L'ENERGIE NUCLEAIRE
EM Lyon le 25 11 2020

Jean LIZA

Société Française de l'Energie Nucléaire

Président du Groupe Régional Rhône Ain Loire

Sfen

Sommaire

- Présentation de la S.F.E.N.
- Genèse et histoire du nucléaire
- Production/consommation d'énergie mondiale
- Nucléaire dans le Mondial
- Nucléaire en France
- Nucléaire en Chine
- Quelques chiffres à méditer…

SFEN… Société Française d'Energie Nucléaire

Fondée en 1973

- Association scientifique et technique, type loi 1901 à but non lucratif, société savante
- Plus de 3600 adhérents et sympathisants : ingénieurs, scientifiques, professeurs, chercheurs, étudiants, …
- Travaille en lien avec les entreprises, les institutions et centres de recherche de la filière nucléaire, en France et à l'étranger.

3 Objectifs

- Un forum autour des **nouveautés scientifiques et techniques du nucléaire**
- Un réseau pour les professionnels du nucléaire
- Un espace de partage des **savoirs et des connaissances sur les questions autour du domaine de L'Energie au sens large**

Les valeurs de la SFEN

la **rigueur intellectuelle** et **morale**, l'**ouverture au dialogue**, le **partage des savoirs** avec la société civile, le **respect de l'environnement** et de la **santé**, la **préservation des ressources énergétiques**.

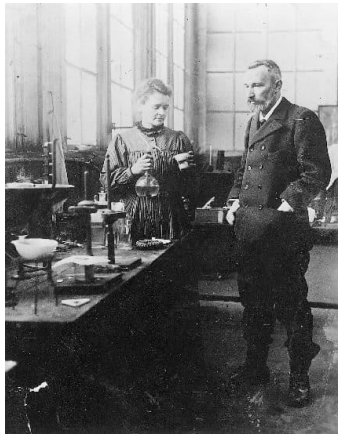
La Société Française de l'Energie Nucléaire en actions

Plus de 200 événements organisés chaque année,

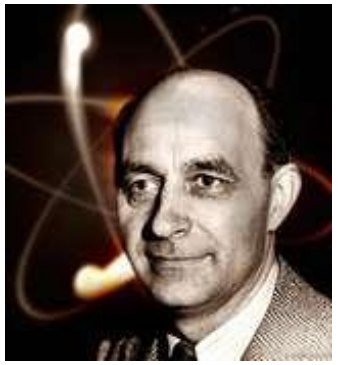
de dimension régionale, nationale ou internationale

- **Organisation de conférences, de débats, de rencontres avec la société civile, les écoles, de forums des métiers, etc.. Pour les questions liées à toutes les énergies**
- **Des visites d'usines, centrales, sites industriels et centres de recherche, …**
- **Communiquer et partager les savoirs : SFEN est un Expert reconnu par les médias et les pouvoirs publics.**
- **Réunir les professionnels de la recherche et de l'industrie : Le Nucléaire en France représente 2600 Entreprises, 220 000 salariés, 1,3 Milliard € de R&D**
- **Membre fondateur de l'ENS (European Nuclear Society) et partenaire de 17 associations nucléaires dans le monde**

La genèse de l'ère nucléaire civil en France



- Prix Nobel de Physique en 1903 avec Pierre et Marie Curie (née Sklodowska et Henri Becquerel pour les travaux sur la radiation de l'uranium de H. Becquerel.
- Prix Nobel de Chimie (seule) pour la découverte du polonium et du radium,
- Prix Nobel de de Physique pour Irène (fille) et de Frédéric Joliot-Curie en 1935, et mai 1939 mise en évidence de la réaction en chaine.
- Octobre 1945 création du Commissariat à l'Energie Atomic (CEA).
- Enrico FERMI, italien émigré aux USA, créé la première pile atomique en 1942.
- Création de l'A.I.E.A (Agence Internationale de l'Energie Atomique) en 1957 Vienne.
- Entrée en vigueur du Traité de Non Prolifération des armes nucléaires signé en juillet 1968 sous l'égide de L'ONU
- Début de construction du programme électronucléaire français de Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) sur la base de la License de Westinghouse en 1971



Contexte du Nucléaire Mondial fin 2019/début 2020

Dans le monde : **442 réacteurs en exploitation** dans 32 pays (10% de l'électricité mondiale produite en 2019) avec **393 GW** installés et 2676 TWh produits), **52 réacteurs** en cours de construction dans 15 pays avec **55 GW** et 117 autres projets de réacteurs en cours de négociation pour un total de **122 GW**.

En **Europe 126 réacteurs (dont 58 en France, 2ème parc mondial en 2020 avec 60 GW) pour 118 GW.** Pays-Bas, Pologne, Hongrie, Finlande, République Tchèque et UK, veulent lancer et/ou développer leur programme électronucléaire pour atteindre les objectifs de réduction de CO2 en 2050.

Aux USA 99 réacteurs en fonctionnement, **100 GW**, **premier parc mondial**.

En Chine, **49 réacteurs** en exploitation pour une puissance **58 GW**, **troisième parc mondial**, 12 réacteurs en construction en 2020 et 6 déjà installés en 2019 : d'ici 2030 on passera de **450GW à 1100GW** installés.

Les autres projets en cours de discussion : au Brésil de 2 à 6-10 d'ici 2030, Mexique + 3, en Egypte : 4 envisagés, aux Emirats Arabes Unis 4 en cours, Turquie 1 en cours, *au total 351 projets en cours*

Selon l'Agence internationale de l'énergie, une **augmentation de 20 GW de la capacité nucléaire par an** est nécessaire pour atteindre l'objectif climatique *de limiter* ***la hausse de température à 2°C d'ici 2100!***

Sfen

La consommation mondiale d'énergie

Elle a été multipliée par 4 / habitant au cours du dernier siècle avec une grande disparité.

Le total mondial est de 14,3 milliards de **T.E.P. en 2018**, « ***Tonne Equivalent Pétrole*** », (AIEA)

La répartition de cette énergie est :

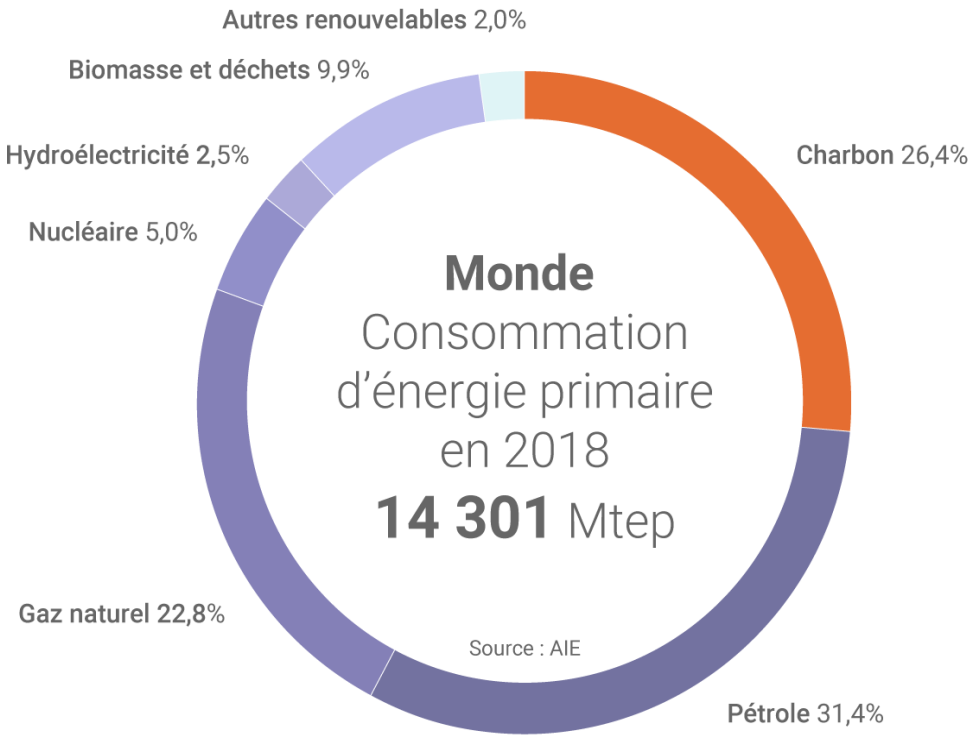
- Pétrole : 31,5 %
- Charbon : 26 %
- Gaz naturel : 23 %
- Biomasse et renouvelables : 12 %
- Nucléaire : 5 %
- Hydraulique : 2,5 %

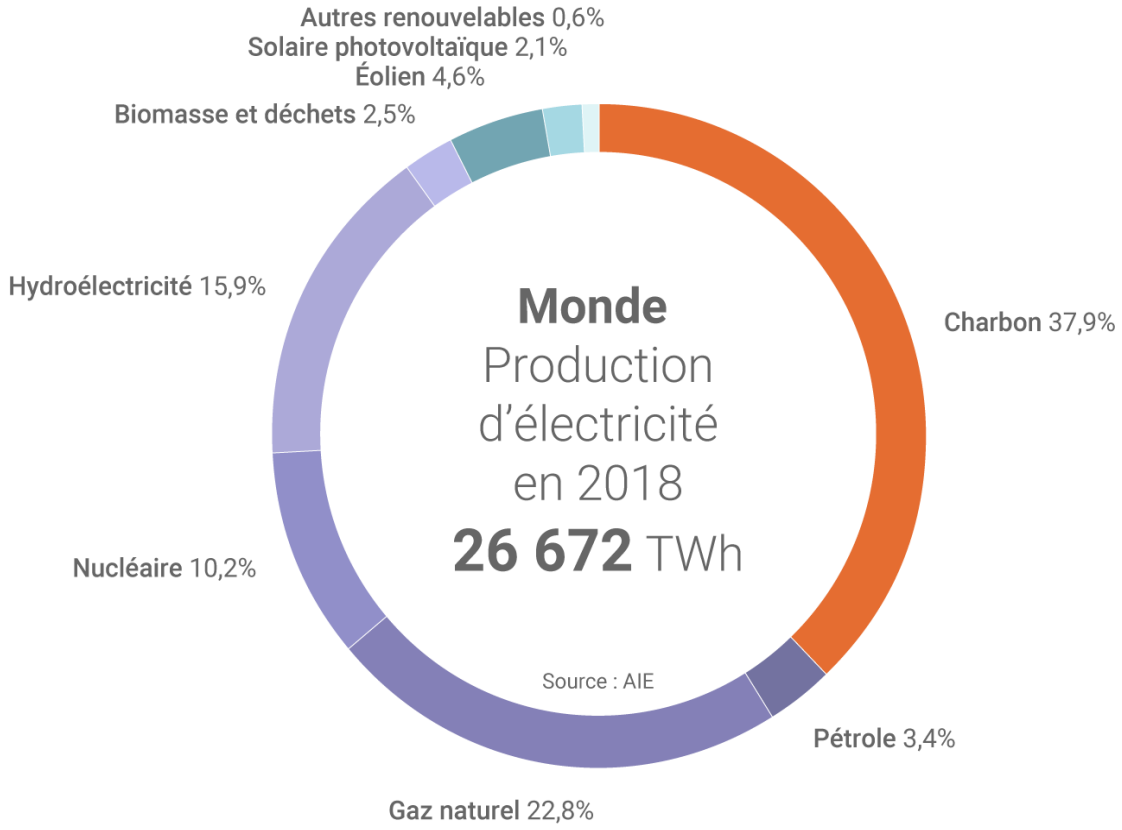
80,5 % d'énergie carbonée en 2018

Rappel :1 TW *(10 puissance 12 W) = 1000 GW ,* ***1 GW*** *(10 puissance 9 W)= 1000 MW,* ***1 MW*** *(10 puissance 6 W) = 1000* ***KW***

