

**Conférence/débat organisée par deux associations:  
Protection et Avenir du Patrimoine et de l'Environnement en Dordogne  
et Quartier Est de Bergerac**

**Bergerac, le 7 octobre 2023**

# **Le virus antinucléaire**

**Le défi de la transition énergétique  
préjugés, erreurs et réalités**

**Parmi les solutions durables :  
la solution nucléaire**

**Jean-Luc SALANAVE**



## Jean-Luc SALANAVE

**Spécialiste des énergies durables et du nucléaire**

**Scientifique français, spécialiste de l'énergie et de la transition écologique, ancien industriel, ami de la Nature, écologiste-pronucléaire. Il milite dans plusieurs associations écologistes en tant qu'expert et porte-parole (PNC-France, Sauvons le Climat, AEPN, FED, UARGA, Voix du Nucléaire). Il soutient les scénarios Négatep et TerraWater. Il enseigne en Grandes Écoles et universités, en France et à l'étranger. Il a été relecteur du rapport spécial 2018 du GIEC sur le climat. Il a travaillé dans le nucléaire (Directoire d'EURODIF, Directeur des Technologies d'Areva). Il fut un acteur électro-intensif majeur sur le marché européen de l'électricité. Il a participé au programme international de recherche sur la fusion de l'hydrogène.**

***Il possède un master d'astrophysique (1987, USA) et est diplômé de l'École Centrale de Paris (1974).***



*Auteur de la BD : « le virus antinucléaire »*

# Résumé

***Quelle politique énergétique favorable à la souveraineté française et répondant aux enjeux écologiques (climat, environnement, ressources naturelles) et sociétaux (coûts, équité) ?***

## **Contenu :**

**Erreurs et préjugés, réalités scientifiques et espoirs:**

- la solution nucléaire (35 ans de succès et 15 ans de sabotage),**
- les autres solutions durables,**
- demain: quels renouvelables, quel nucléaire, quelle place pour l'hydrogène, la biomasse ?**

**Questions et débat ...**

# Pour les jeunes et l'humanité trois grands défis interdépendants



**Démographie**



**Durabilité des  
ressources terrestres**  
(fossiles, minérales et biodiversité)



**Dérèglement  
climatique**

# Préjugés et réalités

1. L'énergie en France est « tout nucléaire » : NON
2. L'électricité est un contributeur majeur au changement climatique : PAS en France
3. La solution au dérèglement climatique c'est les énergies renouvelables : OUI & NON
4. L'énergie nucléaire contribue significativement au changement climatique : NON
5. La loi de transition énergétique (LTECV-2015) est bonne pour le climat : NON
6. La meilleure électricité est celle qui n'est pas utilisée : NON
7. Les rejets radioactifs ont fait des morts à Fukushima : NON
8. Les déchets nucléaires n'ont pas de solutions : FAUX
9. Mieux vaut ne pas mettre tous les oeufs dans le même panier : ÇA DEPEND
10. L'électricité nucléaire est plus chère que les énergies renouvelables : NON
11. Le nucléaire n'est pas une énergie d'avenir : FAUX
12. Le nucléaire est une énergie transitoire comme le gaz naturel : NON
13. Le marché européen de l'électricité profite aux citoyens et à l'économie : FAUX
14. L'ARENH et les certificats verts sont des outils vertueux : NON !
15. Les batteries et l'hydrogène, futures alternatives au nucléaire ? OUI & NON

# Préjugés et réalités

## Le nucléaire responsable du dérèglement climatique ? FAUX

(pourtant 69 % de français le croient – sondage BVA 2019 !! Pire encore que les 9 % qui croient que la Terre est plate – sondage IFOP 2019)

grammes de CO<sub>2</sub>eq / kWh  
(sur tout le cycle de vie)

Charbon :	800	
Gaz :	400	
Hydraulique:	24	
Solaire PV :	56	Source ADEME
Éolien :	14	Source ADEME

**Nucléaire :** **4** France, sources CCR Européen, EDF, CEA (moy. mondiale 12 gCO<sub>2</sub>, source GIEC)

**L'électricité nucléaire française émet 3 fois moins de CO<sub>2</sub> que l'éolien et 14 fois moins que le solaire photovoltaïque**

**L'ELECTRO-NUCLEAIRE, MEILLEURE SOLUTION CLIMATIQUE  
outre bien d'autres qualités**



(« le virus antinucléaire », p.10)

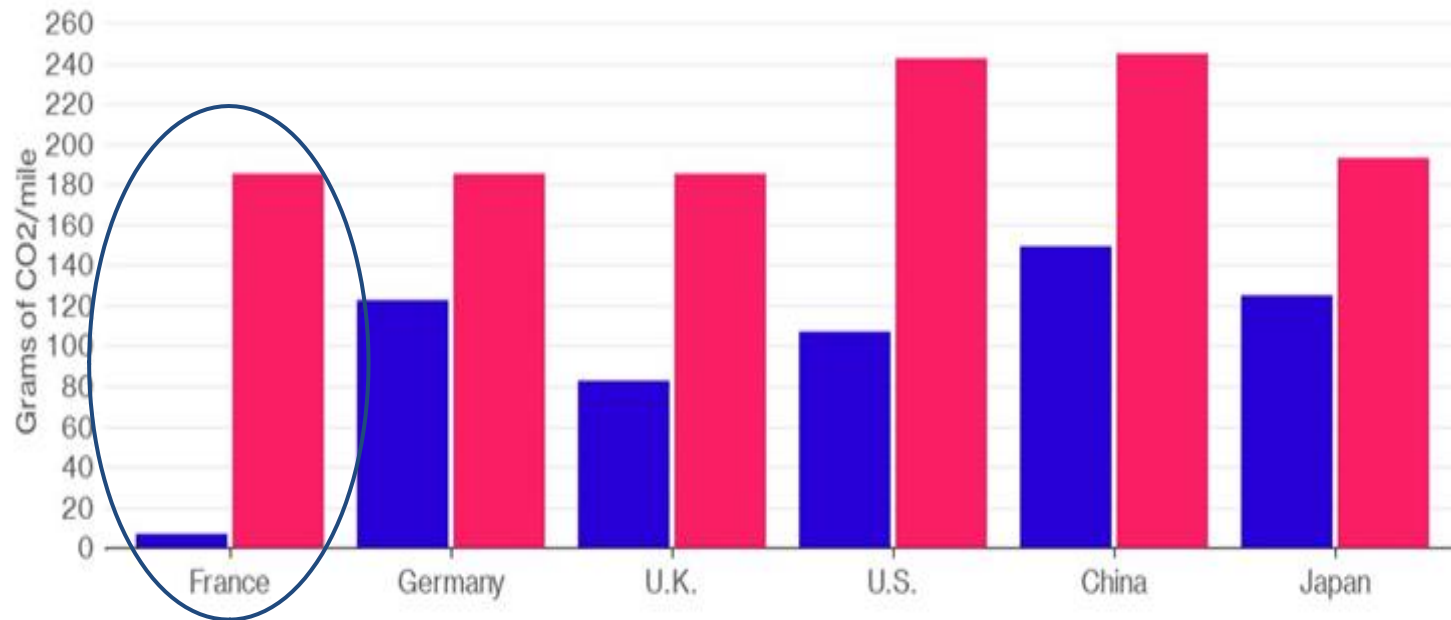
# Role of nuclear for futur uses of electricity

