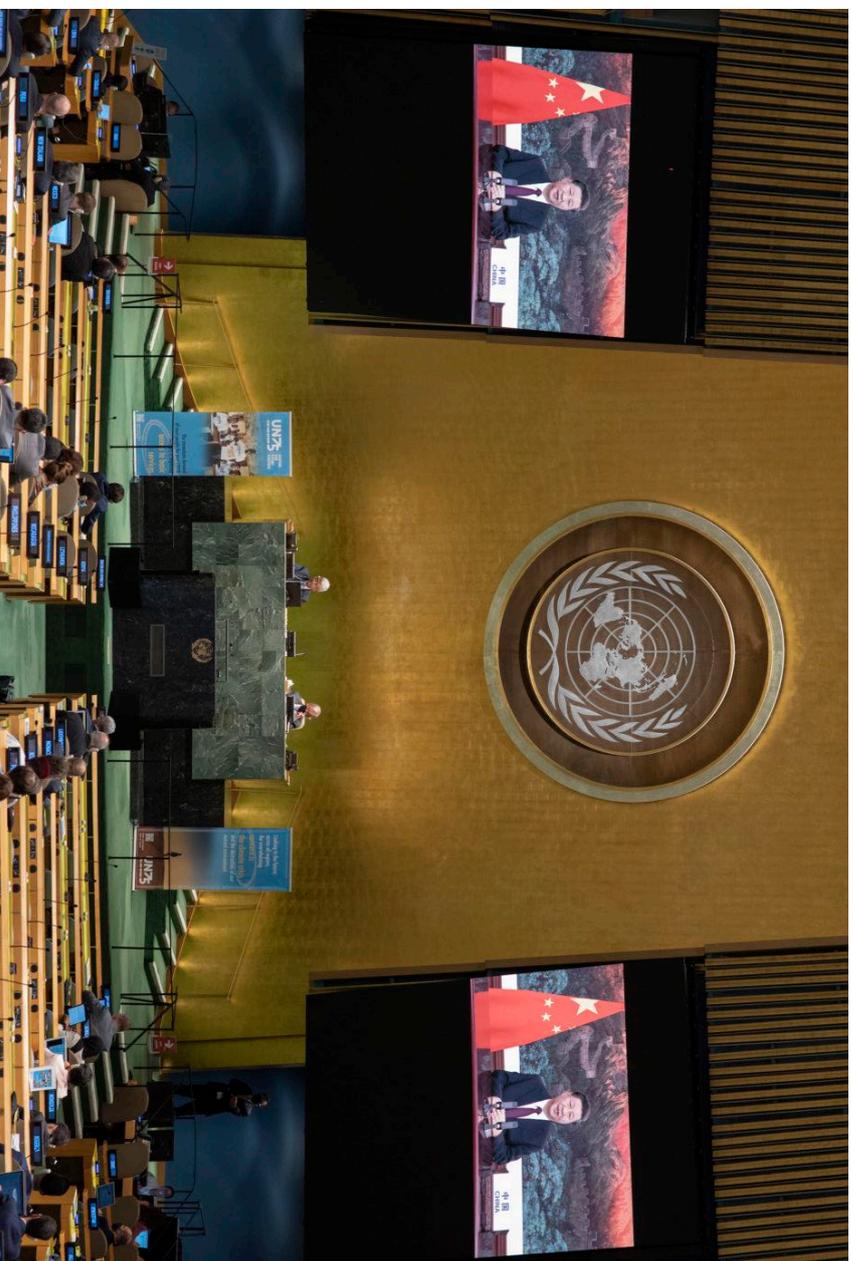


% indépendance	
Charbon	92%
Pétrole	31%
Gaz	58%
Uranium	33%



Xi Jinping annonce la neutralité carbone d'ici 2060

- Lors de la 75ème Assemblée générale des Nations Unies en septembre 2020, Xi Jinping a annoncé que la Chine plafonnerait ses émissions avant 2030 et s'efforcerait d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2060.



En décembre 2020, la Chine a rehaussé les ambitions chinoises (NDC) à l'horizon 2030:

- 20 → 25% d'énergies non fossiles dans le mix
- ENR > 1 200 GW

La décarbonation pour répondre à des besoins politiques internes

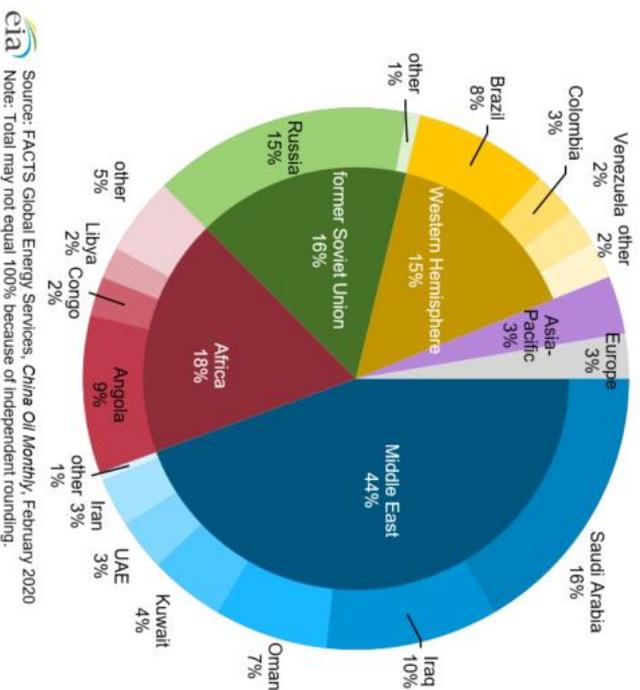
1 Préserver l'indépendance énergétique
(Charbon, nucléaire et EnR)

2 Répondre aux besoins croissants
(population, croissance)

3 Réduire la pollution atmosphérique urbaine

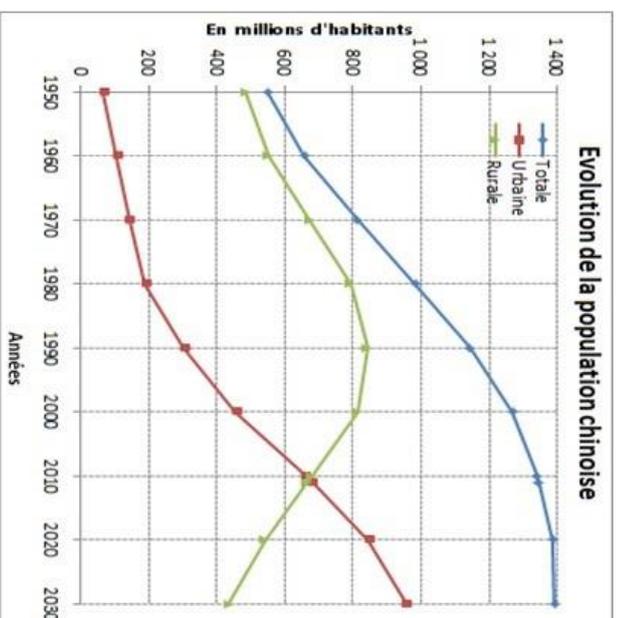
Importation de pétrole (2019)

69% des besoins

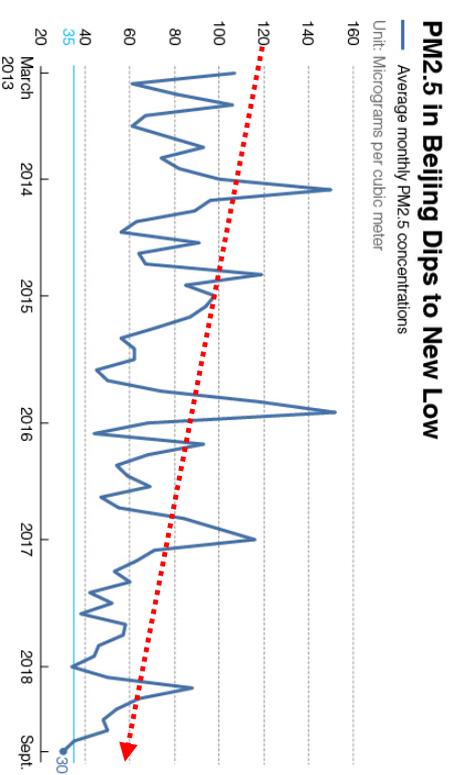


Source: FACTS Global Energy Services, China Oil Monthly, February 2020
Note: Total may not equal 100% because of independent rounding.