1 TEP = 11630 KW *;* ***1 tonne de bois = 0,3215 TEP ; 1 tonne d'uranium (REP) = 16000 TEP, 1 TEP = 1000m3 de gaz***

Production & Consommation mondiales 2018





26672 Twh = 2293 Mtep soit 16% de la consommation de l'énergie mondiale

Sfen

L’Energie Nucléaire

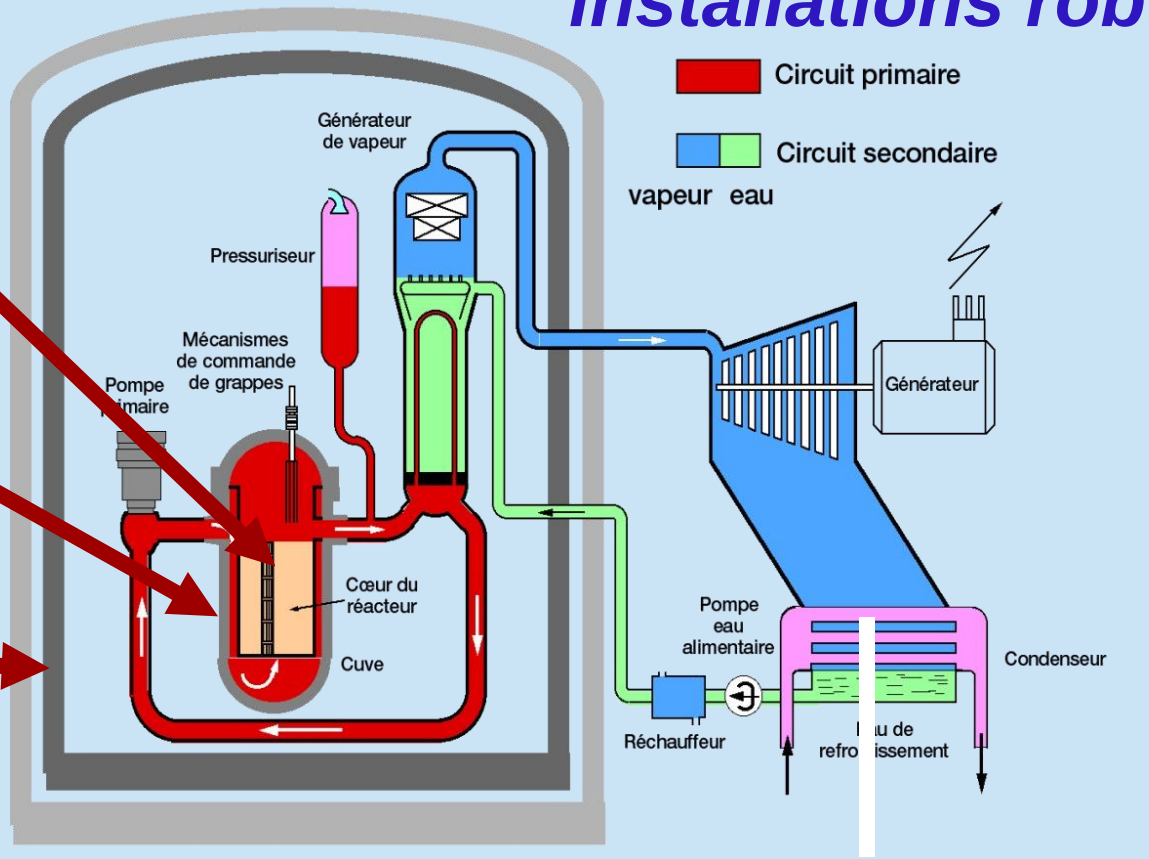
Comment ça marche

Centrales Nucléaires : Des installations robustes

Première barrière : la gaine de l'élément combustible

Deuxième barrière : l'enveloppe du circuit primaire

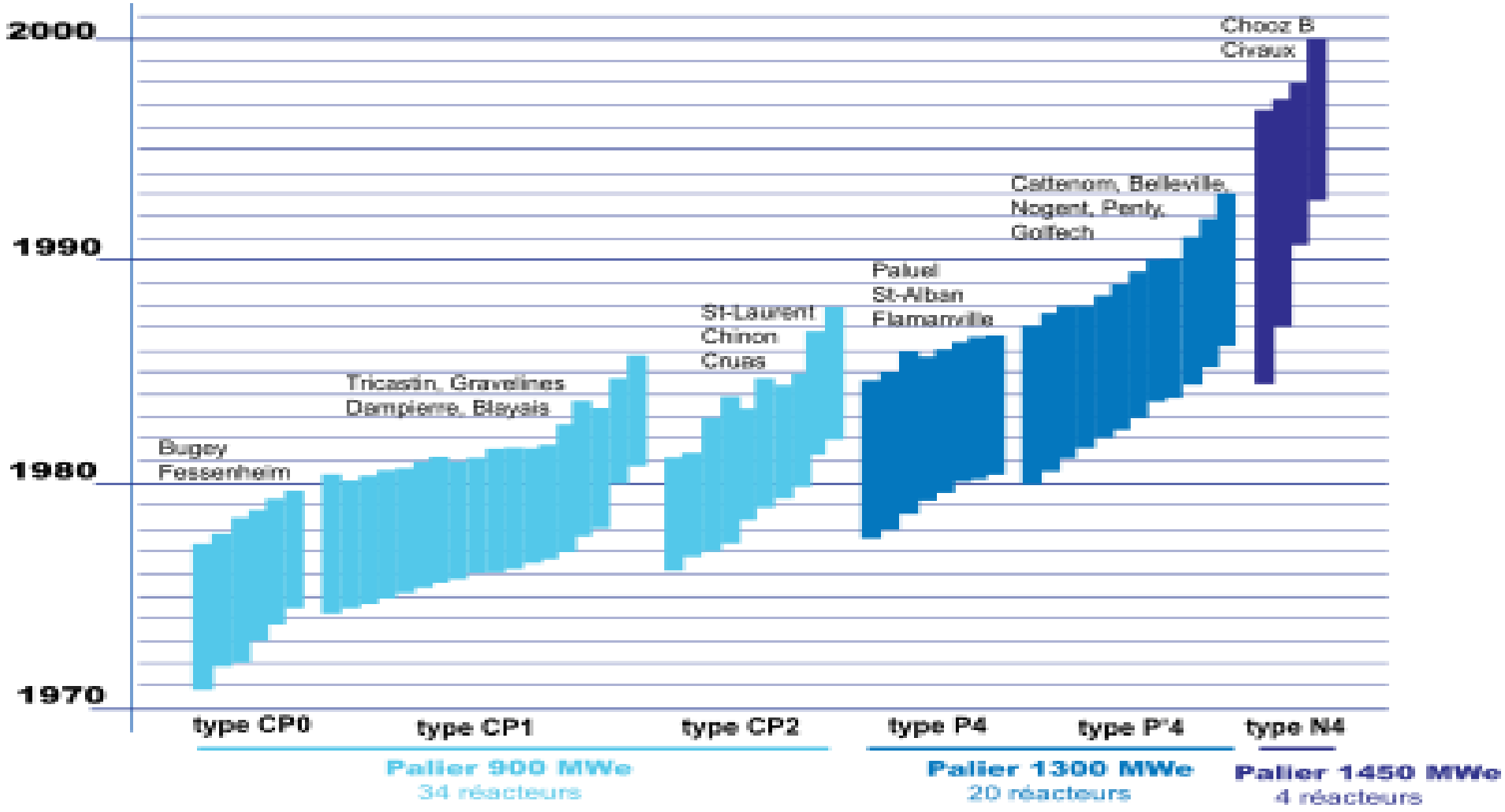
Troisième barrière : l'enceinte de confinement



> **Des barrières de protection, indépendantes, protègent en profondeur travailleurs et public contre la radioactivité,**

> **Les systèmes de sécurité sont redondants et indépendants pour assurer la réfrigération du cœur,**

Le Programme Nucléaire Français 1970/2000



La France possède le deuxième parc nucléaire du monde en 2019 après les USA, avec environ 70 % de production électronucléaire

Début 2020 il y avait 58 unités installées soit 60 GWe

(- 1800 Mwe fermeture de FSH 1&2 mi 2020)

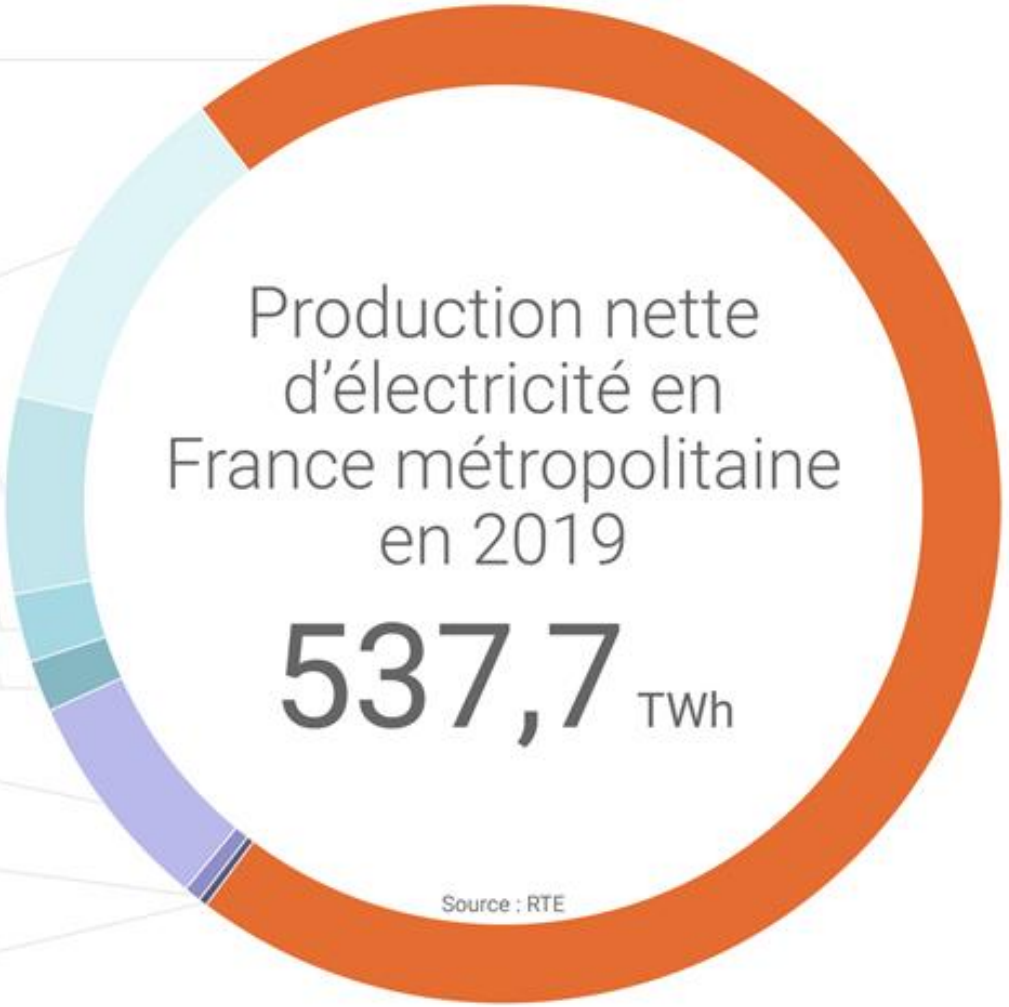
Démarrage EPR FA3 en 2021 = + 1750 MWe

Parc total installé toutes énergies de 135 Gwe (+2,3 GWe/2018)

1 TW (10 puissance 12 W) = 1000 GW , 1 GW (10 puissance 9 W)= 1000 MW, 1 MW (10 puissance 6 W) = 1000 KW

Le mix de production électrique 2019 en France métropolitaine est dit « décarboné » à 92%.