Electric cars will be « clean » only if low carbon electricity

## How Much Cleaner?

Depends on how a country generates its power and its standards for fuel efficiency

■ Electric vehicle emissions ■ Fuel-combustion engines



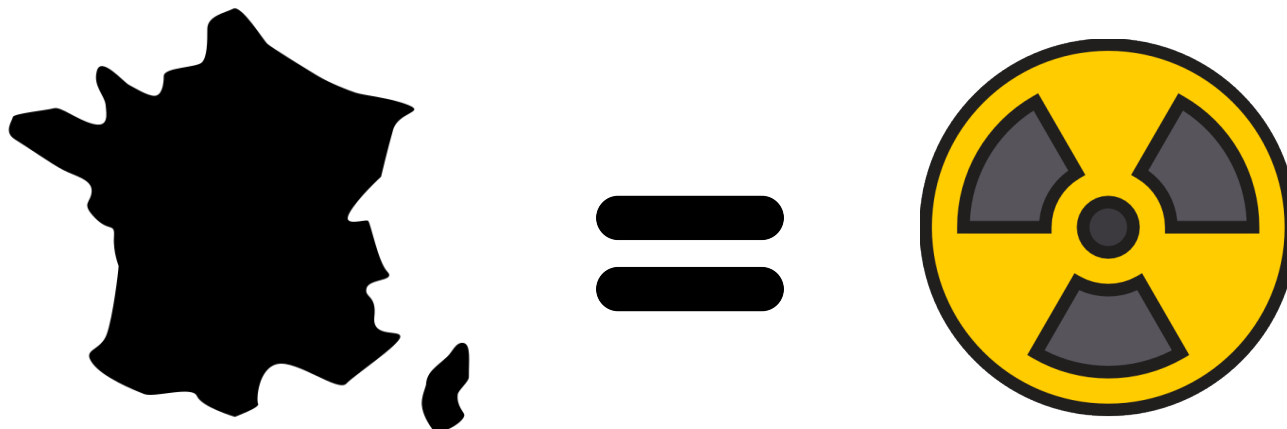
Source: Bloomberg New Energy Finance

Note: 2016 figures

Bloomberg 

**France : one of the best places in the world for developing electric cars against climate change, thanks to nuclear electricity**

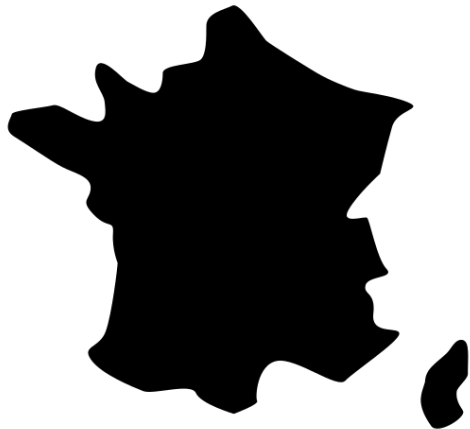
Énergie finale : la France pays « tout nucléaire » ?





## Préjugés et réalités

Énergie finale\* : la France pays « ~~NON~~ tout nucléaire » ?



=

**65% FOSSIL**

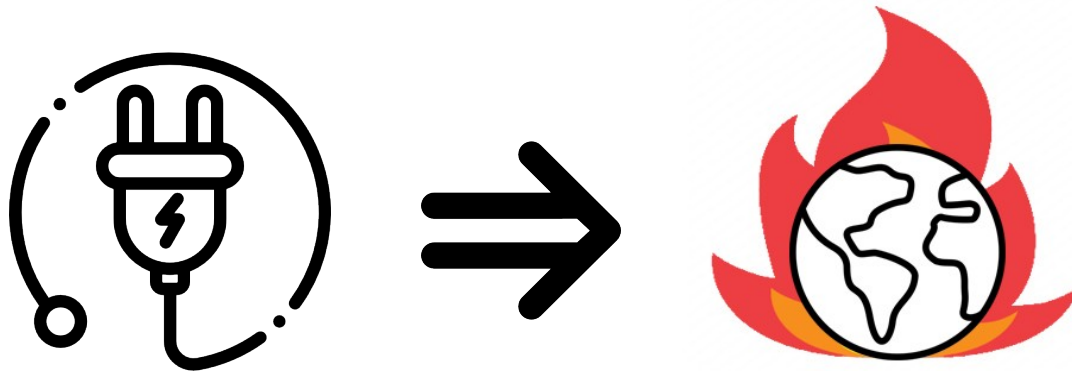
16 %



\*Note : en France, en 2022, l'électricité ce n'est que 25 % de l'énergie finale (monde 20%)

# Préjugés et réalités

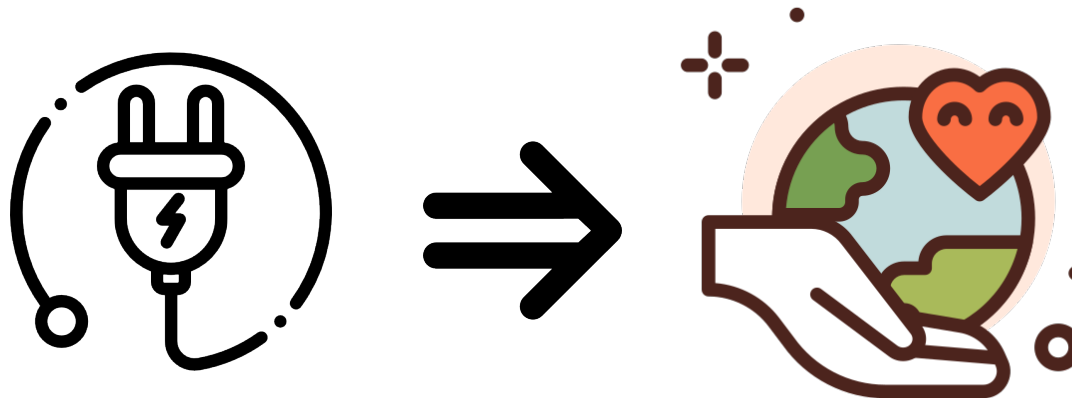
**L'électricité est un contributeur majeur au dérèglement climatique**