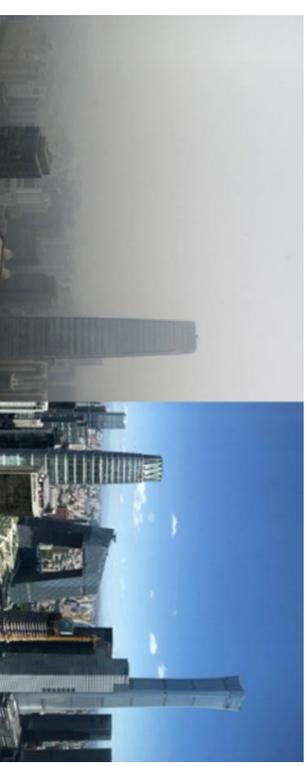
Ch. Polinssot



5

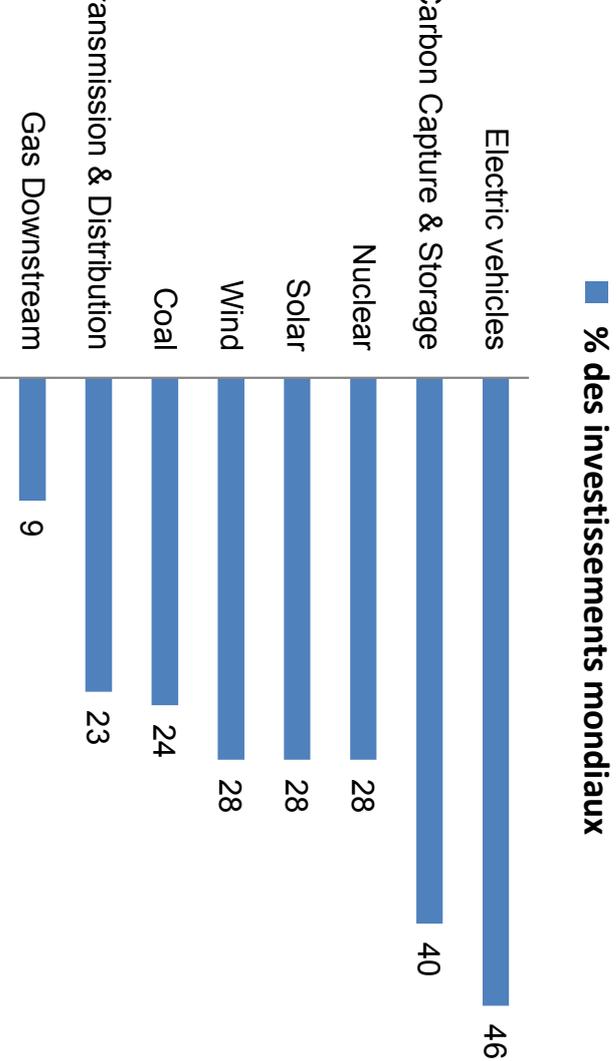


Sources: China National Environmental Monitoring Center, Caidin Data, CEIC



Conférence SFEN PACA – Octobre 2021

Les énergies décarbonées au centre d'une course technologique

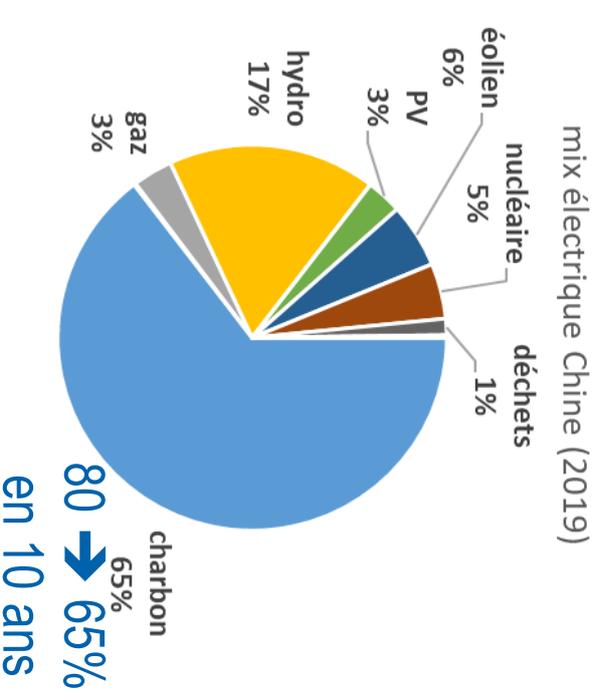
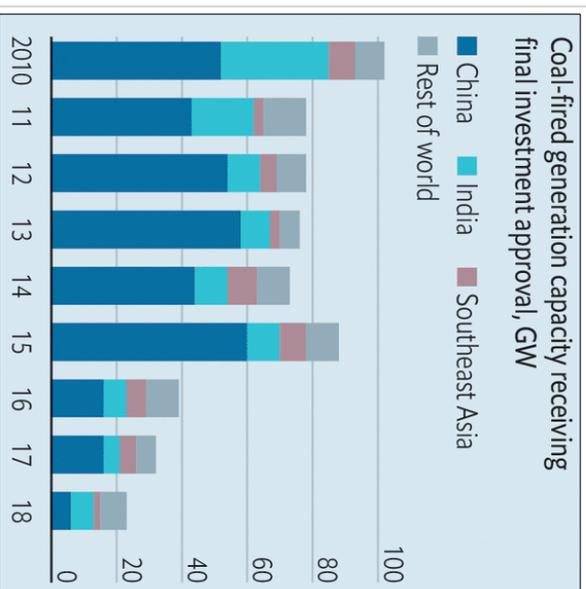
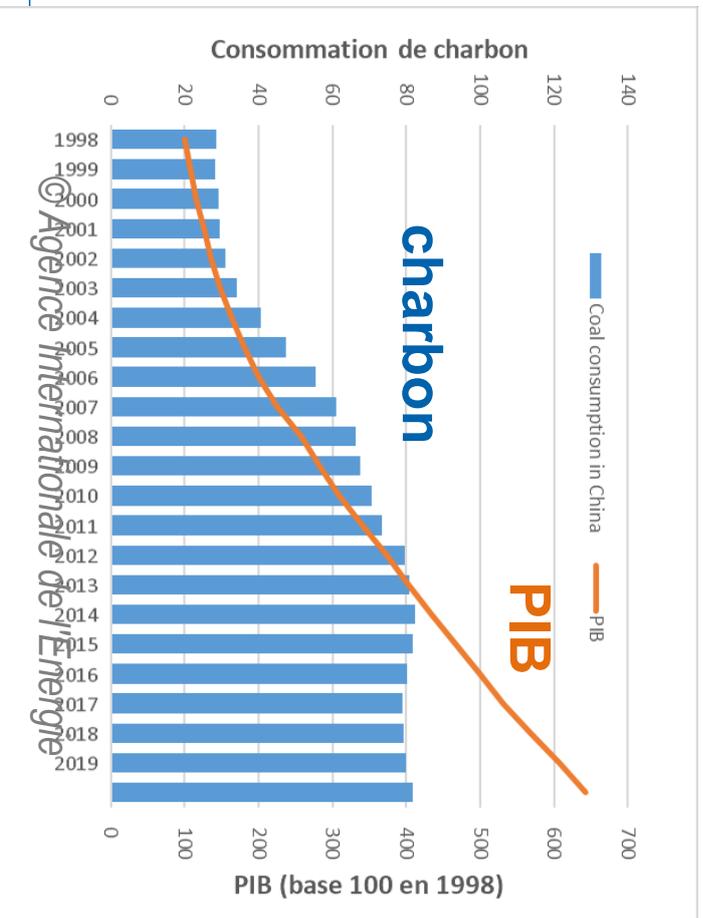