Nucléaire	70,6%
Hydraulique	11,2%
Éolien	6,3%
Solaire	2,2%
Bioénergies (biogaz, biomasse, déchets ménagers)	1,8%
Gaz	7,2%
Fioul	0,4%
Charbon	0,3%

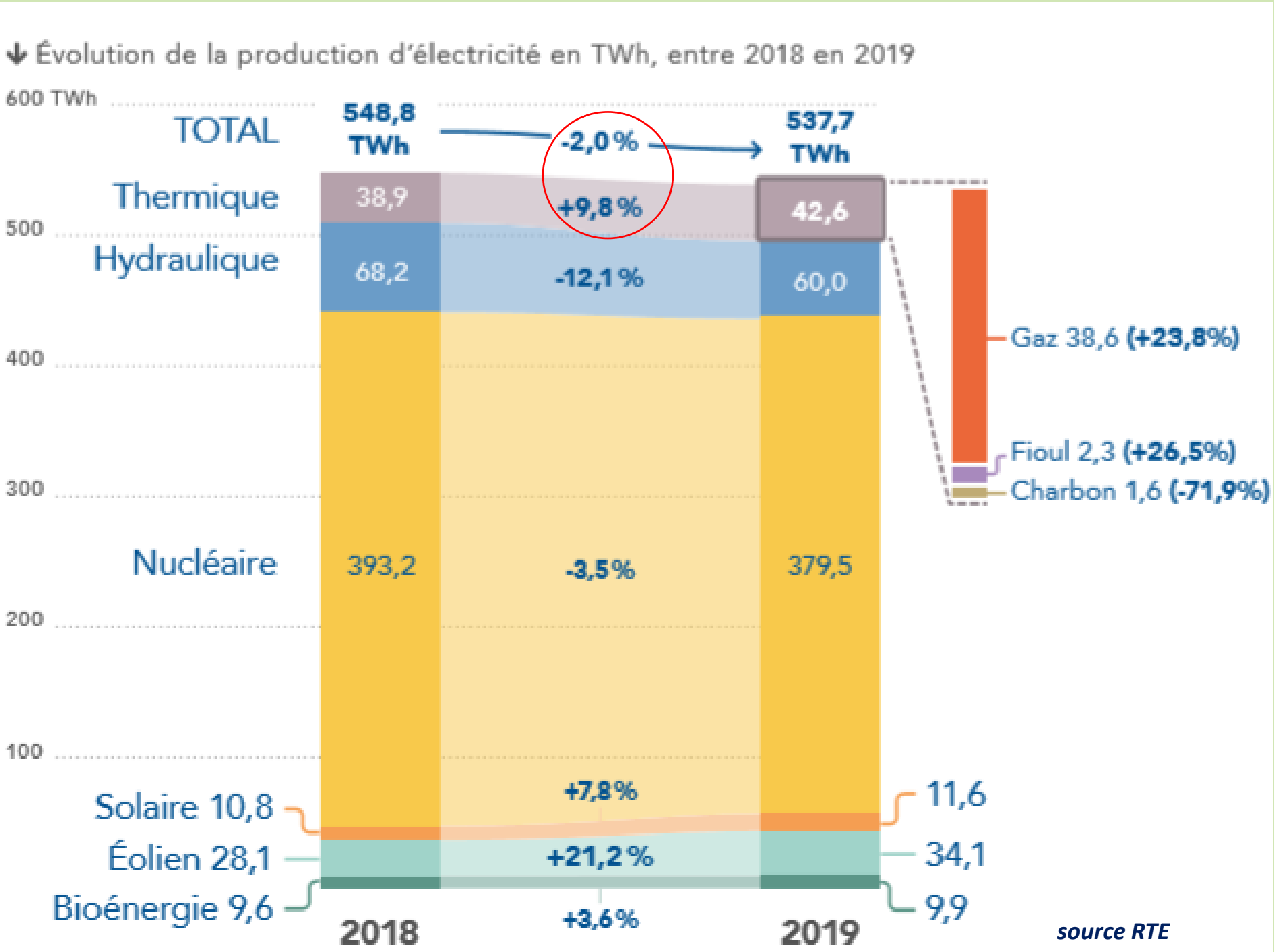


Au total, les émissions de CO2 liées à la production française d'électricité ont atteint 19,2 Mt en 2019, soit 6% de moins/ 2018
(hors autoconsommation)

Sfen

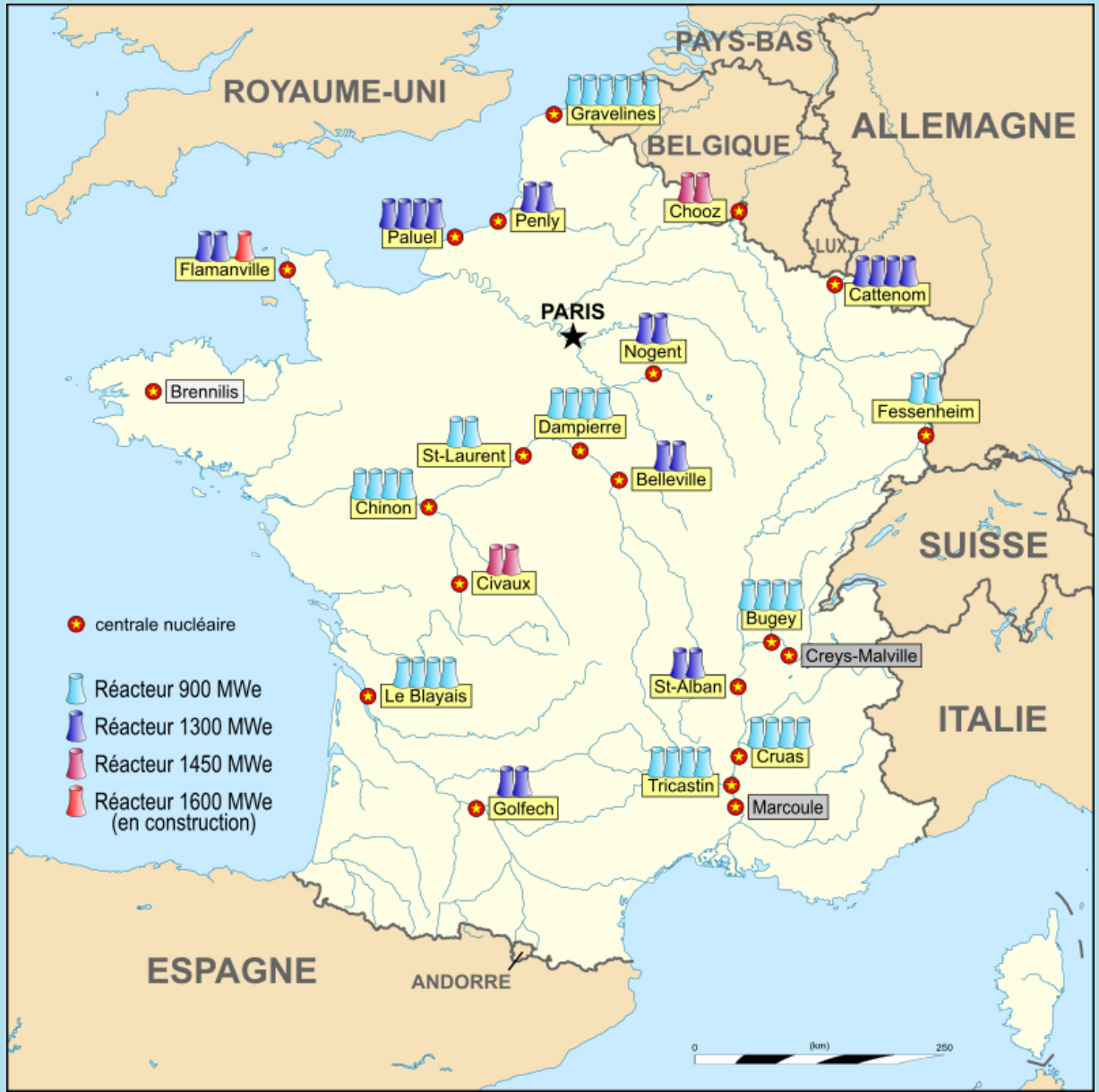
Baisse de la production totale 2019 d'électricité – 2%

mais augmentation de la part d'énergie fossile de 9,8%



source RTE

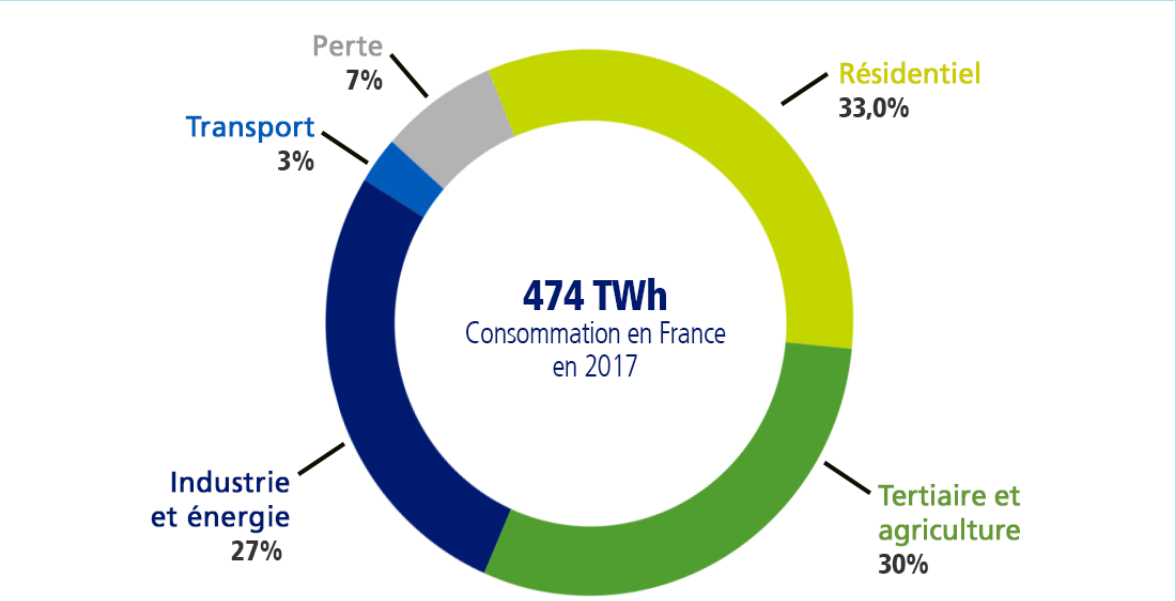
La Consommation d'énergie et d'électricité en France



Consommation finale d'énergie par secteur en 2018 en France

Résidentiel et tertiaire	45 %
Transports	32,4 %
Industrie	19,5 %
Agriculture	3,1 %