## Préjugés et réalités

~~L'électricité est un contributeur majeur au dérèglement climatique~~

**PAS EN FRANCE**



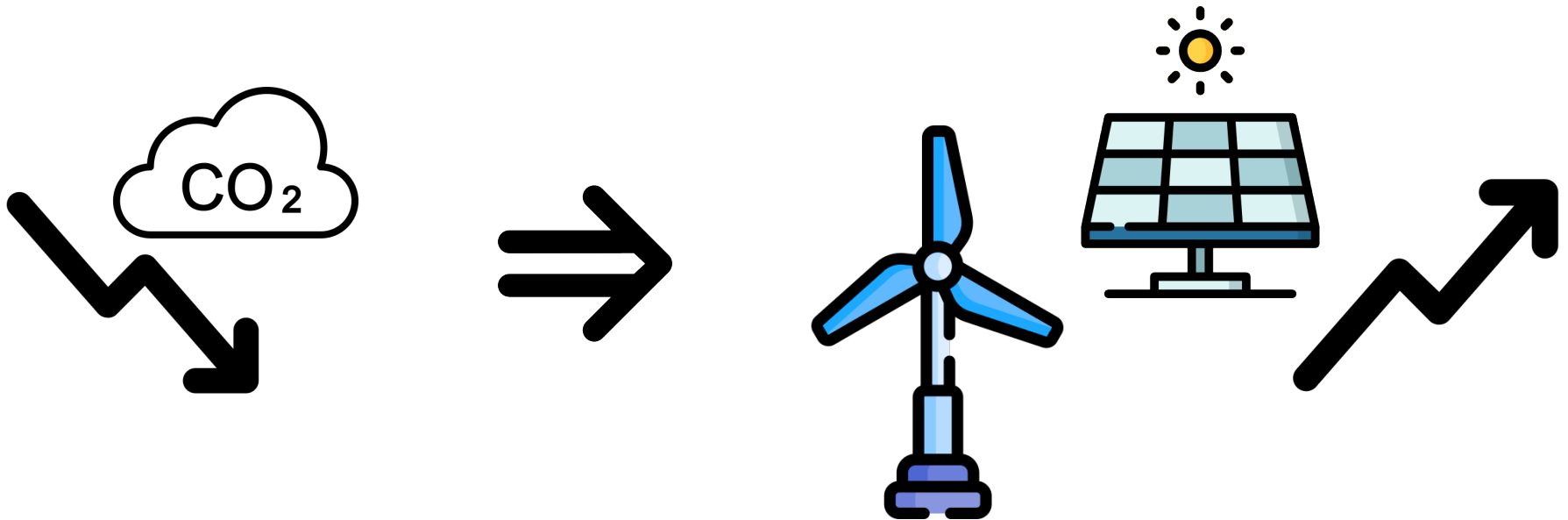
l'électricité produite en France est à **93 % décarbonée**

EDF n'a émis que 27 des 418 MtCO<sub>2</sub>eq émises en 2021

(alors pourquoi la RT2012 et la LTECV2015 !?)

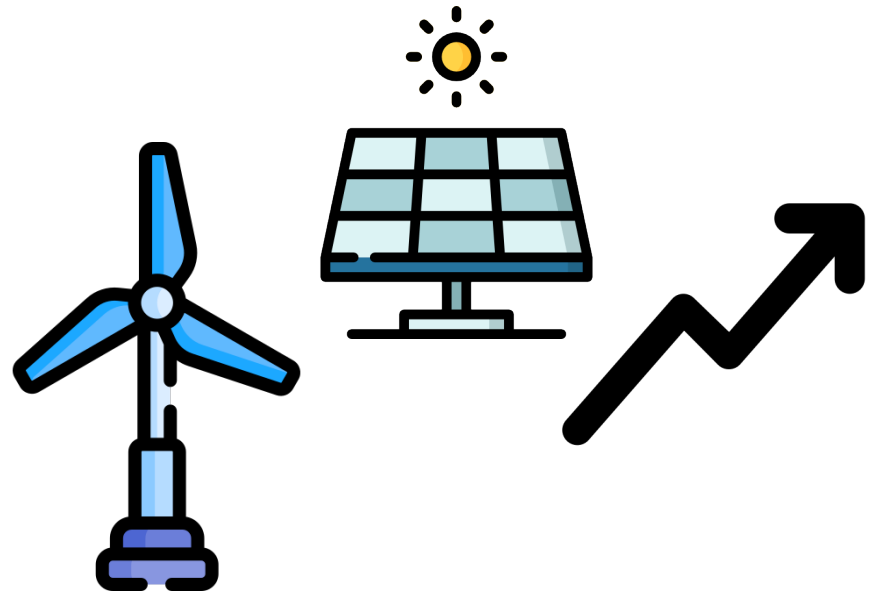
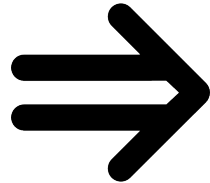
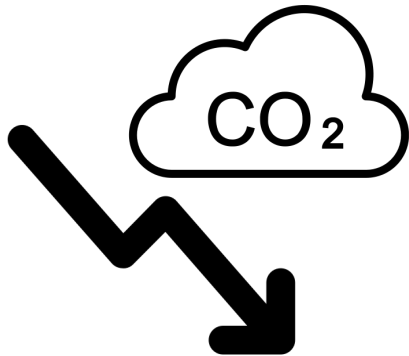
## Préjugés et réalités

« Contre le dérèglement climatique il faut développer les énergies renouvelables »

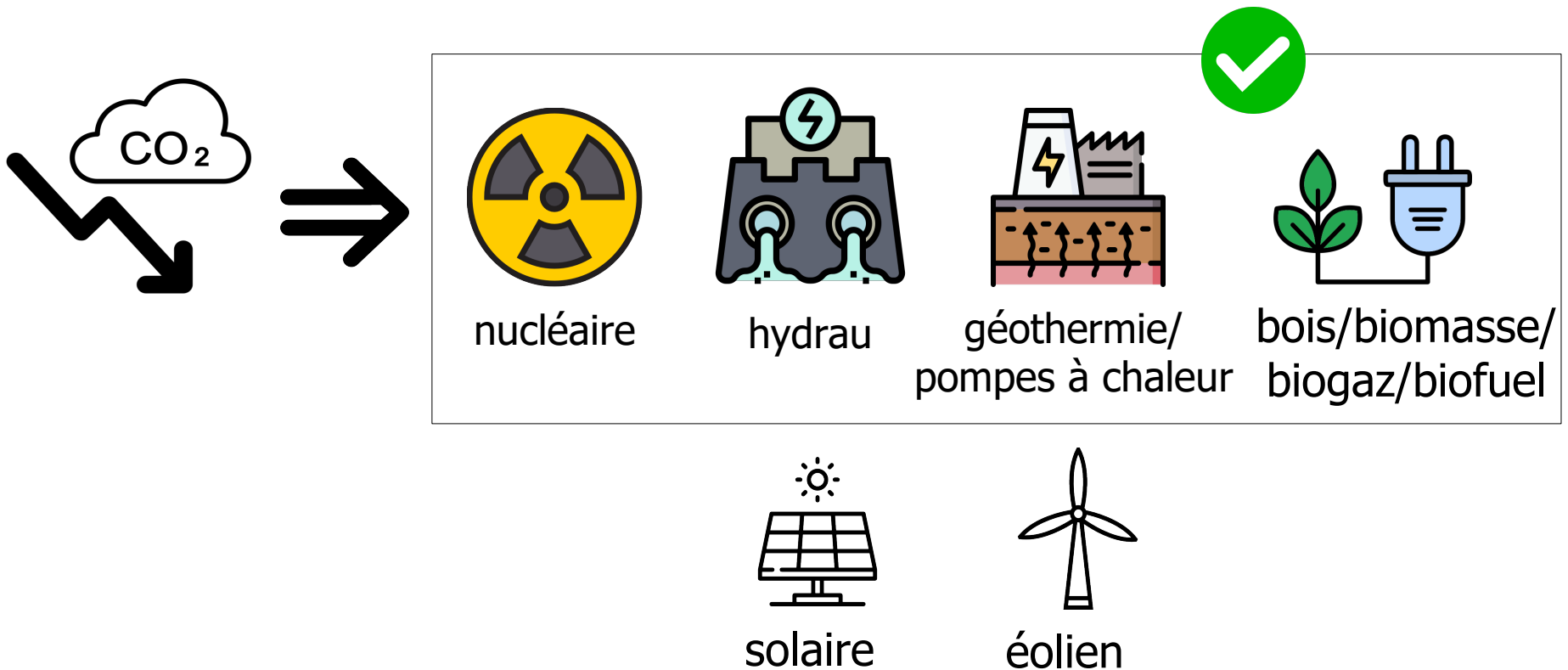


## Préjugés et réalités

« Contre le dérèglement climatique il faut développer les énergies ~~renouvelables~~ »  
**décarbonées**