- Ambition de devenir 1^{ère} puissance technologique (budget 2.5%PIB, ~4M staff en R&D, 1^{er} en publis/brevets (+17%/an), CAS = 1^{er} organisme R&D devant Harvard)
- Technologies décarbonées vu comme **critère de leadership technologique, politique et économique** → axe stratégique du pays
- Plan "**Made in China 2025**" (MIC 2025) ⇔ autonomie technologique



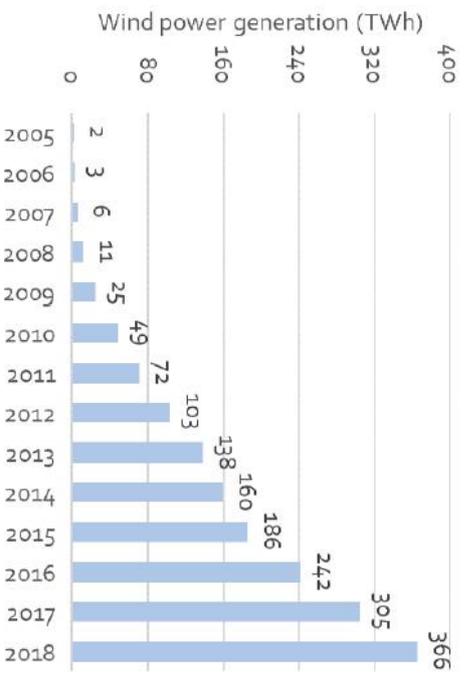
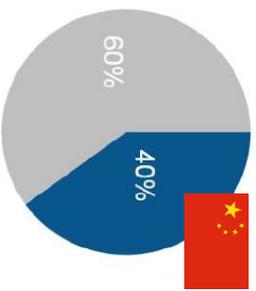
La Chine tente de se défaire de l'emprise du charbon

- ❑ Electrification rapide (x 5 en 20 ans) tirée d'abord par le charbon puis EnR
- ❑ Le charbon a permis le décollage économique chinois → réserves importantes, exploitation bon marché, ... mais fortes pollutions atmosphériques et émission GES
- ❑ Découplage de la croissance chinoise et du charbon depuis ~ 2010,
 - ↪ rythme de construction de nouvelles centrales, développement technologies plus propres, fermetures des centrales les plus polluantes

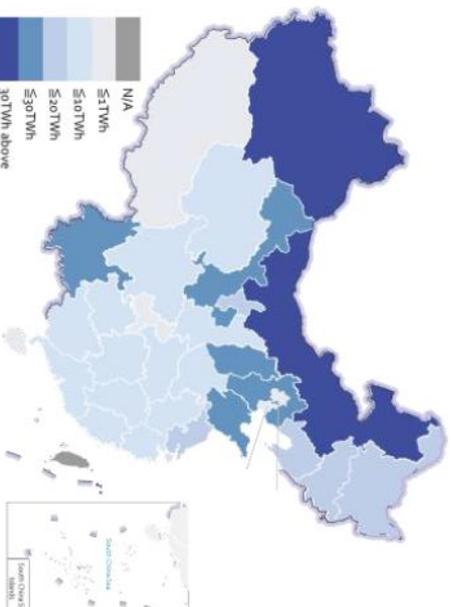


La croissance des renouvelables en Chine est impressionnante !

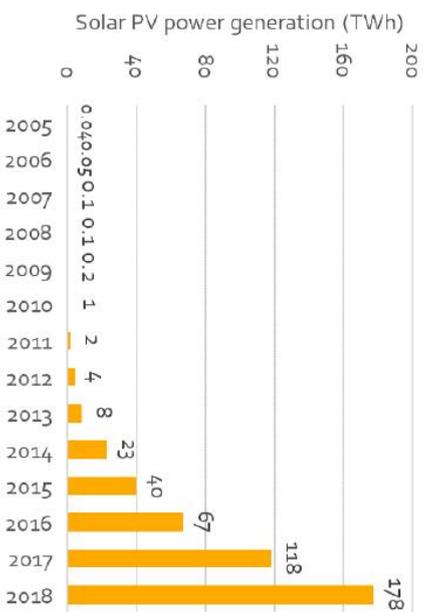
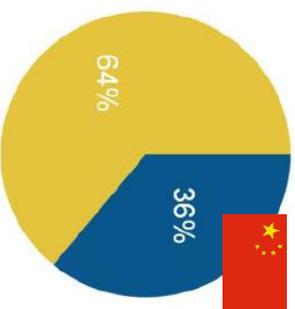
Eolien



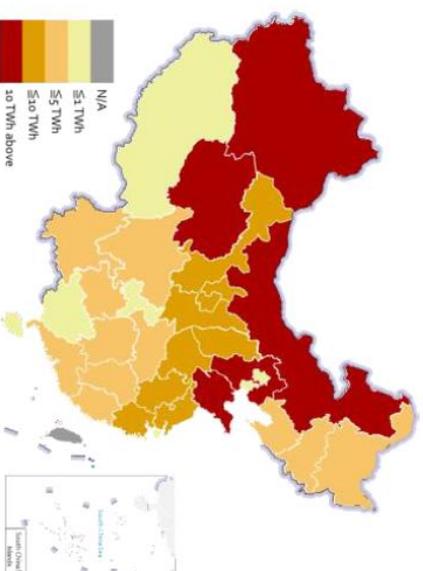
Source: CNREC, March 2019



Solaire Photovoltaïque



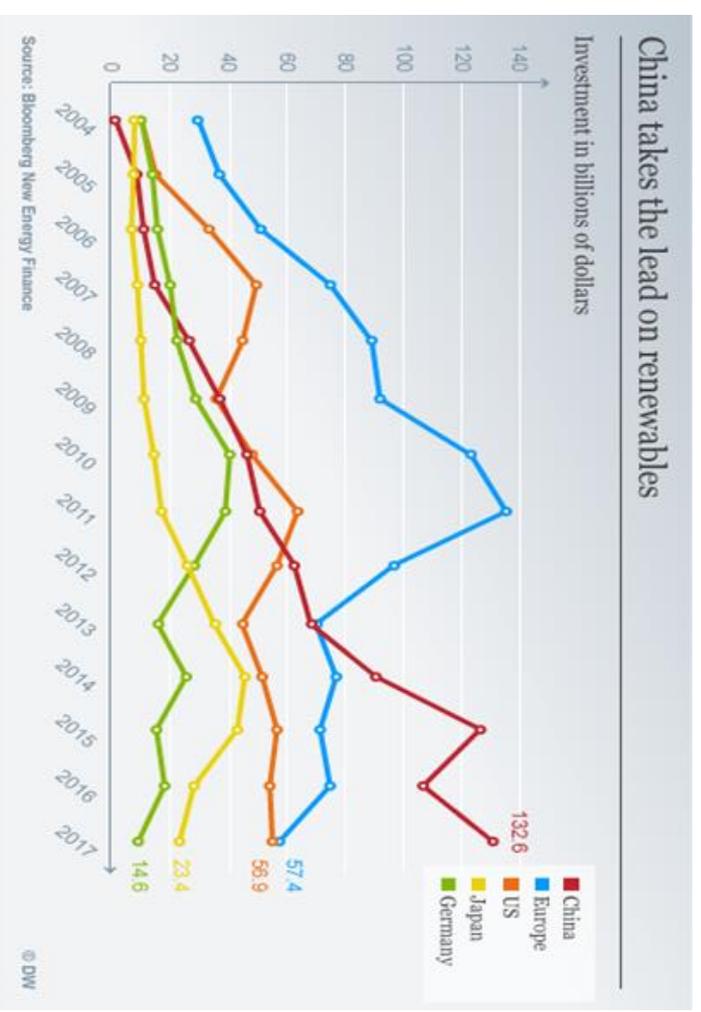
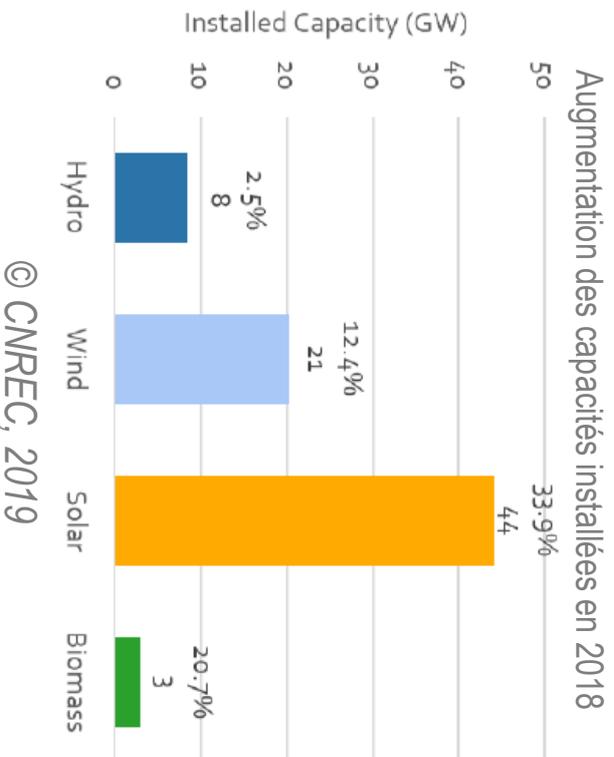
Source: CNREC, March 2019



Et la Chine continue à investir massivement ...