Consommation finale d'électricité

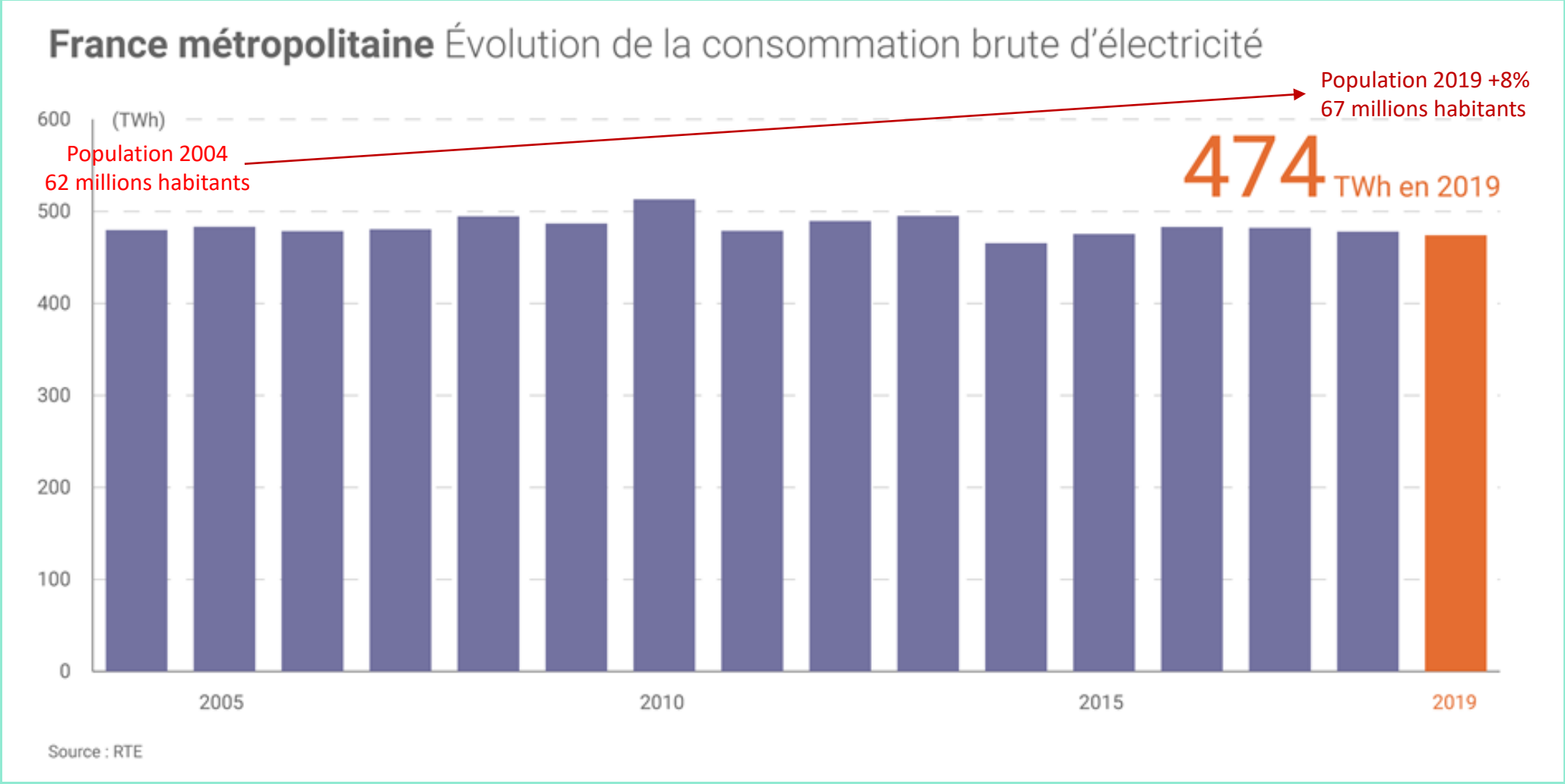


La consommation d'électricité par secteurs en France en 2017

Source RTE - bilan électrique 2017

© EDF

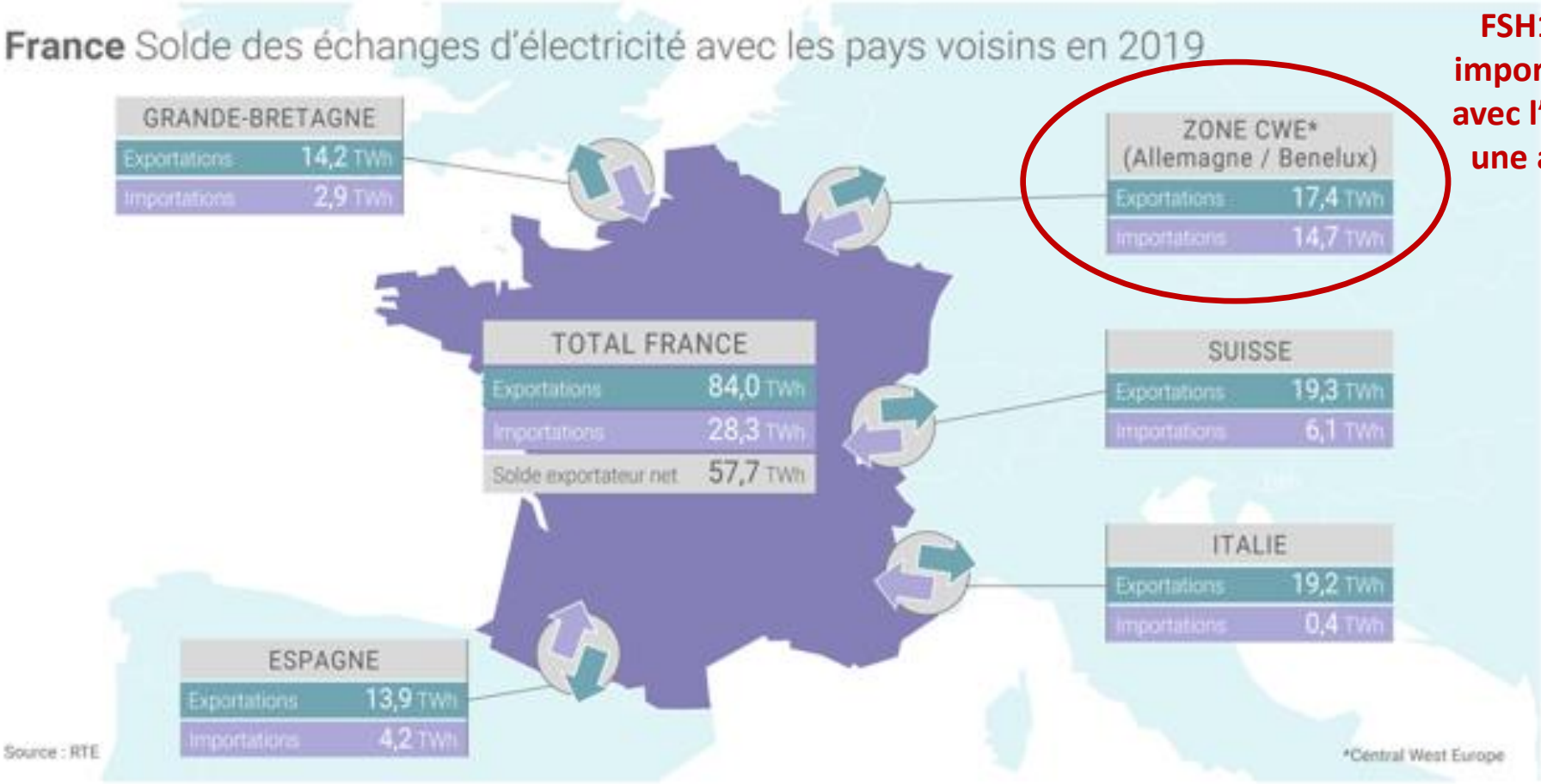
Consommation d'électricité sur 15 ans = stabilité



Sfen

En 2019, la France est restée le pays le plus exportateur d'électricité d'Europe

solde exportateur net avec les pays voisins de 55,7 TWh (60,2 TWh en 2018)



Avec la fermeture de FSH1 et 2 on sera importateur en 2020 avec l'Allemagne soit une augmentation du CO2

Sfen

Prix des échanges avec Europe en 2019

55,7 TWh soit 10%, equivalent à 5 tranches nucléaires

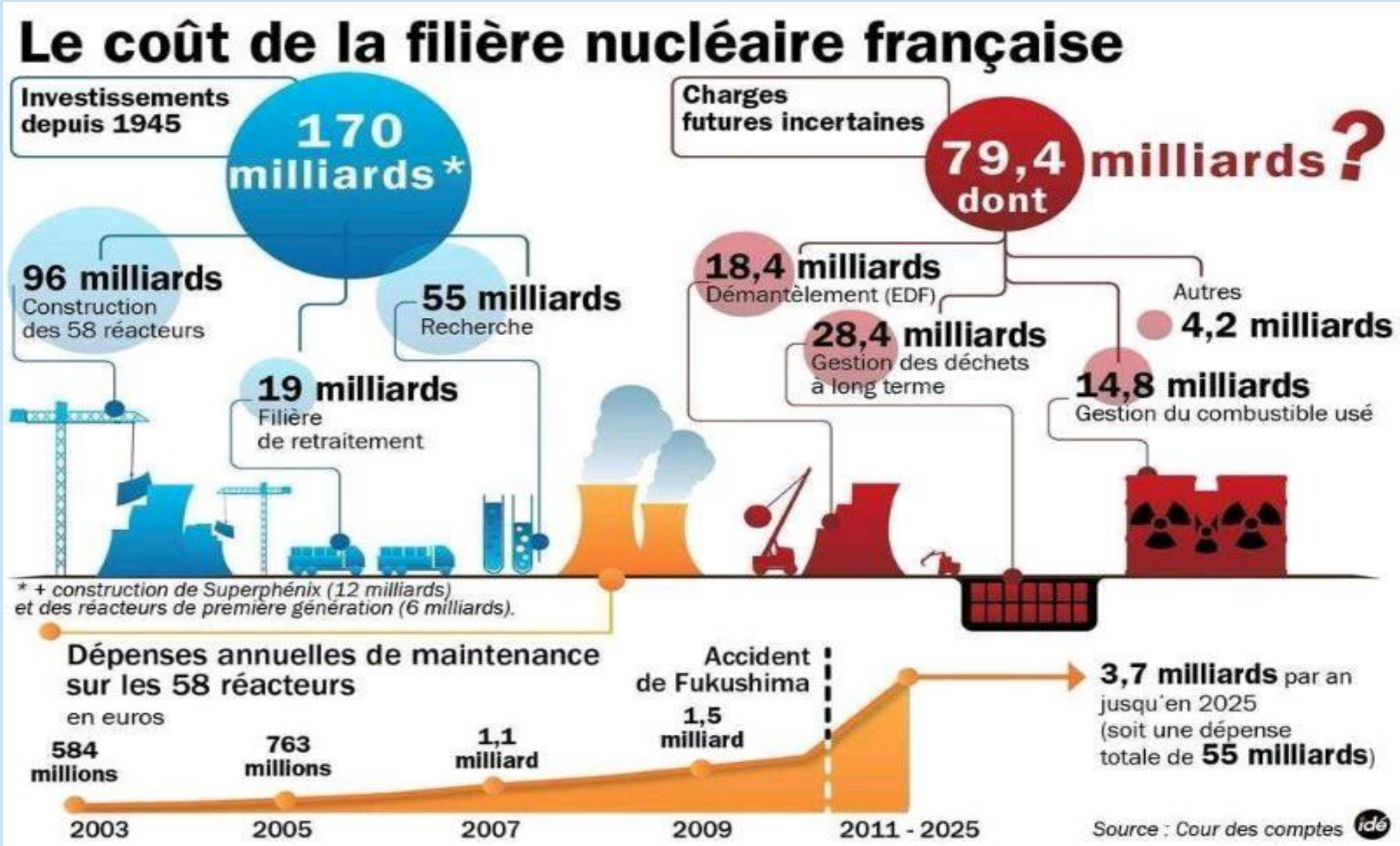
Les prix sont en en baisse dans toute l'Europe en 2019.