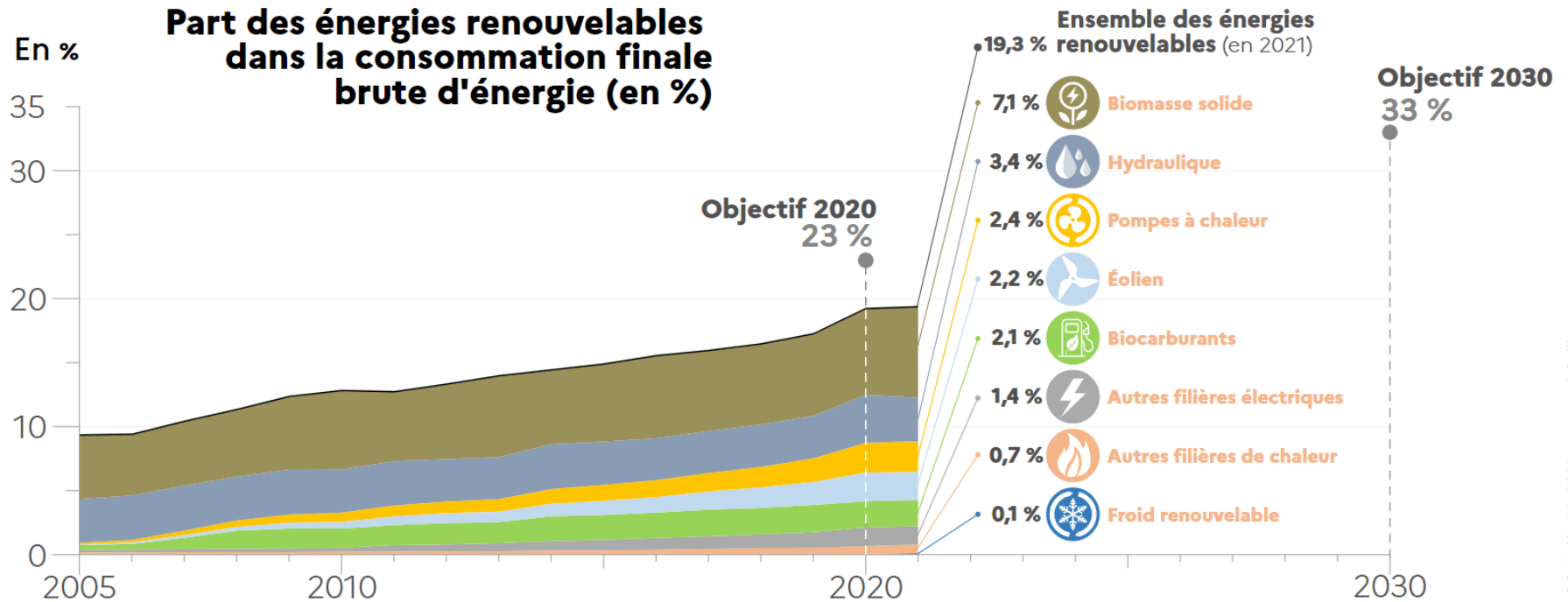
# Il existe **d'autres énergies décarbonées plus efficaces\*** que photovoltaïque et éolien



\*Note : moins aléatoires, moins dépendantes du gaz, moins émettrices de CO<sub>2</sub>, moins consommatrices en ressources naturelles, ne nécessitant pas de stockage lithium ou H<sub>2</sub>, moins importées

# Part des renouvelables en France dans l'énergie finale

En tête : 1. biomasse, 2. hydraulique, 3. pompes à chaleur (aéro- et géothermie)



# Préjugés et réalités

## La LTECV\* de 2015 a été efficace pour le climat : FAUX

- Cette loi a prévu des subventions MASSIVES au photovoltaïque et à l'éolien qui ne produisent que ... de l'électricité !!? \*\*
- Cette loi a prévu de réduire la part du nucléaire de 75 à 50 % du mix électrique en 2025 (puis 2035), et de plafonner sa puissance à 63,2GW \*\*\*

**ERREUR de CIBLE !** Pour réduire les émissions de CO2 cette loi s'est attaquée à l'électricité ... qui était **déjà décarbonée à plus de 90 % !!** Plus des 2/3 du CO2 émis en France proviennent du transport et du chauffage non-électrique (domestique et industriel). **L'électricité n'en génère que 6 % (dont EDF 2%) !!**

\* LTECV : loi de transition énergétique pour une croissance verte

\*\* voir pétition [change.org](http://change.org): « pour économiser 121 milliards »