❑ La Chine a le plus fort taux de croissance de son parc EnR

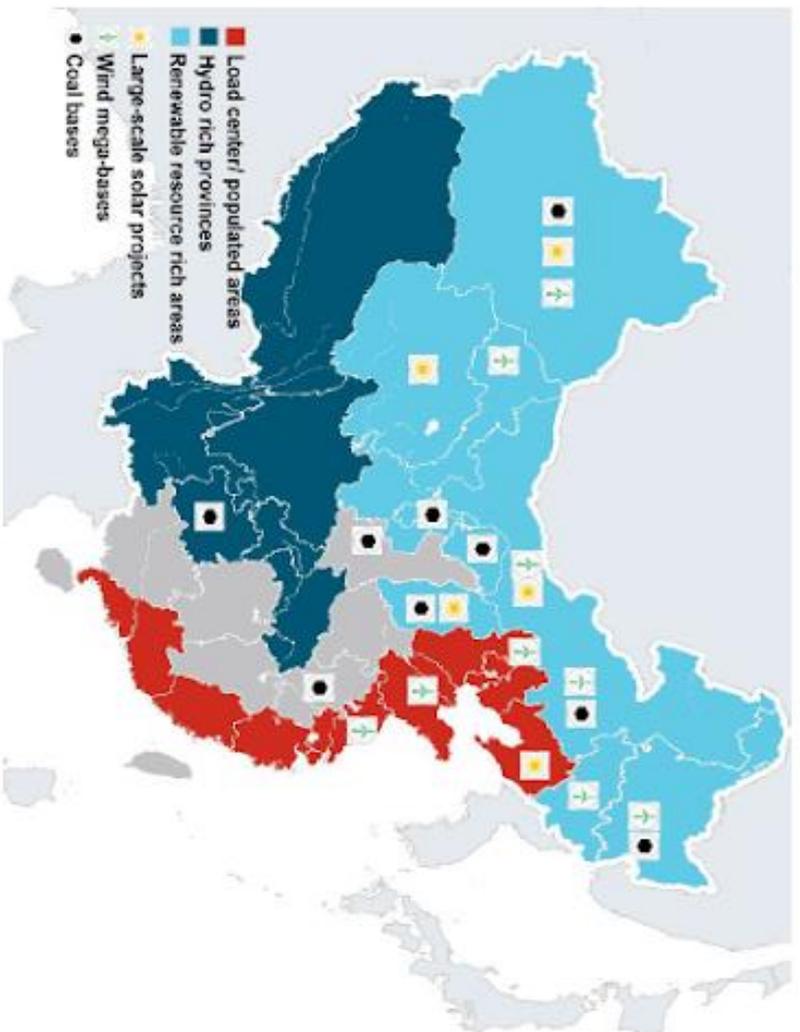
❑ La Chine est le pays investissant le plus dans le développement des EnR



Les investissements dans les EnR se sont un peu ralentis depuis 2018 mais ils restent > 100 Md\$/an

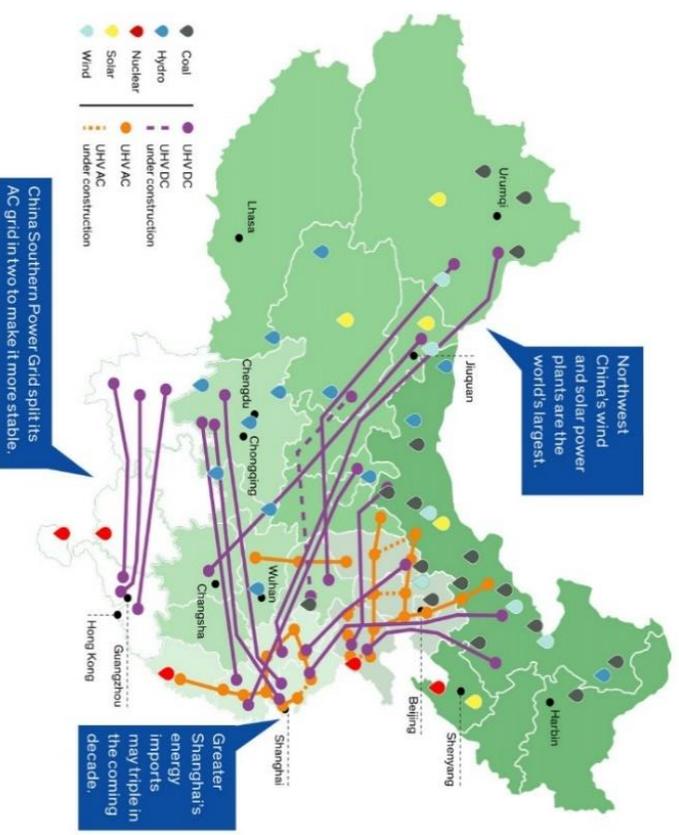
Le développement rapide des ENR met le réseau sous tension

❑ Fort déséquilibre géographique entre l'offre en électricité et la demande



Source: Bloomberg New Energy Finance

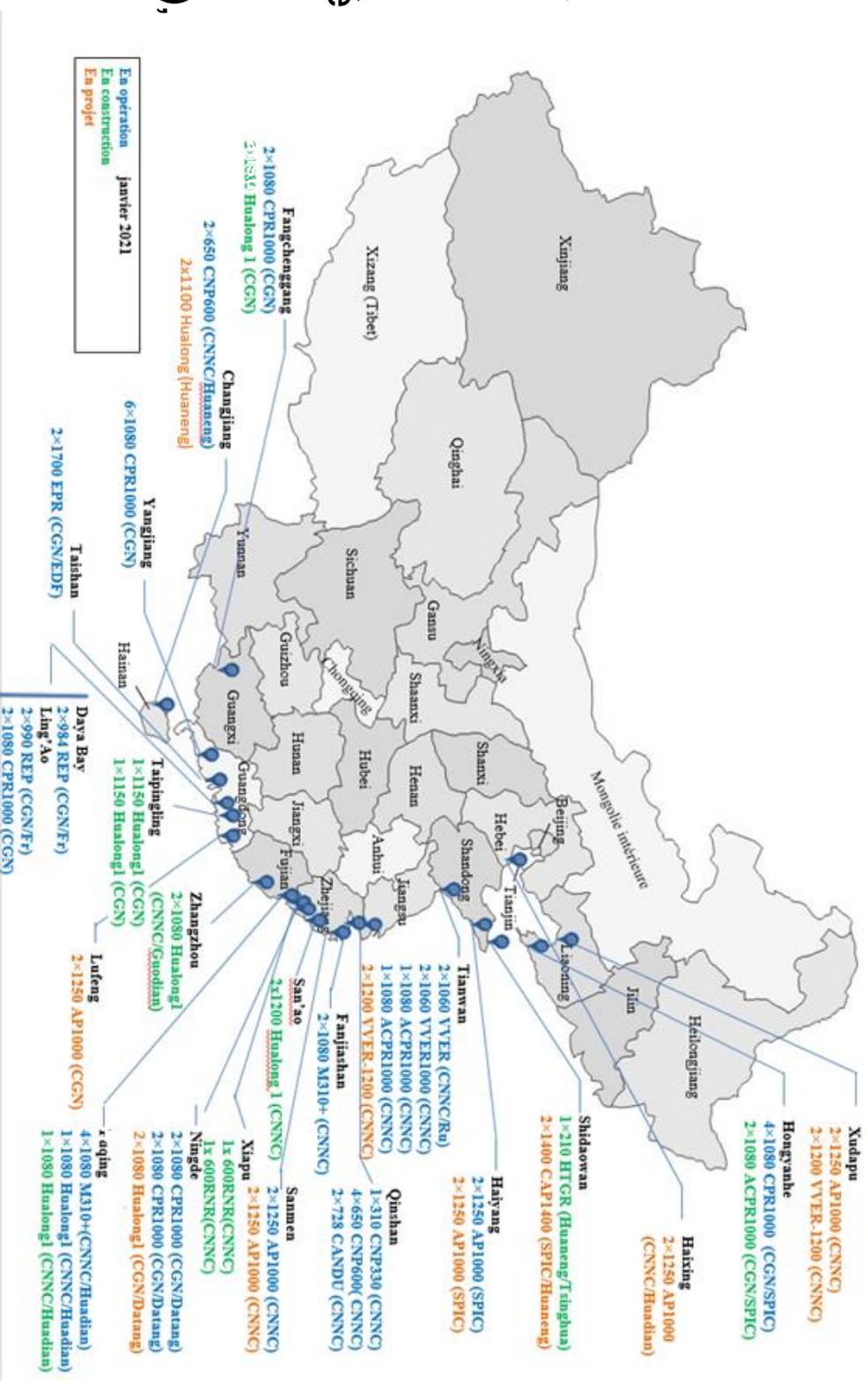
- ❑ Adaptation à l'intermittence des ENR:
 - ↳ densification des réseaux HT/UHT (y.c. CC)
 - ↳ Développement des outils numériques IA smart grids, smart cities (>500)
 - ↳ Capacités de stockage → batteries
 - ↳ Moyens de production pilotables ...