En France, le prix moyen s'établit à 39,45 €/MWh sur 2019 contre 50,2 €/MWh en 2018.

Ceci s'explique par une baisse des prix des combustibles fossiles (gaz et charbon) et par des températures assez douces en hiver 2019.

Les températures hiver 2020 sont 2,4° + chaudes / 2019, hiver le plus chaud depuis 1895.

Le prix français reste un des plus bas d'Europe, ce qui explique la bonne tenue des exports.



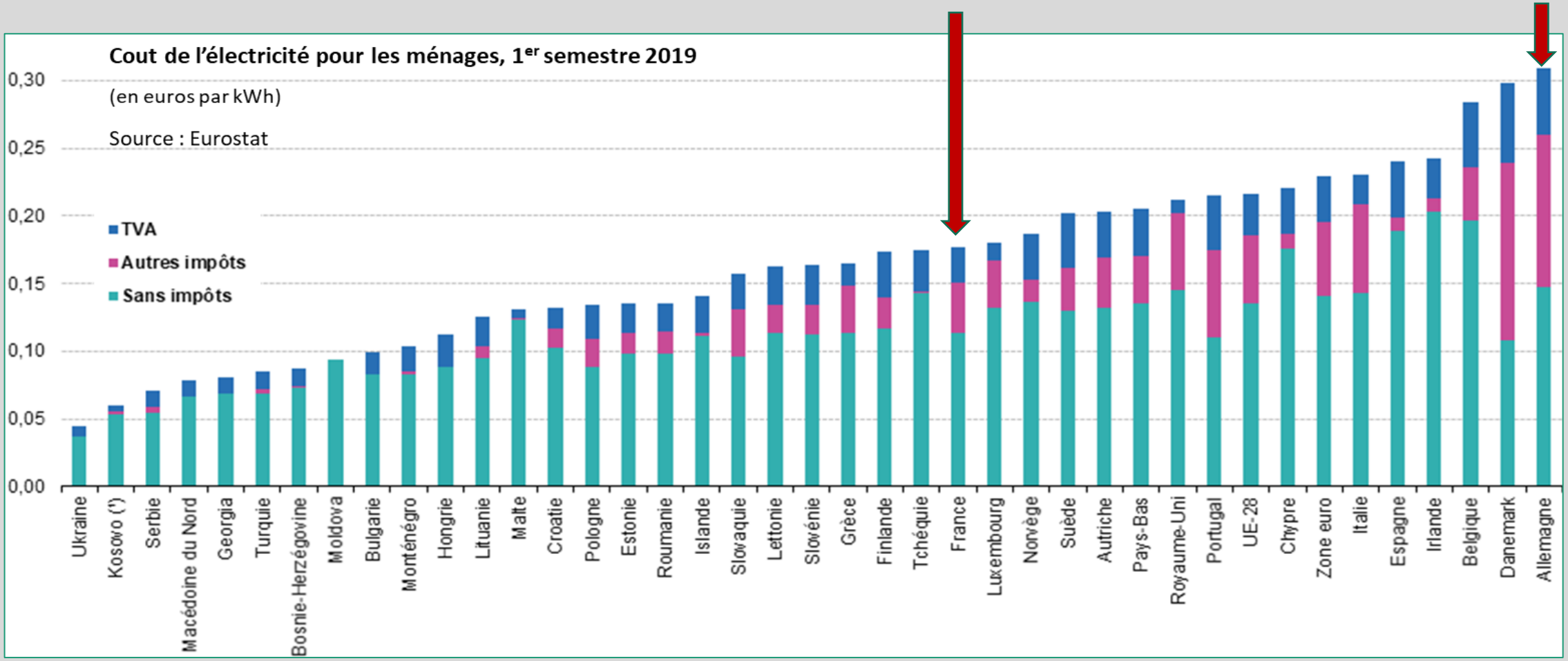
Bilan publié en Janvier 2012 après Fukushima.

??Coût du rachat par EDF des ENR sur 10 ans = 121 Milliards d'Euros??

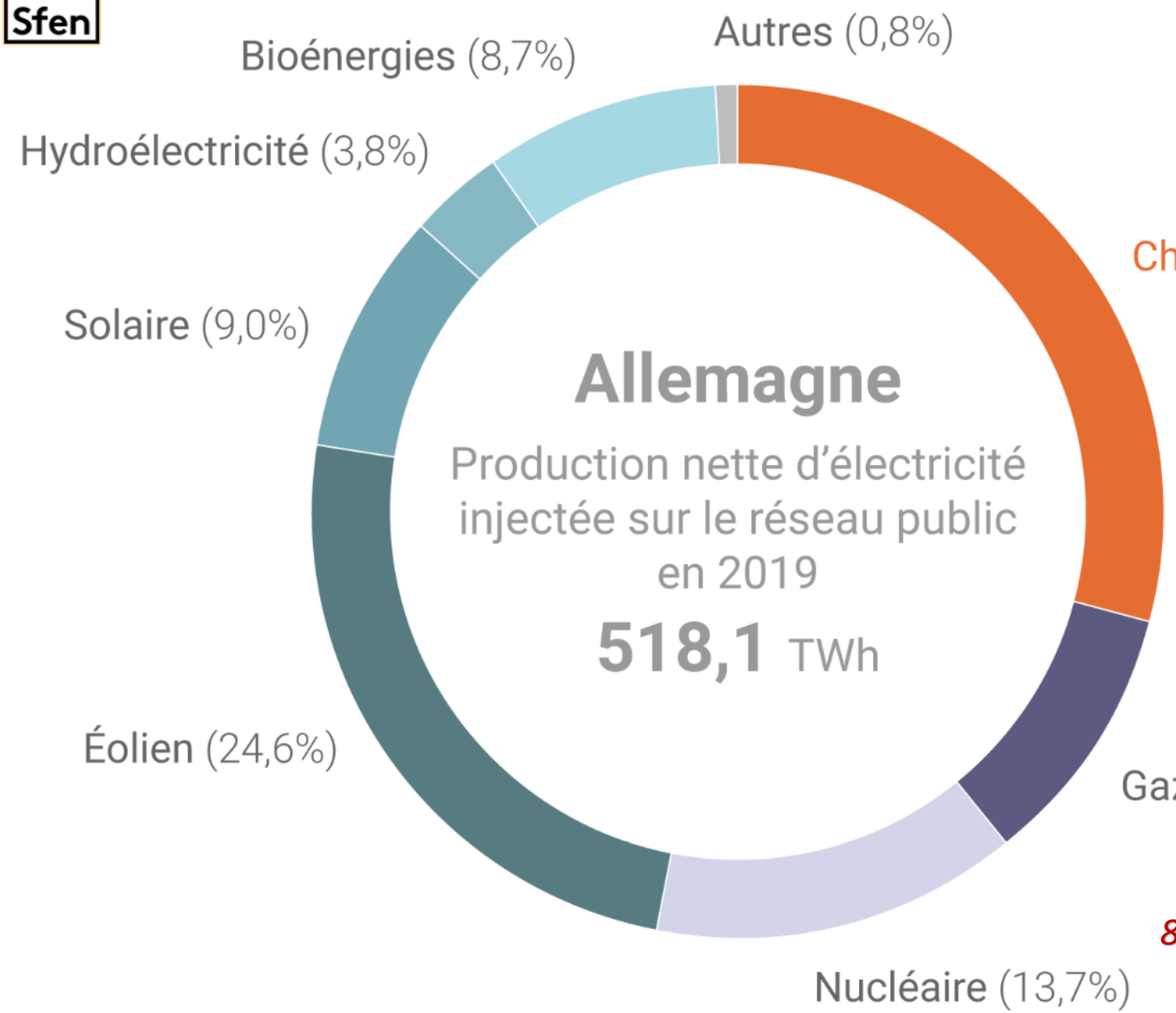
(Valeur totale 2017 suivant rapport de la cour des Comptes de 2018)

Sfen

Comparaison du prix de l'électricité en Europe



Sfen



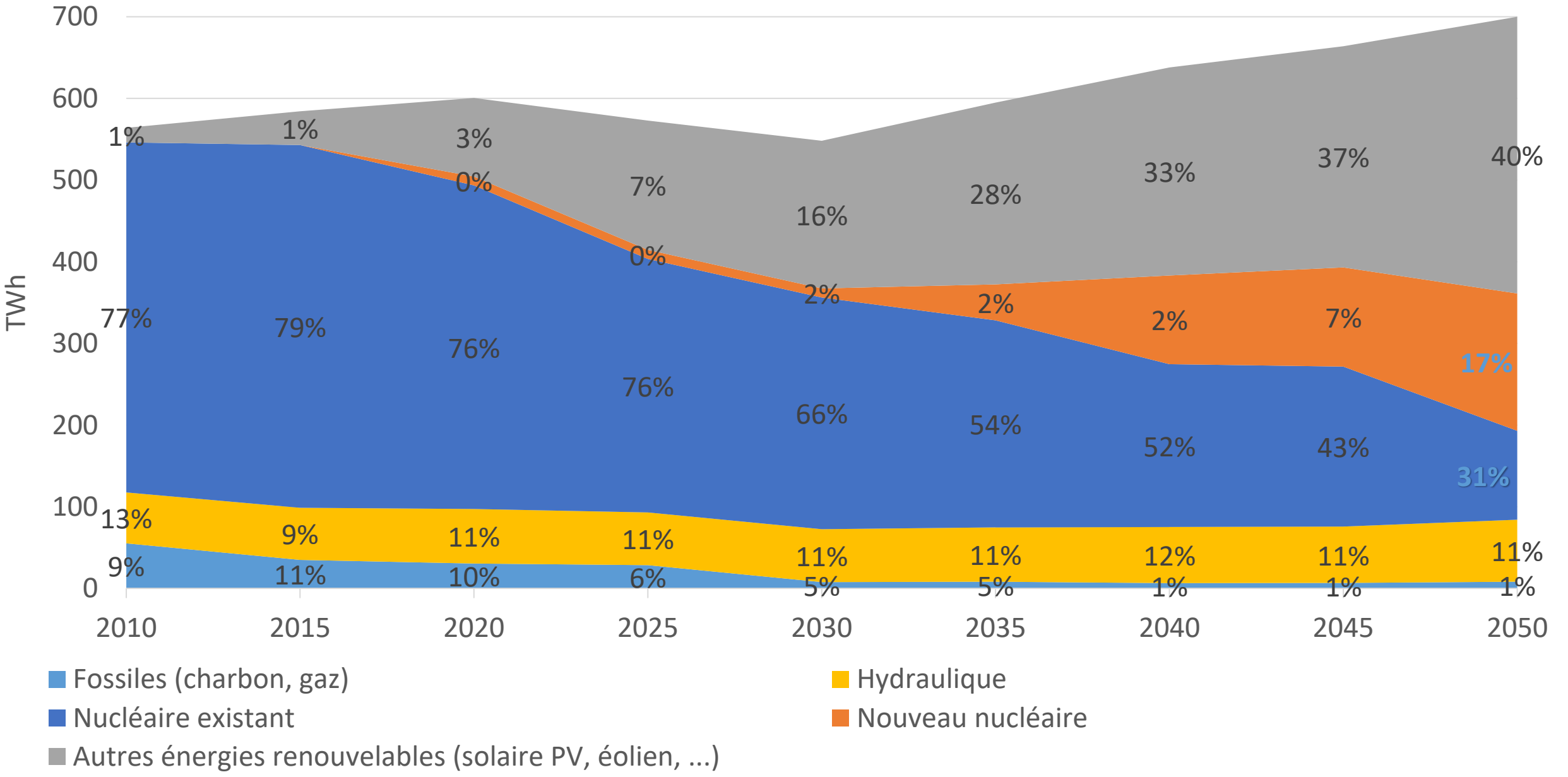
Note : ces données de production concernent les volumes d'électricité transitant sur les réseaux de transport d'électricité (50 Hertz, Amprion, Tennet, TransnetBW, Destatis, EEX).