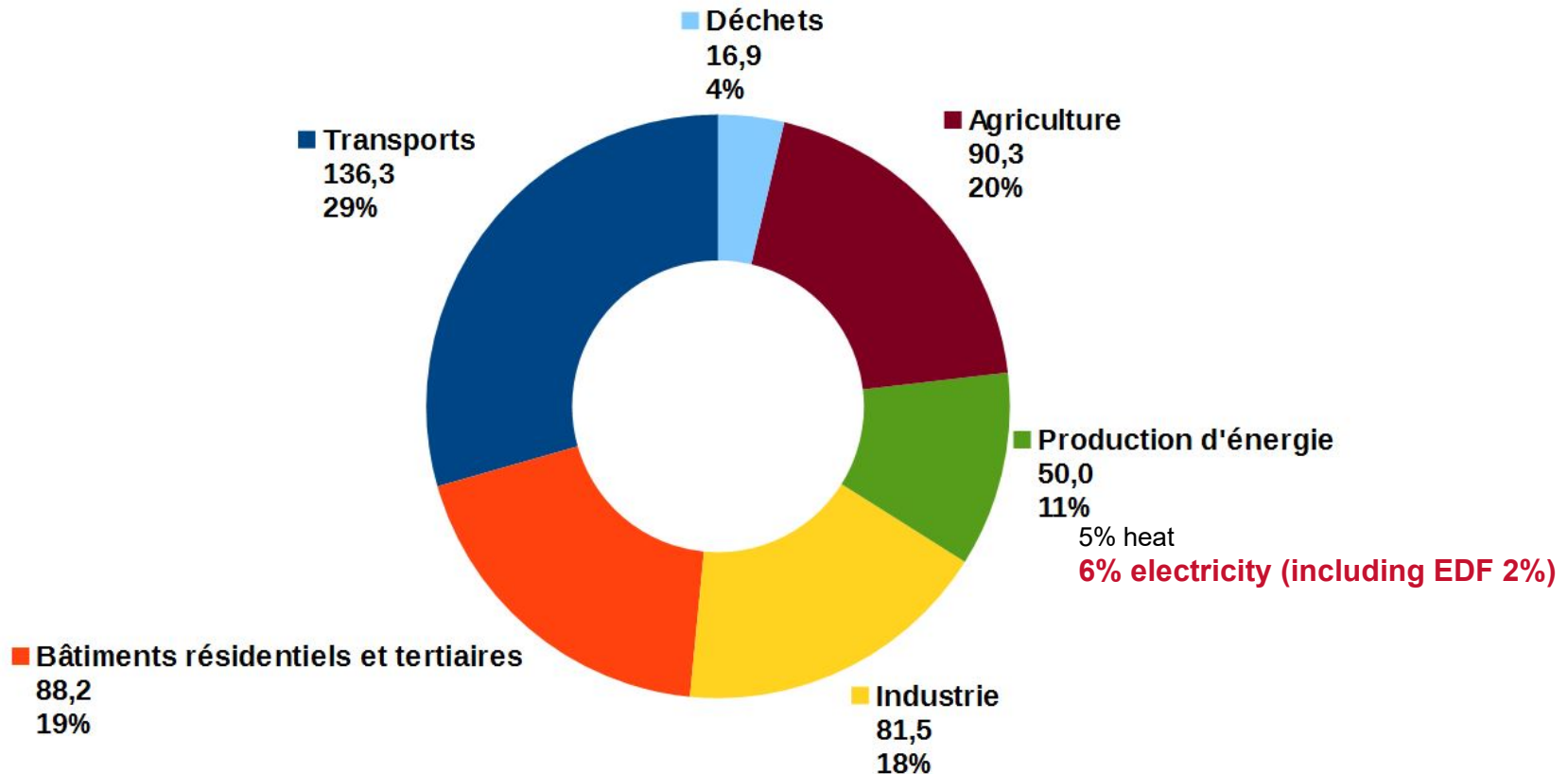
\*\*\* réduction nuisible au dérèglement climatique ! Sources : Cour des Comptes et Commission Parlementaire Aubert



# Rejets de CO2 France 2019: 436 MtCO<sub>2</sub>eq (source : CITEPA)

Cibler l'électricité c'est se tromper de cible !  
(transport et chauffage non-électrique: > 60% des émissions; l'électricité c'est 6%)

Emissions sectorielles estimées en 2016, en MtCO<sub>2</sub>eq



# histoire énergétique française

## du nucléaire ... au soutien aux énergies renouvelables (EnR)

- ▶ **1973: CRISE pétrolière et lancement du programme nucléaire français à eau légère, 58 réacteurs PWR, financement par fonds propres et emprunts industriels remboursés par les consommateurs (NI TAXES, NI SUBVENTIONS)**

1<sup>ère</sup>  
transition  
énergétique  
**SUCCES**  
complet



- ▶ **2015: LTECV (loi de transition énergétique pour une croissance verte). Résultats : CRISE SOCIALE (les « gilets jaunes », 2018-2019, dénoncent le détournement de la transition énergétique vers les bénéfices financiers au lieu de climatiques)**

2<sup>ème</sup>  
transition  
énergétique  
**ECHEC**  
social  
économique  
et climatique



- ▶ **2021 : CRISE ÉNERGÉTIQUE MAJEURE (aggravée en 2022 par la guerre russo-ukrainienne)**

# Paysage électrique français

93% dé-carboné (depuis 20 ans !)

Puissance renouvelable installée (62 GW) déjà supérieure au nucléaire ! Où est l'erreur ?

- ▶ **467 TWh consommation**
- ▶ **519 TWh production** (incl: export net 45 TWh, STEP/stockage 6 TWh et prod. énergie)
- ▶ **Puissance max: 88,4 GW** (11/01/21 à 9h30 ; noter : import 14GWmaxi + nucléaire 61GW + hydro 12GW = 87 !!)  
Record : 102 GW en 2012
- ▶ **Emissions de CO2 (2021): 18 Mt** soit 34.1gCO2/kWh (nucléaire EDF : 4gCO2/kWh)

## Notes:

- ▶ énergies intermittentes (facteur de charge 2021): 23% pour l'éolien (min 0,2 - max 79,9%) ; 13 % pour le solaire PV (min 0 – max 78,1%)
- ▶ tarifs d'achat garantis jan 2022: solaire 179 €/MWh 20 ans (630€/MWh in 2009 !) ; éolien 82€/MWh 15 ans (150€ offshore St Brieuc !)
- ▶ épisodes de prix d'électricité négatifs en Europe, causés par les excès d'électricité renouvelable indésirable (kWh = déchets !?)

2021 source RTE	Puissance (installée au 31/12/2021)	Énergie produite
<b>nucléaire</b>	<b>44,1%</b> (61,4 GW)	<b>69%</b> (360,7TWh)
<b>hydraulique</b>	<b>18,5%</b> (25.7 GW)	<b>12%</b> (62,5TWh)
<b>fossiles</b>	<b>12,9%</b> (17,9 GW)	<b>7%</b> (38,6TWh)
incl. gaz	<b>9,2%</b> (12,8)	<b>7%</b> (32,9)
incl. charbon	<b>1,3%</b> (1,8)	<b>0.3%</b> (3,8)
incl. fuel	<b>2,4%</b> (3,3)	<b>0.5%</b> (1,9)
<b>éolien</b>	<b>13,5%</b> (18,8 GW)	<b>7%</b> (36,8TWh)
<b>solaire photovoltaïque</b>	<b>9,4%</b> (13,1 GW)	<b>3%</b> (14,3TWh)
<b>Autres renouv. (biomasse, déchets)</b>	<b>1.6%</b> (2,2 GW)	<b>2%</b> (10 TWh)
<b>Total</b>	<b>100% (139,1 GW)</b> 102GW pic 8/2/2012	<b>100% (522,9TWh)</b>

En Allemagne le vent efface du charbon, en France il efface du nucléaire moins carboné que l'éolien !!

# Préjugés et réalités

## Le meilleur kWh est celui qui n'est pas utilisé : FAUX

Sinon, pourquoi avoir inventé l'électricité alors qu'on avait la bougie !