Les chiffres clés du parc nucléaire actuel en Chine

© Ambassade de France, 2021

- ❑ 49 réacteurs en fonctionnement, 51 GWe, 3ème parc mondial
- ❑ 366 TWh produits en 2020 (France : 335 TWh), 2nd producteur mondial d'électricité nucléaire
- ❑ Mais 4,9 % de la production d'électricité seulement
- ❑ 16 réacteurs en construction (17 Gwe), 4 à 6 nouveaux réacteurs/an



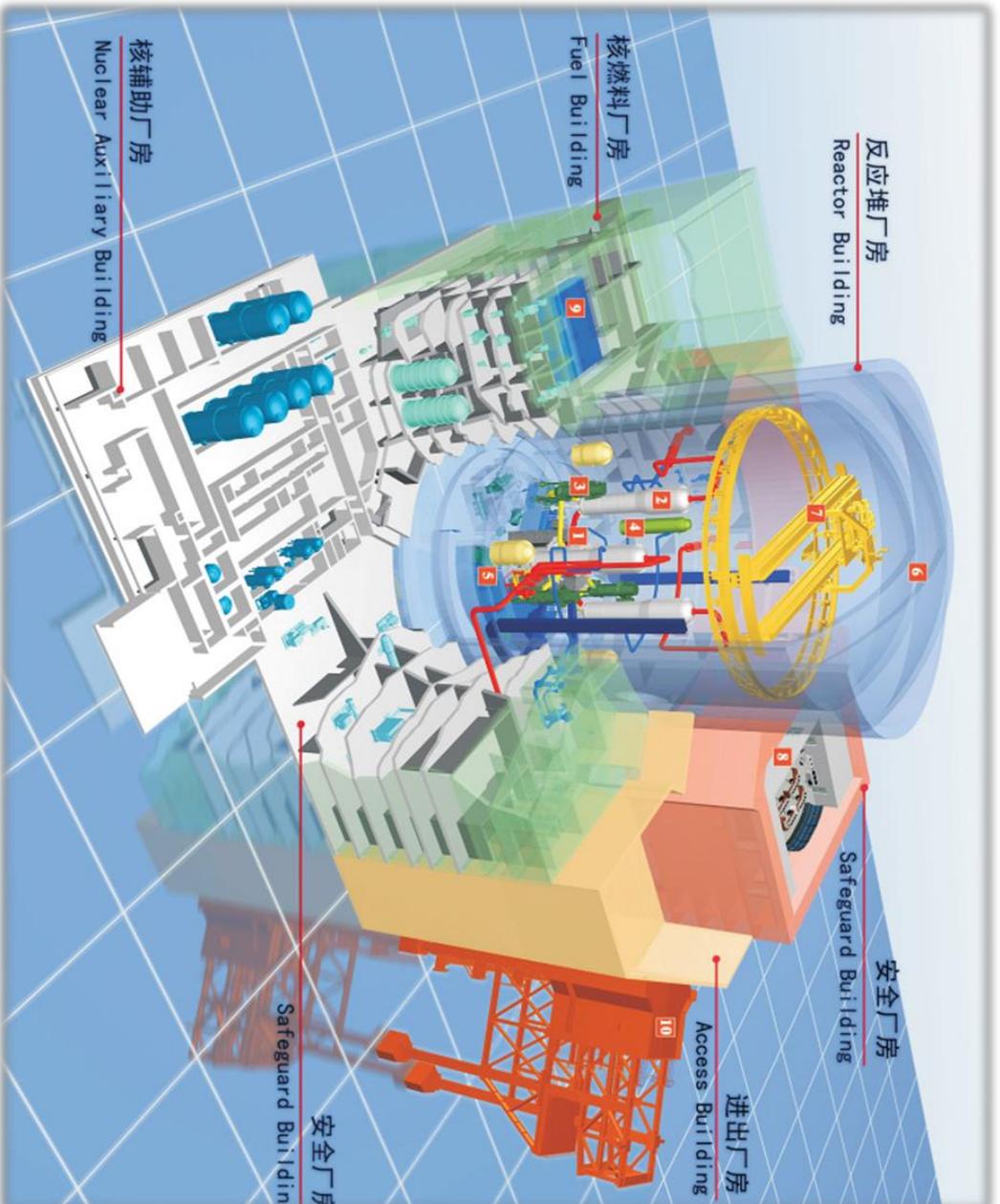
La Chine en passe de devenir d'ici 10ans la 1ère puissance nucléaire au monde



- ❑ Nucléaire fait partie des solutions décarbonées poussées par le gouvernement
- ❑ Objectifs très ambitieux, qui nécessitera la construction de **6 à 8 réacteurs par an**
- ❑ A moyen-terme, risque de pénuries de site en bord de mer et nécessité de recourir à des **sites en bord de fleuve "in-land"** plus difficiles à faire accepter par les populations
- ❑ Technologies de référence pour les prochaines décennies reste principalement le **réacteur Hualong-1 Chinois, "strapontins" pour techno étrangères (AP1000, VVER, EPR)**
- ❑ Etude de la NDRC montre que pour respecter son objectif de 1,5°C, la Chine devrait construire d'ici 2050 **~300 réacteurs pour produire 21% de son électricité** (CAPEX ~1300 Md\$)