Source : Fraunhofer ISE

Consommation Allemagne – 4% en moins / France
84 Millions Allemands + 25% / 67 Millions de Français

PPE : quand décider du renouvellement en France,

la question du lissage dans le temps pour atteindre 50% de nucléaire en 2035/2050?



Sfen

INSTRUCTION FORMELLE D'UN PROGRAMME NNF POUR MI-2021

« En l'état actuel des solutions disponibles, le nucléaire reste une piste prometteuse pour continuer à pouvoir compter sur une énergie fiable, décarbonée et à bas coût. Je demande donc à EDF de travailler à l'élaboration d'un programme de nouveau nucléaire, en prenant des engagements fermes sur le prix pour qu'il soit plus compétitif. Tout doit être prêt en 2021, pour que le choix qui sera proposé aux Français puisse être un choix transparent et éclairé. »

Emmanuel Macron, le 27 novembre 2018

Discours du Président de la République relatif à la stratégie et à la méthode pour la transition écologique

Un **comité des directeurs** interministériel a été mis en place en 02/2019 réunissant :

- Direction Générale de l'énergie et du climat (DGEC)
- Agence des Participations de l'Etat (APE)
- Direction générale du Trésor (DGT)
- Direction Générale du Budget
- Direction Générale des Entreprises (DGE)
- EDF
- CEA
- CSFN
- GIFEN
- Orano

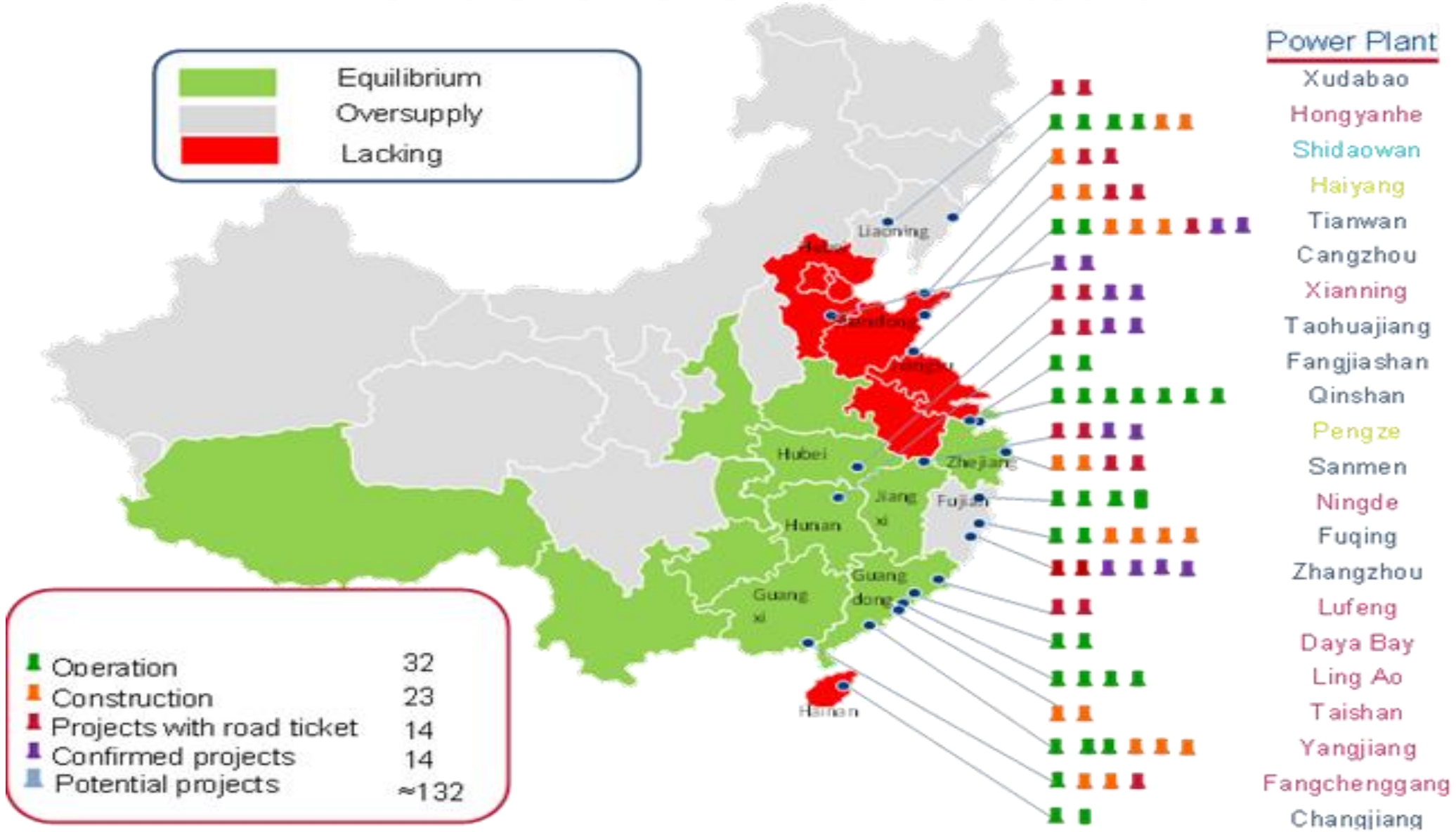
Ce comité a retenu **six volets d'instruction** pour couvrir l'ensemble des conditions nécessaires à une décision d'engagement :

- Mission d'audit des coûts de la technologie EPR2
- Démonstration de la capacité industrielle de la filière nucléaire à assurer la maîtrise d'un programme.
- Prospective sur les modes de production d'électricité bas-carbone avec ou sans la construction de réacteurs nucléaires avec l'objectif de neutralité carbone en 2050
- Définition des options de gestion des déchets radioactifs complémentaires liés au programme
- Définition de la forme et du calendrier de décision d'engagement, incluant les modalités de concertation avec le public
- Définition des modalités de régulation économique, de financement et de portage ; et préparation de la notification auprès de la Commission Européenne

Sfen

La Chine

Plan du parc Chinois fin 2015
Prévisions 2025 = 85 réacteurs



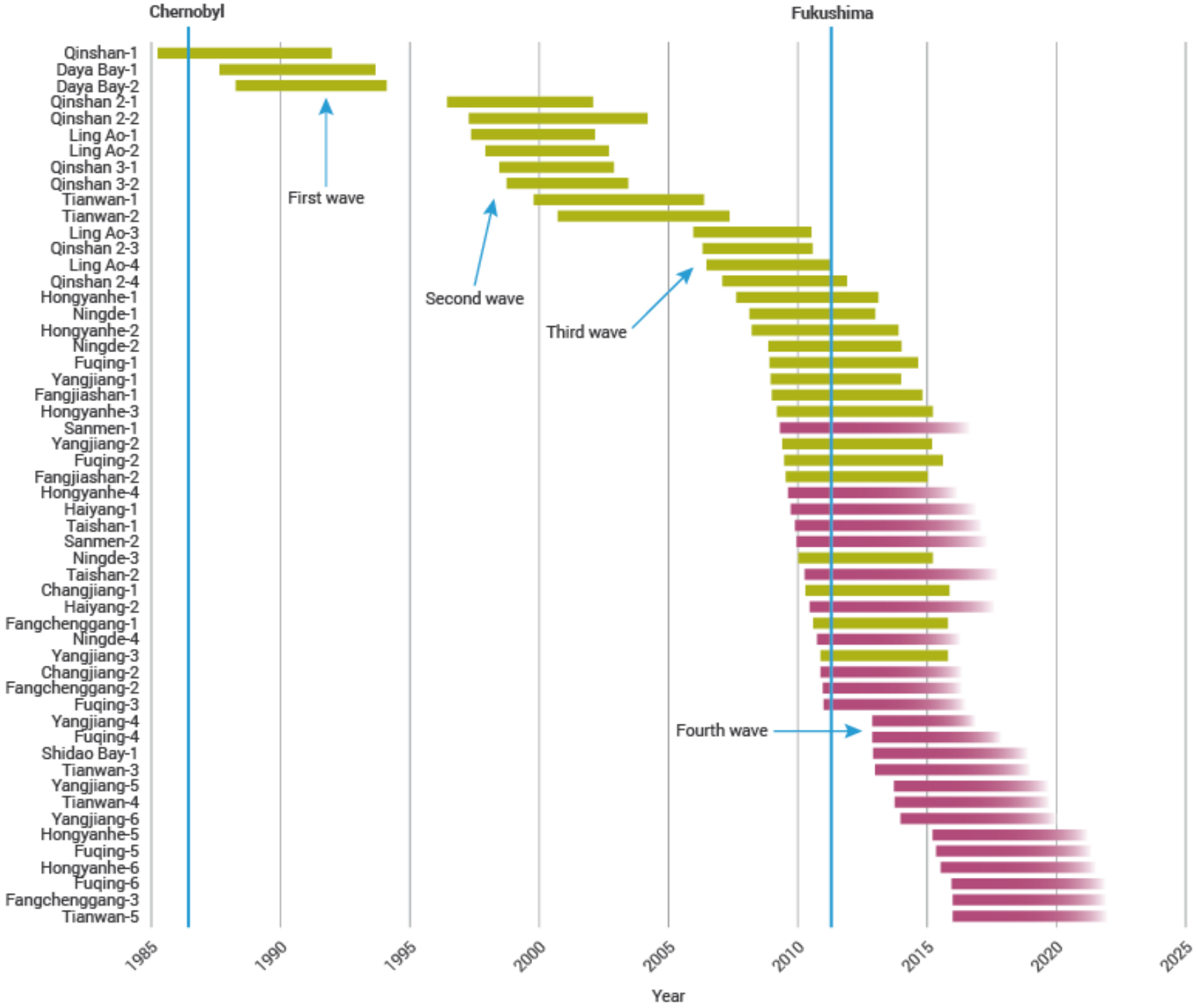
Evolution du Parc 2019 et Perspectives en 2030

Hypothèse de référence (13ème plan quinquénal 2016-2020)