- **Le meilleur kWh est celui que l'on CONSOMME pour apporter bien-être, santé, éducation, chauffage, communication, mobilité ... etc**
- **Le meilleur kWh est celui que les pays en développement consommeront pour se développer chez eux, sans émigration**
- **Le meilleur kWh électrique est celui qui se substitue aux énergies fossiles responsables du dérèglement climatique**
- **Le meilleur kWh est celui qui est disponible quand on en a besoin, jour ou nuit, été ou hiver, et qui ne nécessite pas de coûteux moyens de stockage qui gaspillent les ressources naturelles**

**Sans énergie pas de Civilisation ! Ne la gaspillons pas ! Mais il y a mieux que la décroissance pour sauver le climat**



(« le virus antinucléaire », p.22 & 23)

# Préjugés et réalités

## Les radiations ont provoqué des morts à Fukushima : NON

- **MENSONGE** entendu sur des radios françaises: «le 11 mars 2011, les cœurs de 3 des 6 réacteurs de la centrale japonaise entraient en fusion, provoquant un tsunami et 18,000 morts » !!! (France Inter, 23/07/2017, 19h)
- **Les faits** : le 11 mars, 18000 furent tuées par un séisme de magnitude 9.1 suivi d'un tsunami. Ce tsunami provoqua le **JOUR SUIVANT** des rejets radioactifs sur les réacteurs de Fukushima Daishi
- **Rapports de l'OMS et l'UNSCEAR** : les radiations n'ont provoqué aucun décès parmi les travailleurs et la population et ne sont pas susceptibles d'avoir des conséquences sur leur santé ni sur celle de leurs descendants

- **Note 1** : le 15 mars 2011, Angela Merkel, contaminée par les fake news, annonce la sortie du nucléaire de l'Allemagne
- **Note 2** : OMS : organisation mondiale pour la santé ; UNSCEAR : united nations scientific committee on the effects of atomic radiations



## Préjugés et réalités

# Le nucléaire civil fait plus de victimes que les renouvelables : FAUX

Source d'énergie	Nombre de morts pour 1000 TWh
Charbon	100 000
Pétrole	36 000
Biomasse	24 000
Gaz naturel	4 000
Hydraulique	1 400
Solaire	440
Eolien	150
NUCLÉAIRE	90

1000 térawattheures c'est environ 2 fois la production annuelle française d'électricité (sources: Forbes, OMS, US Academy of Science)

90 morts en supposant les hypothèses les plus pessimistes pour Tchernobyl et Fukushima (aux USA et en France c'est moins de 1 mort en moyenne)

Sources: <https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2012/06/10/energys-deathprint-a-price-always-paid/?sh=125f83ab709b>  
<https://www.statista.com/statistics/494425/death-rate-worldwide-by-energy-source/>

## Les déchets nucléaires n'ont pas de solutions: FAUX

La peur des « déchets » est un des symptômes les plus répandus du virus antinucléaire

**Les DÉCHETS NUCLÉAIRES** sont parmi les **MIEUX** gérés, les plus étudiés, les plus réglementés et inspectés, les plus sûrs comparés aux autres déchets humains

**NE PAS CONFONDRE DANGER ET RISQUE** : en France, les déchets nucléaires n'ont fait aucune victime en 40 ans

En France la gestion des déchets les plus radioactifs est **GARANTIE** par la technologie de vitrification et le stockage géologique profond (CIGEO)

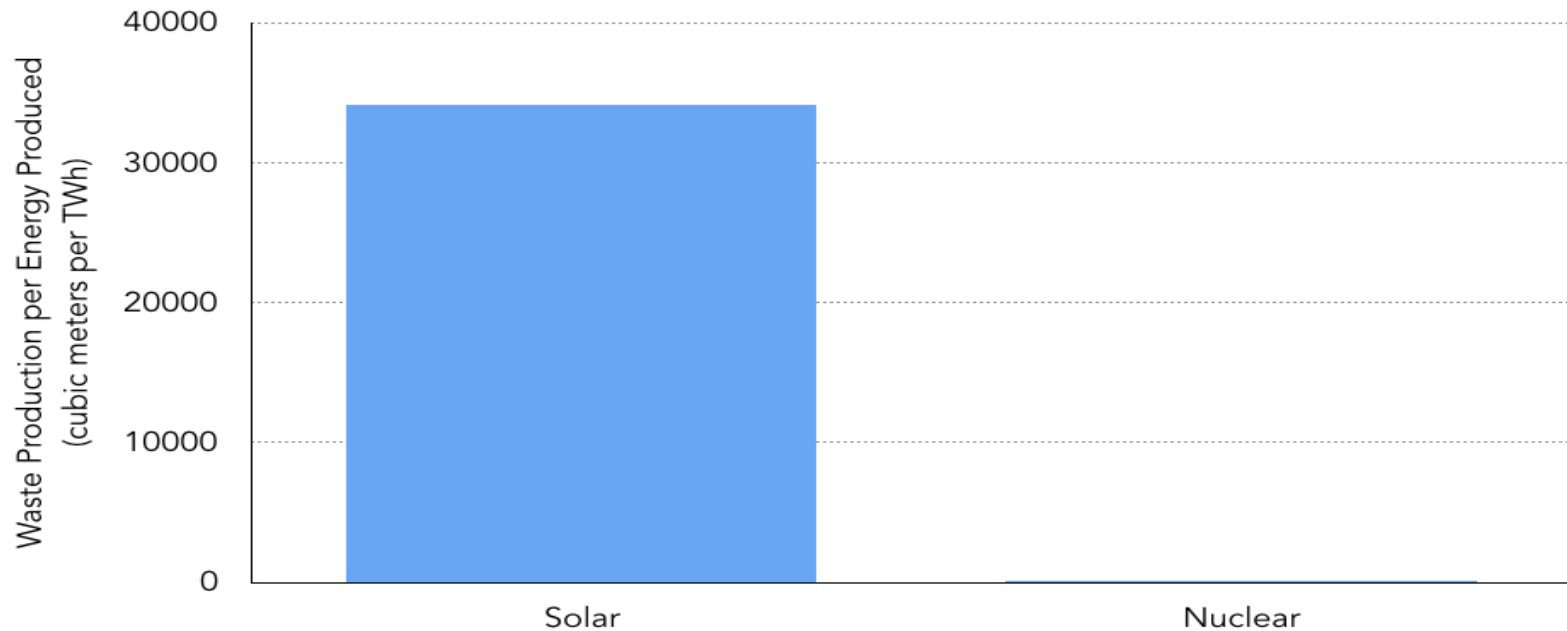
**CONSEIL** : s'inspirer de la gestion des déchets nucléaire comme **MODÈLE** pour nos autres déchets (en particulier, demain, ceux du photovoltaïque, de l'éolien et de leur démantèlement)

**La gestion des DÉCHETS n'est pas une FAIBLESSE mais un ATOUT de l'électronucléaire**

# Waste production of electricity sources

## Nuclear waste is small

Solar panels produce ~300x more waste than nuclear reactors when providing the same amount of energy.



#### Sources and Notes:

US GAO, [http://www.gao.gov/key\\_issues/disposal\\_of\\_highlevel\\_nuclear\\_waste/issue\\_summary](http://www.gao.gov/key_issues/disposal_of_highlevel_nuclear_waste/issue_summary)

World Nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>

<http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-archive/reactor-archive-december-2015.aspx>

IAEA, <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>

BP, <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Solar panels specifications vary. Panel specifications were standardized according to TrinaSolar's Duomax Dual Glass 60-Cell Module:

[http://static.trinasolar.com/sites/default/files/PS-M-0474%20A%20Datasheet\\_Duomax\\_PEG5\\_XX\\_US\\_Feb\\_2017\\_A.pdf](http://static.trinasolar.com/sites/default/files/PS-M-0474%20A%20Datasheet_Duomax_PEG5_XX_US_Feb_2017_A.pdf)



# Préjugés et réalités

## Ne jamais mettre tous ses œufs dans le même panier ! ÇA DÉPEND

Contexte en 2015: 75 % d'électricité nucléaire serait trop, la LTECV de 2015 décide donc de réduire à 50 % ... mais en « cassant » volontairement des œufs (Fessenheim + 12 autres réacteurs prévus) ?!