Le réacteur chinois de 3ème génération, Hualong

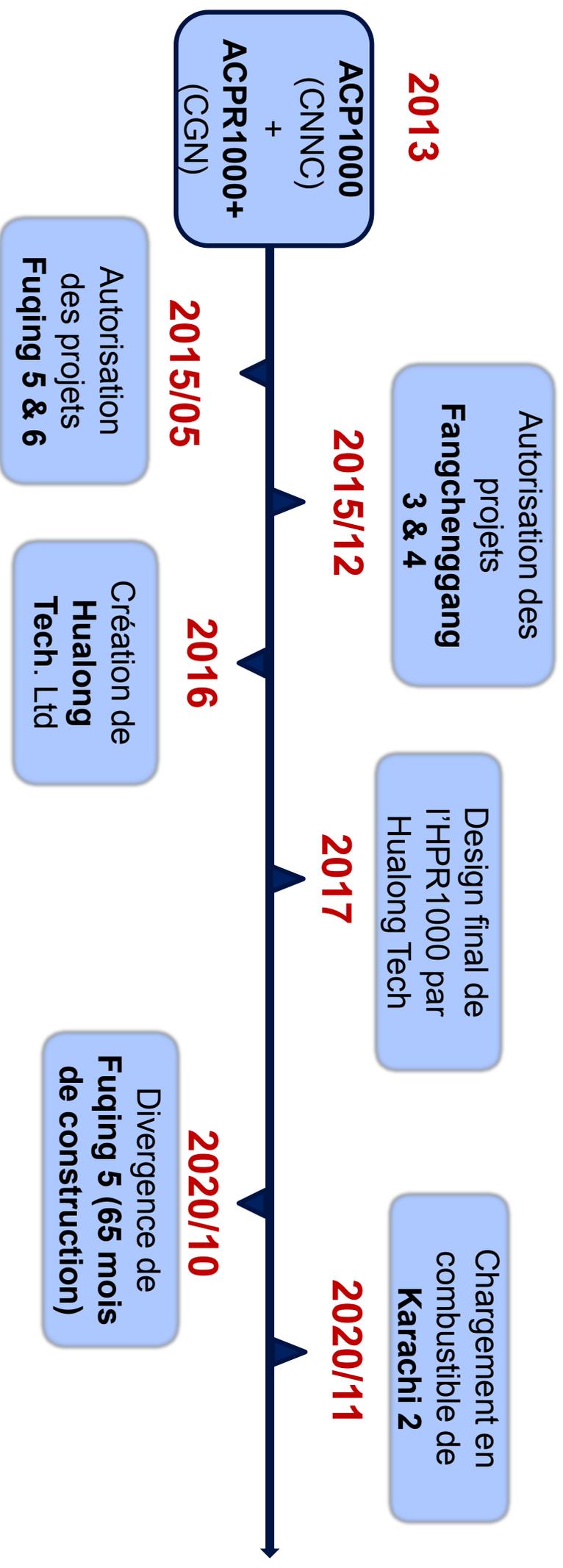


- ❑ Réacteur de 3ème génération de 1200 MWe
- ❑ Double enceinte, systèmes de sûreté actifs et passifs, double enceinte, rétention en cuve en cas d'accident de fonte du coeur
- ❑ 177 Assemblages combustibles, rechargement tout les 18-24 mois, Disponibilité $\geq 90\%$
- ❑ Construction <6ans, durée de vie de 60 ans



Un développement très rapide témoignant du savoir-faire

- La rapidité de développement du Hualong témoigne de la maturité industrielle chinoise



- Aujourd'hui la Chine est autonome sur l'ensemble de la filière réacteur avec un tissu industriel mature capable d'alimenter 12 réacteurs/an

La Chine n'a pas encore la maîtrise complète du cycle du combustible



STOCKAGE

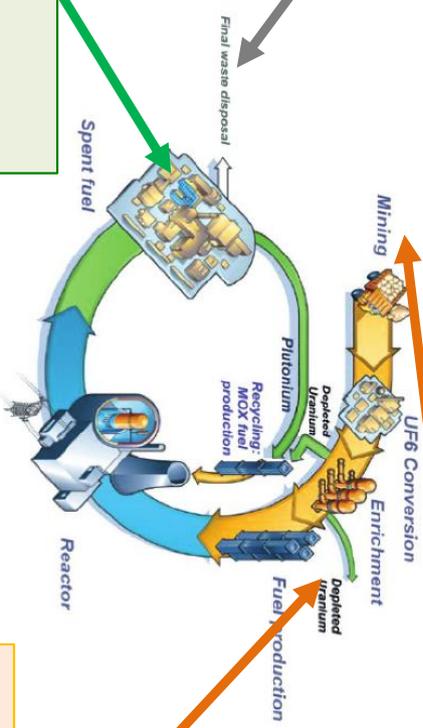
- HAVL: site de référence = Beishan (Gansu), décision construction LSR en 2019
- FMA-VC: 3 stockages opérationnels, objectifs de 5 opérationnels

TRAITEMENT - RECYCLAGE

- Usine historique de 50t/an à Diwopu, construite par les russes, en cours modernisation (batch => continu)
- Construction d'une usine domestique de 200t/an à Jinta, Objectif MOX RNR, importation de quelques technos clés (four...)
- Négociation avec Orano usine 800t/an depuis 2008, objectif MOX REP ... incertitudes politiques

MINES

- Réserves estimées à 360 kt, 175kt assurées
- Besoins annuels ~8000t, 75% importé
- Objectifs: 1/3 national, 1/3 actifs étrangers, 1/3 marché



Inner Mongolia	39%
Jiangxi	21%
Xinjiang	14%
Guangdong	12%
Other	14%
Total	173,000tU

CONVERSION - ENRICHISSEMENT - FABRICATION

- Monopole de CNNC, peu transparent du fait du caractère dual de l'entreprise
- Procédés historiques importés, modernisation des usines avec procédés chinois → autonomie et capacité à exporter
- Rôle important de la France sur le combustible

La France collabore depuis les années 80 avec la Chine

- Soutien au développement des réacteurs de 2^{ème} génération et participation au programme de 3^{ème} génération
- Choix du recyclage des combustibles usés → déchets ↘ et consommation uranium ↘

Réacteurs
Daya Bay
1986-1994



Réacteurs
EPR de
Taishan
2007-2019

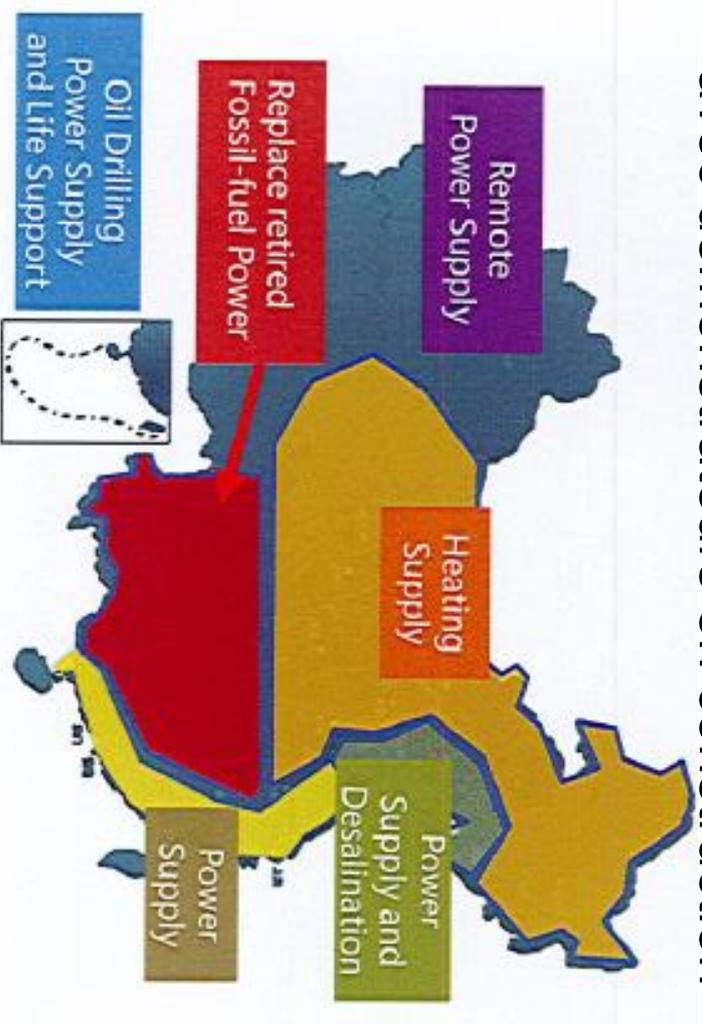


↘ France dispose d'un savoir-faire unique dans ce domaine → négociation depuis 2008 pour la possible vente d'une usine 800t/an



Les petits réacteurs modulaires (SMR)

- ❑ La Chine concentre ses efforts sur le développement de SMR, notamment pour des applications **non-électrogènes**.
- ❑ > dizaines projets industriels en cours, avec démonstrateurs en construction



©SPIC 2018. All Rights Reserved.