	Nombre de réacteurs	
	Hypothèse basse	Hypothèse haute
En 2016 : 36 réacteurs (34 GW)		
bilan fin 2019 : 45,5 Gw installés + 12,3 Gw en construction		
En 2020 : 49 réacteurs (58 GW)	49	49
En 2025 : 80 réacteurs (86 GW)	77	90
En 2030 : 121 réacteurs (120 GW)	102	130

Les Compagnies Nucléaires Chinoises :
CNNC China National Nuclear Corporation, CGNPC China General Nuclear Power Corporation, SPIC State Power Investment Corp

Les types de réacteurs :
REP900, EPR, CPR 1000, AP1000, CAP1000, CAP1400, CNP-1000, HUALONG One – HPR1000, VVER, CANDU, Advanced Fuel Candu Reactor (AFCR) High Temperature gas-cooled Reactors: HTR-PM, HTR-PM 600,


Chernobyl
Fukushima
Qinshan-1
Daya Bay-1
Daya Bay-2
Qinshan 2-1
Qinshan 2-2
Ling Ao-1
Ling Ao-2
Qinshan 3-1
Qinshan 3-2
Tianwan-1
Tianwan-2
Ling Ao-3
Qinshan 2-3
Ling Ao-4
Qinshan 2-4
Hongyanhe-1
Ningde-1
Hongyanhe-2
Ningde-2
Fuqing-1
Yangjiang-1
Fangjiashan-1
Hongyanhe-3
Sanmen-1
Yangjiang-2
Fuqing-2
Fangjiashan-2
Hongyanhe-4
Haiyang-1
Taishan-1
Sanmen-2
Ningde-3
Taishan-2
Changjiang-1
Haiyang-2
Fangchenggang-1
Ningde-4
Yangjiang-3
Changjiang-2
Fangchenggang-2
Fuqing-3
Yangjiang-4
Fuqing-4
Shidao Bay-1
Tianwan-3
Yangjiang-5
Tianwan-4
Yangjiang-6
Hongyanhe-5
Fuqing-5
Hongyanhe-6
Fuqing-6
Fangchenggang-3
Tianwan-5
First wave
Second wave
Third wave
Fourth wave
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
2020
2025
Year

Sfen

Production 2018 d'énergie « verte» en Chine / Fossile

Production totale	Hydraulique	Eolien	Nucléaire	Solaire	Biomasse	Non Fossile	Fossile
6990 TWh	1230 TWh	366TWh	294TWh	177 TWh	92 TWh	2160 TWh	4830 TWh
Part en %	17,6%	5,2%	4,2%	2,5%	1,3%	30,9%	69,1%
/2017 : +8,4%	*+3,2%*	*+20,2%*	*+18,6%*	*+50,8%*	*+16%*	*+11,1%*	*+7,3%*

Les énergies « propres » ont produits 2160 TWh en 2017, soit 30,9% du total.

L'hydraulique est la plus importante production d'énergie verte et de loin, mais son apport supplémentaire en 2018 par rapport à 2017 est inférieur à chacune des énergies éolienne, nucléaire et solaire.

En 2030, la part du nucléaire dans le mix énergétique Chinois passera de 4% à 10%

Sfen

Quelques idées à méditer

- L'avenir immédiat est à l'arrêt des énergies fossiles pour l'électricité et….!
- Le Co2 engendré par le nucléaire « décarboné » est de 6 grs par kWh électrique.
- Cette valeur de Co2 (construction, installation) est de 10 grs pour l'éolien, de 50 grs pour le photovoltaïque et de 900/1000 grs pour le charbon, soit un **facteur 150** entre nucléaire et charbon en Co2 par kWh

- Le coût de « traitement » du Co2 est évalué à **10 000€ / Tonne**

- L'électricité Enr stockée sur batterie, qui contient beaucoup de métallurgie et de chimie : cela émet de 50 à 200 grammes (en +) par kWh stocké et restitué.

Sfen

Quelques idées et chiffres à rappeler (suite…)

- Le solaire occupe environ 500 fois l'espace au sol du nucléaire pour produire la même quantité d'électricité en une année.
- La production annuelle de Fessenheim 1&2 était équivalente à l'ensemble de la production 2019 des panneaux photovoltaïques en France (2%).
- En termes de matériaux (ciment, cuivre, acier, etc) le nucléaire nécessite jusqu'à 100 fois moins de quantités par kWh produit que le solaire et l'éolien.
- La totalité des **déchets** vraiment dangereux que le parc nucléaire français a produit depuis le début de son fonctionnement tient dans une piscine à La Hague. Les déchets nucléaires sont donc un problème gérable.

Sfen

Le Nucléaire,

Une filière d'avenir

- Construction
- Exploitation
- Réseaux
- Recherche
- Stockage
- Démantèlement
- Radioprotection
- Sureté…

Le climat change… les jeunes aussi !

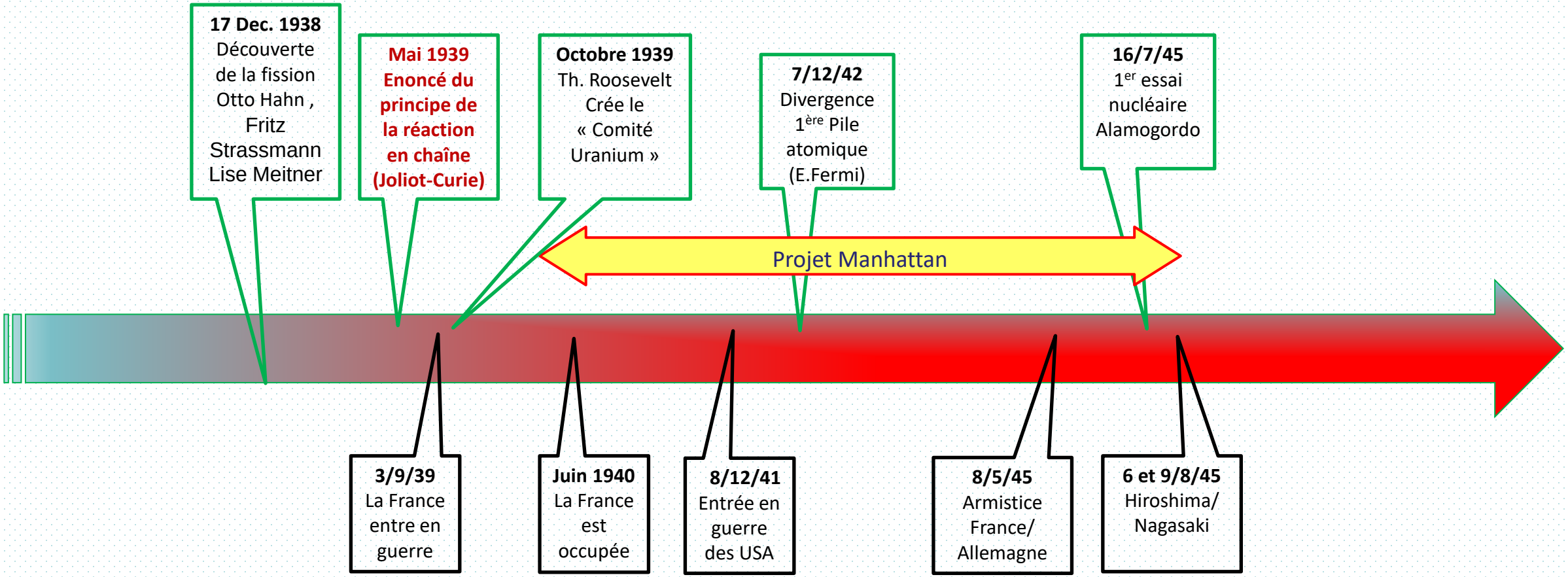
Sfen

MERCI de votre attention

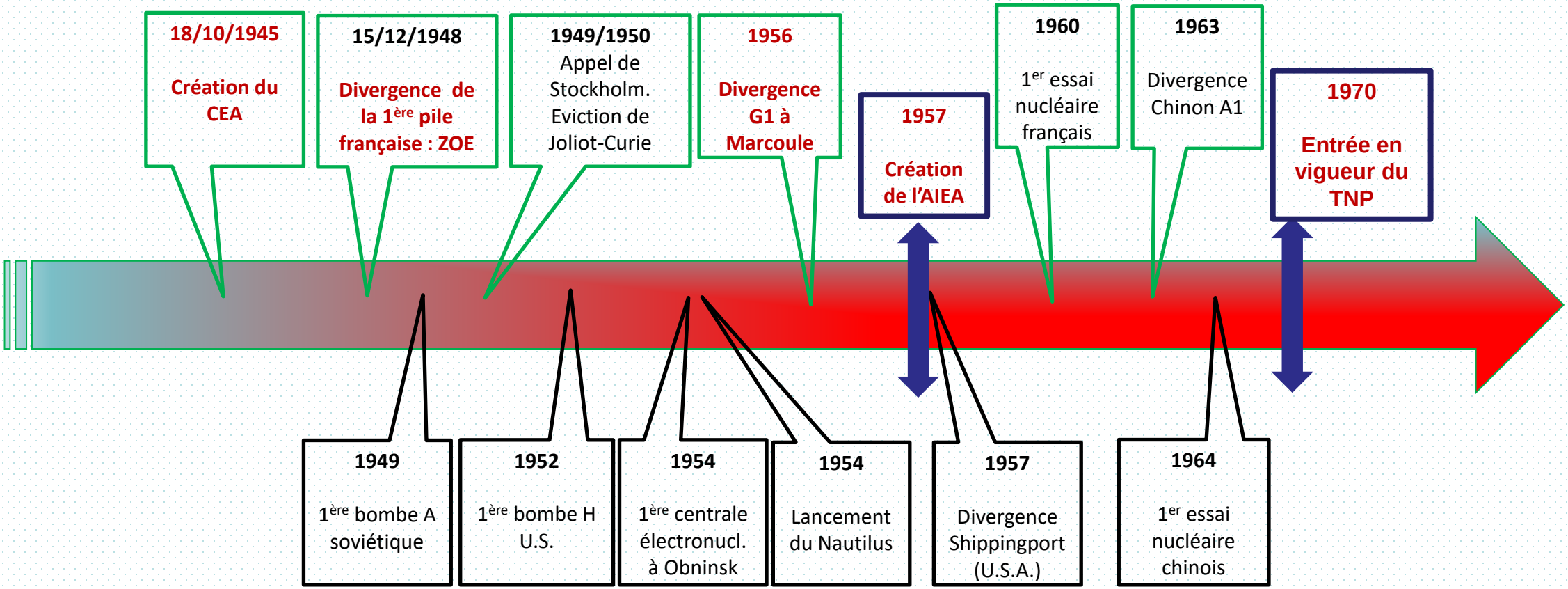
☺ ☺ ☺

Des questions?