La **diversification** est bénéfique si elle **améliore**. Or **solaire photovoltaïque et éolien** :

- nécessitent de lourdes subventions (car non rentables), **pas le nucléaire**
- sont intermittents, **pas le nucléaire**
- occupent une énorme place, **le nucléaire 100 à 1000 fois moins**
- sont importés, **pas le nucléaire** pour plus de 95%
- émettent **plus de CO2 que le nucléaire**
- nécessitent **plus de ressources naturelles que le nucléaire** (et produisent donc plus de déchets)
- l'électricité nucléaire française est **70 % moins chère** que l'électricité allemande



*Note 1 : les 58 réacteurs français ne sont pas dans « un » mais dans « 19 paniers » (les centrales) : aucune raison qu'une inondation au Blayais coïncide avec un séisme à Tricastin ou un sabotage politique à Fessenheim*

*Note 2 : contre le risque générique, le parc français a 2 qualités : (i) les 58 démarrages ont été étalés dans le temps, (ii) nos réacteurs PWR sont de 5 modèles différents (900MW CP0, CP1, CP2 ; 1300MW ; 1450MW) – et aucun n'est du type Tchernobyl ni Fukushima.*

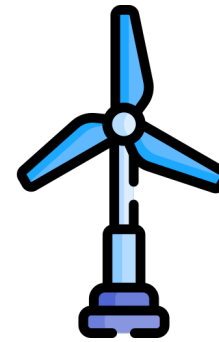
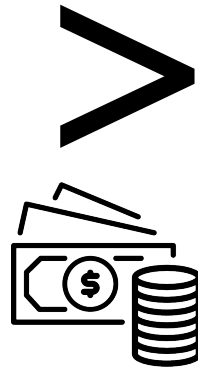
*Note 3, exemples de « même panier »: 98% des voitures fonctionnent aux hydrocarbures, 98% des tél portables viennent d'Asie, 99% des français s'éclairent à l'électricité, 96% de l'électricité est produite par l'hydraulique en Norvège, 83% au Brésil, 100% de l'énergie reçue du soleil et des étoiles par la Terre est d'origine nucléaire, etc ...*

# Préjugés et réalités

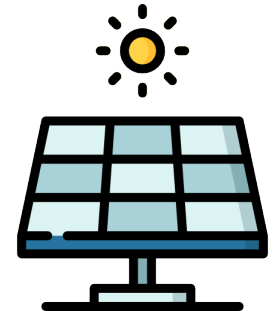
**L'électricité nucléaire coûte plus cher  
que l'électricité solaire ou éolienne**



nucléaire



éolien



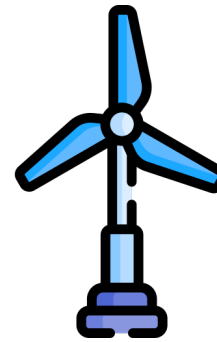
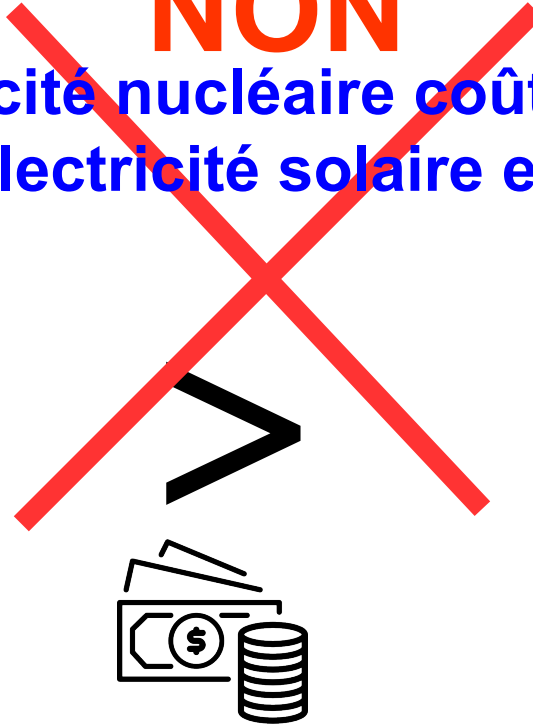
solaire

**NON**

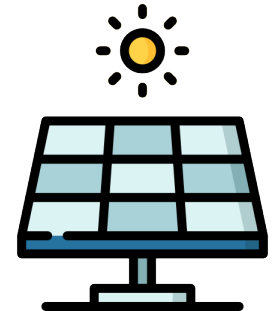
**L'électricité nucléaire coûte plus cher  
que l'électricité solaire et éolienne**



nuclear



wind



solar

**23€/MWh** Fessenheim à son arrêt en 2020  
(source : convention d'indemnisation des actionnaires)

**33€/MWh** parc actuel (coût économique complet, source Cour des comptes 2014)

**42€/MWh** ARENH (prix de revente par EDF à ses concurrents)

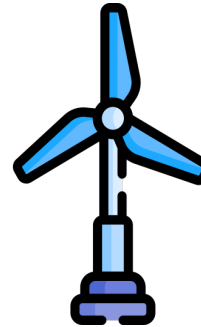
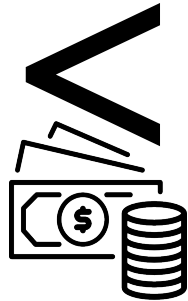
**74€/MWh** EPR2 (taux **8 %**)

**51€/MWh** EPR2 (taux **4 %**)

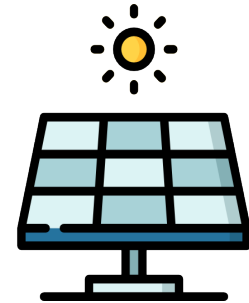
**<30€/MWh** prolongation des réacteurs existants (rapport AIE OCDE 2020)



nucléaire



éolien



solaire

**74 €/MWh** onshore

**155 €/MWh** offshore Saint Brieuc (+30€ **raccordement** « offert » !)

**630 €/MWh !!!** en 2009 (garanti jusqu'en 2029!)

**179 €/MWh** prix de rachat 2022 aux particuliers (3 kW)

- **AUJOURD'HUI** : le nucléaire est moins cher que solaire PV et éolien

- **DEMAIN** : le coût des renouvelables baisse, faisons aussi **BAISSER** le coût du **NUCLÉAIRE**

... et n'oublions pas de tenir compte demain les coûts de **STOCKAGE** ou de compensation de **l'INTERMITTENCE** par des combustibles fossiles, la taxe carbone, les coûts de réseau et de raccordements (**ENEDIS prévoit d'engager 96 milliards d'euros d'ici 2040 pour les renouvelables**) !!