- ❑ Le premier HTGR chinois a démarré en septembre 2021: 250 MWth



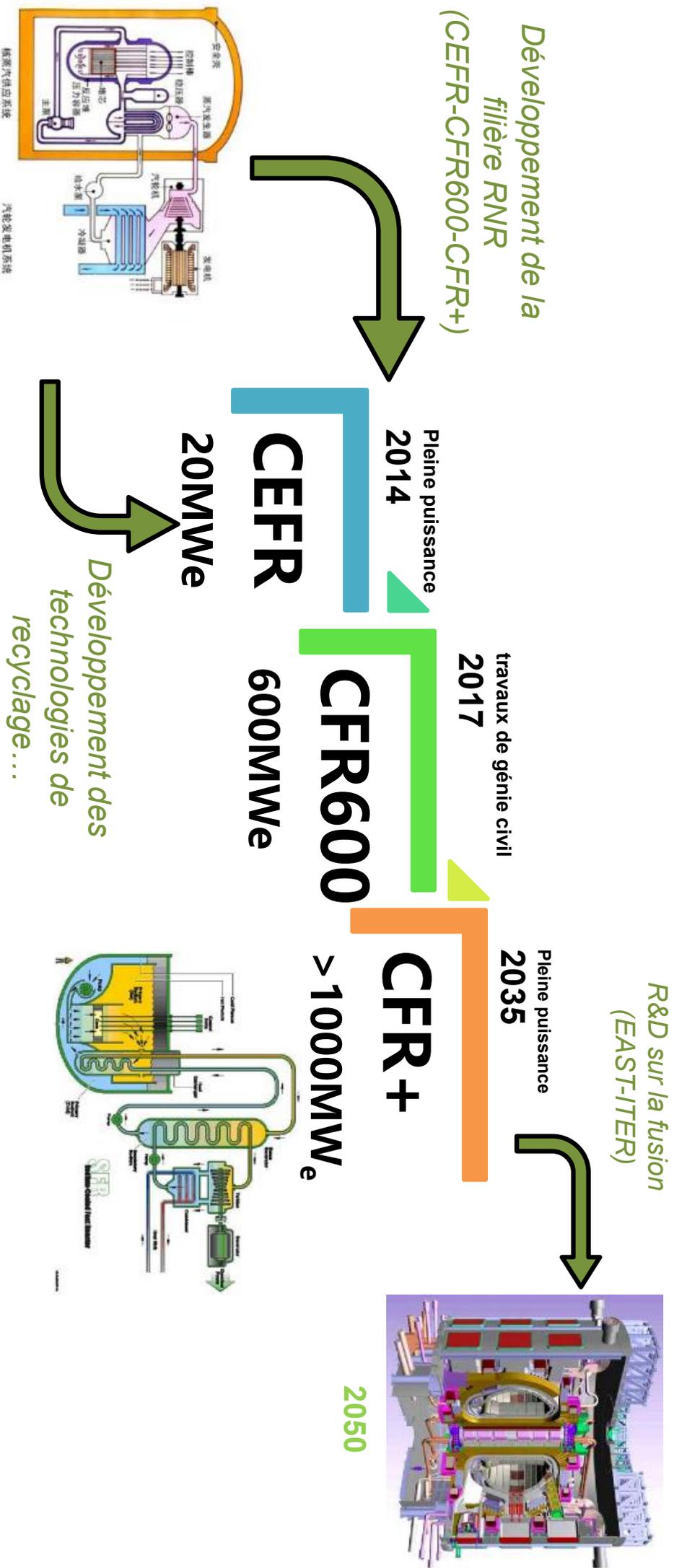
Réacteurs HTGR de Shidaowan

- ❑ Premier démonstrateur réacteur à sel fondu au thorium (sans retraitement)



TMSR-50

Une vision pour le long et très long terme...



Réacteur thermique

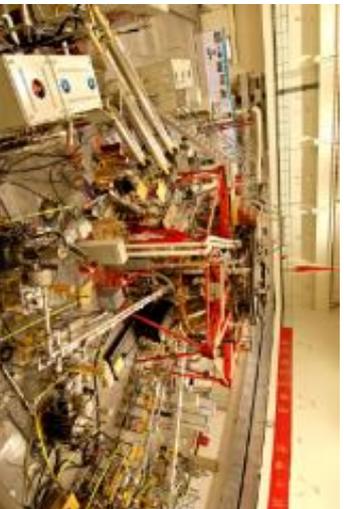
Réacteur à neutrons rapides

Réacteur de fusion

La fusion nucléaire, une option à vocation industrielle

- ❑ Le programme de recherche sur la fusion a été structuré autour de 3 objectifs successifs à atteindre :
 - ❑ Entre 2005 et 2015: « développer et consolider les compétences chinoises »
 - ❑ Entre 2015 et 2030 : « construire des tokamaks et développer des composants clés et technologies associées »
 - ❑ A l'horizon 2030-2050 : « étape industrielle »
- ❑ Participation active à ITER (~10%)
- ❑ Actuellement deux instituts principaux travaillent sur la fusion avec deux installations majeures:

Tokamak **HL-2A** situé à la SWIP, Chendu (CNNC) a été mis en service en décembre 2002



En parallèle du projet DEMO, la Chine a prévu de développer son propre réacteur expérimental international: le CFETR China Fusion Engineering Test Reactor (mise en service vers 2035 ?)

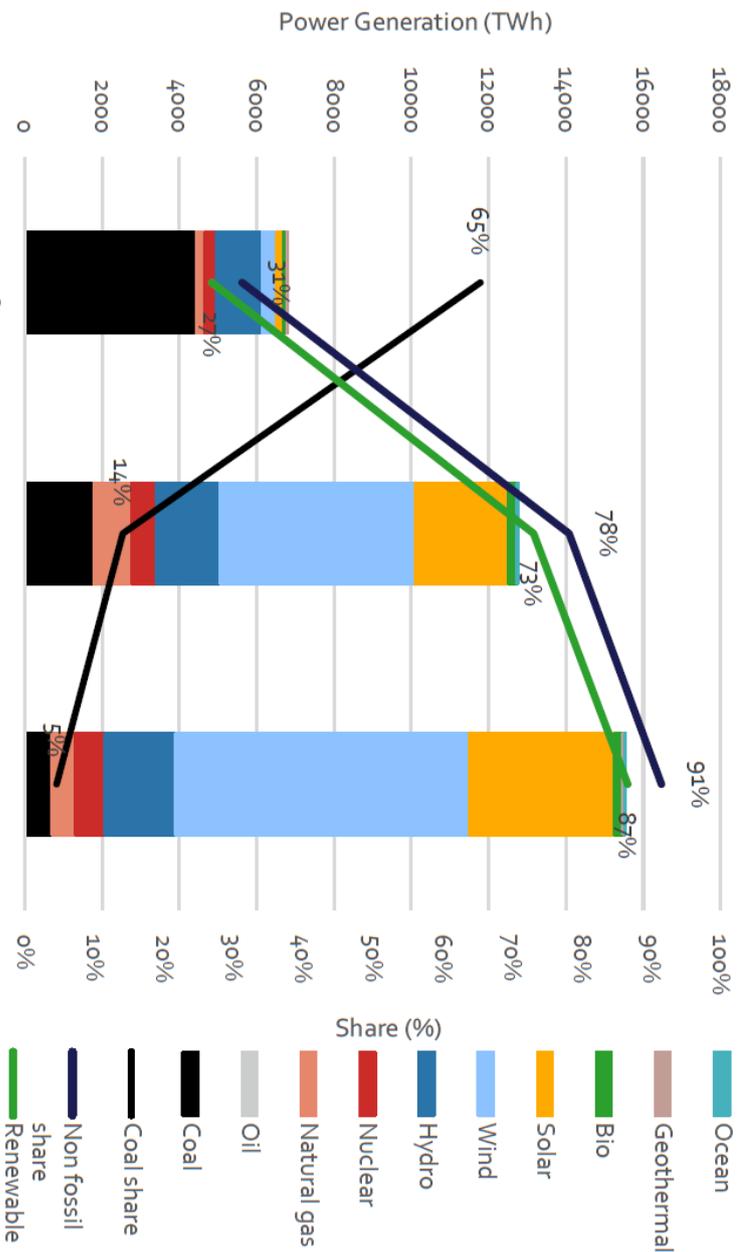
EAST (ou HT-7U), à la CAS/ASIPP à Hefei a été mis en service en 2007 (1er plasma). EAST est un tokamak supraconducteur à part entière.