UN PEU D'HISTOIRE…
LA GENÈSE DE L'ÈRE NUCLÉAIRE



HISTOIRE… L'ESSOR D'APRÈS GUERRE



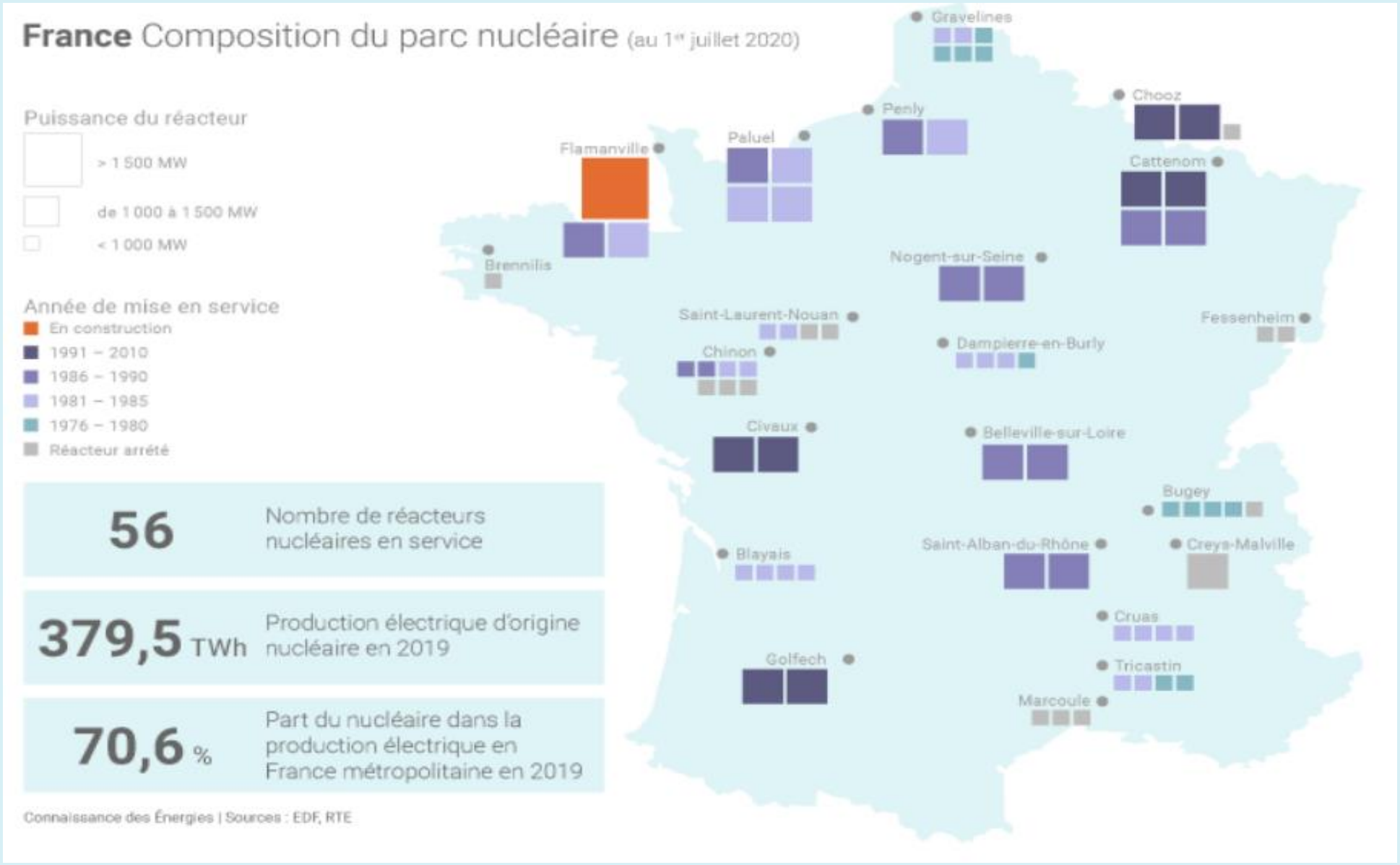
Sfen

Les trois impératifs de la sûreté des réacteurs nucléaires

- Contrôler la réaction en chaîne
- Confiner les gaz et les produits de fission
- ***Évacuer la chaleur produite***
  - En marche
  - ***Après arrêt*** (chaleur résiduelle)

C'est le talon d'Achille du nucléaire

Sfen


France Composition du parc nucléaire (au 1er juillet 2020)
Puissance du réacteur
> 1 500 MW
de 1 000 à 1 500 MW
< 1 000 MW
Année de mise en service
En construction
1991 – 2010
1986 – 1990
1981 – 1985
1976 – 1980
Réacteur arrêté
56
Nombre de réacteurs nucléaires en service
379,5 TWh
Production électrique d'origine nucléaire en 2019
70,6 %
Part du nucléaire dans la production électrique en France métropolitaine en 2019
Connaissance des Énergies | Sources : EDF, RTE
Gravelines
Chooz
Penly
Paluel
Flamanville
Cattenom
Brennilis
Nogent-sur-Seine
Saint-Laurent-Nouan
Fessenheim
Dampierre-en-Burly
Chinon
Civaux
Belleville-sur-Loire
Bugey
Blayais
Saint-Alban-du-Rhône
Creys-Malville
Cruas
Golfech
Tricastin
Marcoule

La 5ème transition, celle du XXI° siècle : le retrait des fossiles

Emission de CO^2 par type d'énergie

Au niveau de l'ensemble du parc, le CO2 moyen annuel du kWh produit en France est l'un des plus faibles d'Europe à 53 g/kWh toutes énergies confondues contre 560 g/kWh en Allemagne (chiffres 2016)

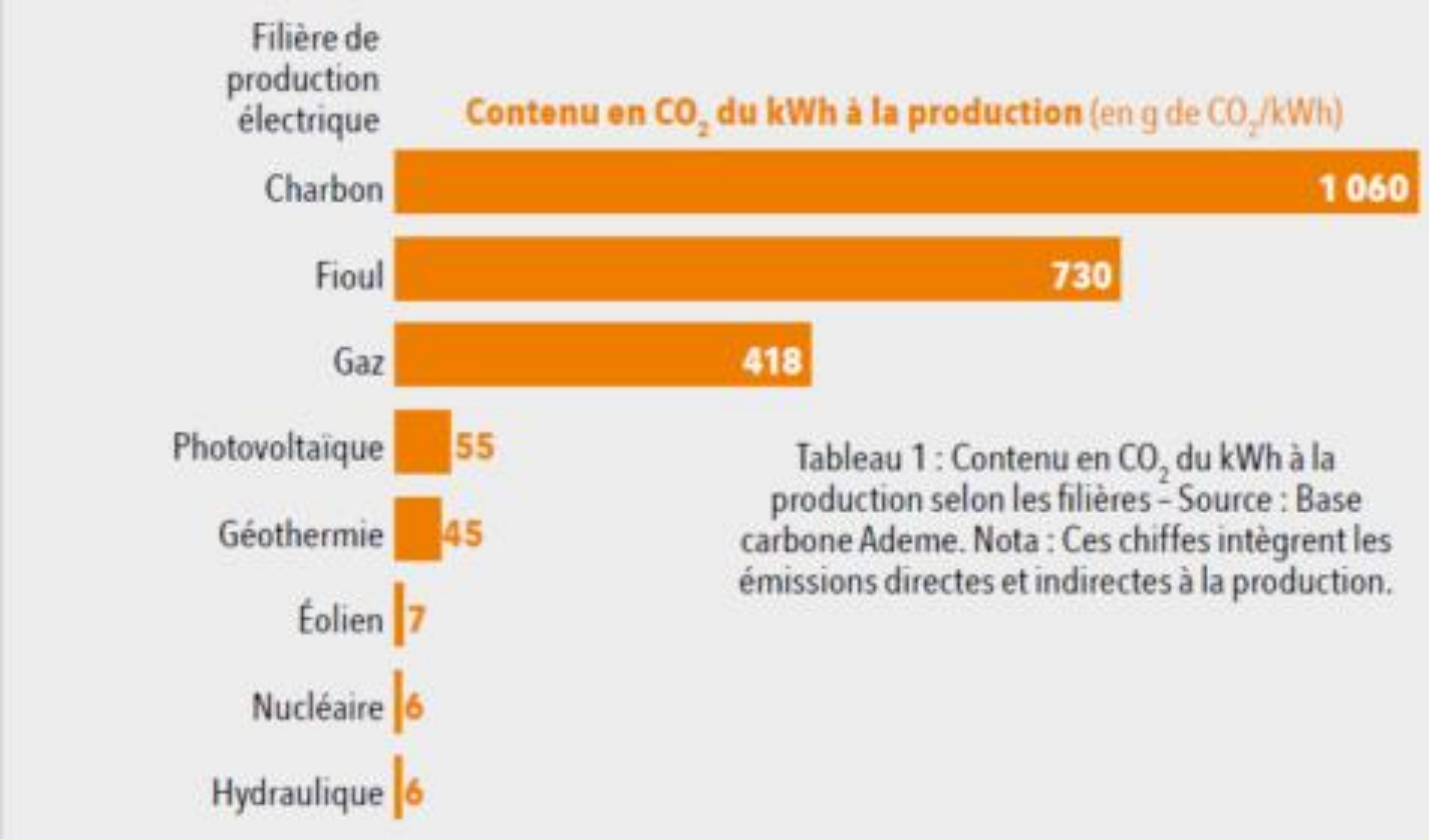
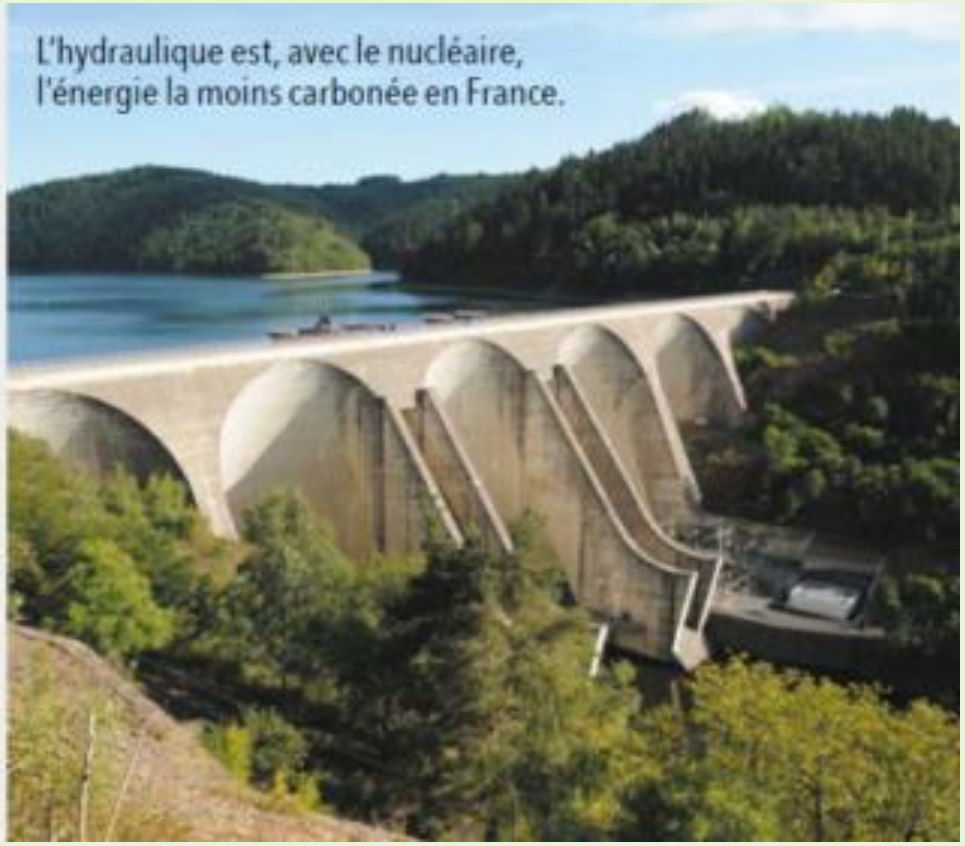



Tableau 1 : Contenu en CO_2 du kWh à la production selon les filières – Source : Base carbone Ademe. Nota : Ces chiffes intègrent les émissions directes et indirectes à la production.