Vers un bouleversement radical du mix énergétique chinois

Transition énergétique ambitieuse et radicale qui n'effacera pas totalement l'usage du charbon à

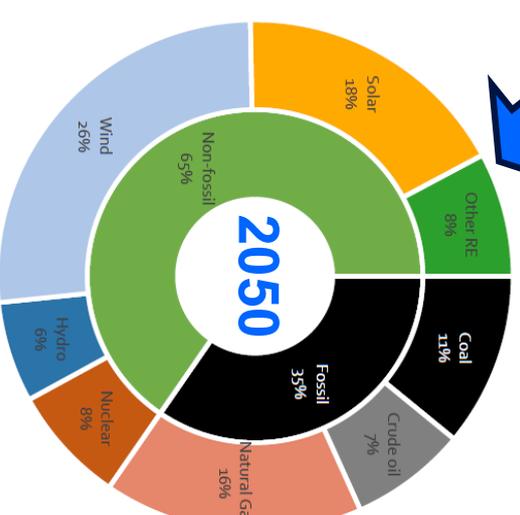
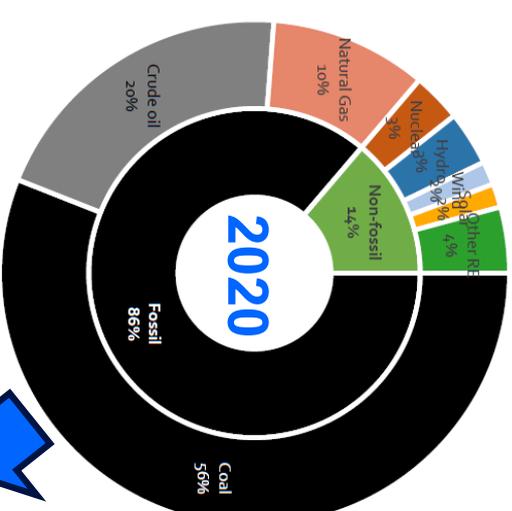
→ Solutions de captage/stockage et/ou recyclage

→ coût annoncé 25000 Md\$ d'ici 2050



Source: China Renewable Energy Outlook 2019, NDRC

Ch. Polnssot



21

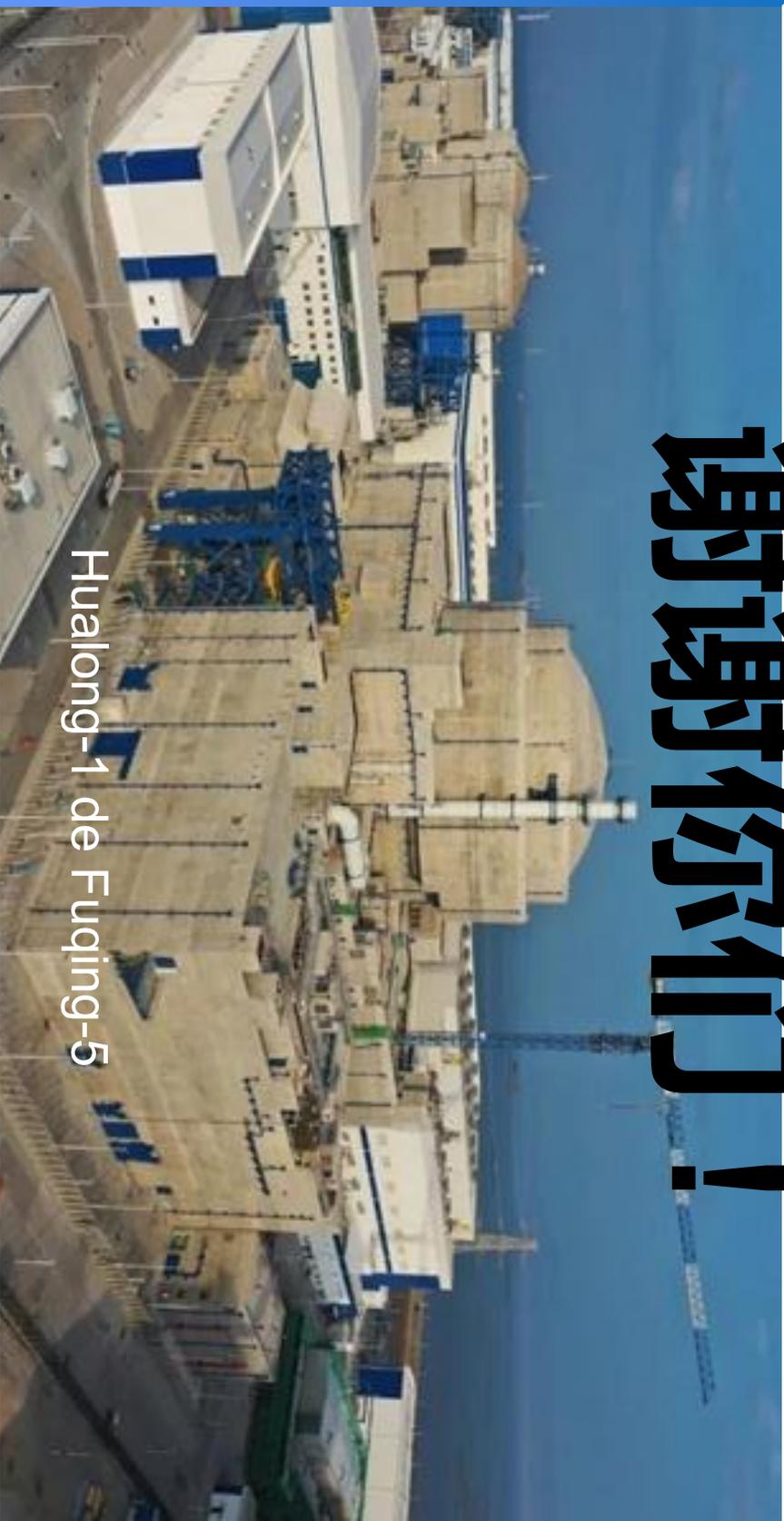
Conférence SFEN PACA – Octobre 2021

Conclusion

- ❑ La Chine = pays très dépendant des énergies fossiles carbonées, plus grand émetteur de GES, mais **qui a mis la transition énergétique au cœur de sa stratégie industrielle, politique et diplomatique → développement à vitesse V des énergies décarbonées**
 - Ambition d'atteindre **neutralité carbone** d'ici 2060 (capacité à planifier et aligner les intérêts sur les plans quinquennaux) mais nécessité de préserver croissance (↔ social) et la souveraineté
- ❑ La Chine investit massivement dans les **technologies bas-carbone dont elle veut devenir le leader** non seulement pour ses propres besoins mais aussi pour lui donner un **avantage concurrentiel** économique et politique à l'échelle mondiale
 - Domine déjà les **technologies matures** (PV par ex.) et ambitionne de faire de même sur les **technologies émergentes** (batteries, H2, véhicules électriques ...) via approche darwiniste
- ❑ **Fort investissement de la Chine sur l'électronucléaire** qui fait partie du portefeuille de solutions technologiques et d'un symbole de puissance technologique
 - **Rattrapage technologique réel et effectif** de la Chine sur les réacteurs avec une capacité industrielle et un marché intérieur dorénavant inégalés → accélération de l'innovation
 - **Approche darwiniste sur les techno innovantes** allant jusqu'aux démonstrateurs (GEN4, Fusion)
 - **Seul point de faiblesse pour encore quelques années = cycle** où la France dispose encore de véritables atouts, mais prise de conscience chinoise et rattrapage rapide ...

Conférence SEEN PACA – 15 Octobre 2021

谢谢你们！



Hualong-1 de Fudong-5

Christophe POINSSOT - 普思韬

*Directeur Général Délégué et Directeur Scientifique
du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)*

Email: c.poinssot@brgm.fr