## Nucléaire, une énergie du passé ? Ou d'AVENIR ?!

**NUCLEAIRE MONDIAL** (oct. 2022; source AIEA, <https://pris.iaea.org/pris/>):

- **427 RÉACTEURS NUCLÉAIRES EN EXPLOITATION (383 GigaWatts)**
- **56 RÉACTEURS EN CONSTRUCTION (56 GW)**
- **140 PROJETS DE RÉACTEURS**

### Notes :

- depuis 10 ans, la Chine a démarré en moyenne un nouveau réacteur nucléaire tous les 3 mois (dont 2 EPR français), soit plus de 40 réacteurs,
- dans les années 1980, la France a construit 58 réacteurs en 20 ans (dont 8 en 1982),
- aujourd'hui, la France a des difficultés (décisionnelles, réglementaires et techniques) pour mettre en service 1 EPR car depuis 20 ans, ses responsables politiques ont sacrifié l'industrie à des manœuvres politiciennes et à des intérêts financiers antinucléaires (lobbies gaziers et charbonniers allemands et russes)

**L'énergie atomique est à notre disposition : c'est l'ÉNERGIE NATURELLE la plus répandue dans l'univers**

## Nucléaire, énergie transitoire comme le gaz ? NON

### Le Traité européen EURATOM (1957):

- Demeure l'un des traités fondateurs de l'union européenne
- Il engage la Communauté Européenne à: « ... créer les conditions nécessaires à l'établissement et à la croissance rapide des industries nucléaires » ; « faciliter les investissements et assurer [...] la mise en place des installations de base nécessaires au développement de l'énergie nucléaire dans la Communauté »

### TAXONOMIE européenne :

- Rapport JRC (Joint Research Center, 29/03/2021) : place le nucléaire français parmi les énergies « vertes » (4 gCO<sub>2</sub>/kWh < au seuil de 100 gCO<sub>2</sub>/kWh), loin devant éolien (14 gCO<sub>2</sub>/kWh) et solaire (50 gCO<sub>2</sub>/kWh)
- Aujourd'hui, 10 États membres souhaitent placer le nucléaire au cœur de leur stratégie énergétique et climatique : Bulgarie, Finlande, France, Hongrie, Pays-Bas, Pologne, République tchèque, Roumanie, Slovaquie, Slovénie, ... sans compter les États dont les stratégies alternatives pourraient être réévalués, comme la Suède, la Belgique, l'Espagne ou encore l'Italie

**Le 6 juillet 2022 : enfin le Parlement Européen inclut le nucléaire parmi les énergies vertes (dans la «taxonomie» des financements durables) ... avec des restrictions.  
Le 18 novembre 2022 le Crédit Agricole accord à EDF le 1<sup>er</sup> financement vert de 1 milliard d'€ pour le « grand carénage » de ses réacteurs**

## Le marché électrique européen favorise les consommateurs et les entreprises européennes: FAUX

- Constat : le marché européen de l'électricité est en ruine depuis que l'Europe y a mélangé acteurs **CONCURRENTIELS** et acteurs **PRIORITAIRES** et **SUBVENTIONNÉS**
- En cause : les **PRIVILÈGES** accordés aux énergies solaires et éoliennes (**OBLIGATION d'ACHAT**, tarifs garantis et compléments de rémunération) ont détraqué le marché, découragé les investissements dans les moyens de production pilotables, provoquant faillites, flambée des prix et risques de coupures (bien avant la crise russo-ukrainienne)



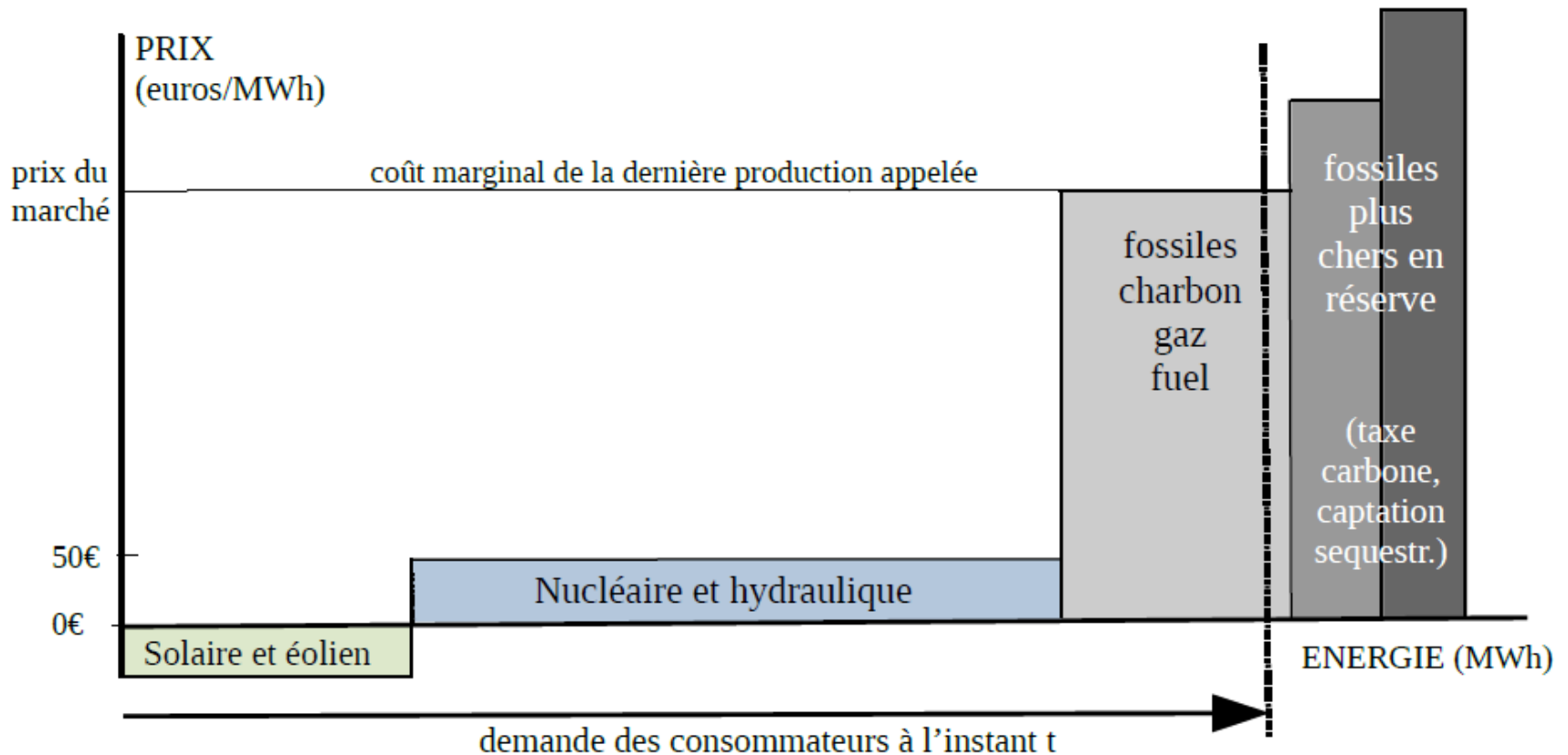
### De graves symptômes :

- aux heures de **FAIBLE DEMANDE + EXCÈS DE VENT OU DE SOLEIL**: les prix peuvent devenir **NEGATIFS !!** (comme si l'électricité renouvelable était un **DECHET?!**)
- lors des **POINTES** de la **DEMANDE**: les **PRIX** deviennent **FOUS (> 4000€/MWh)** car basés sur le coût marginal du dernier fournisseur appelé sur le réseau, en général les centrales au gaz ! Cause de tels prix : le sous-équipement en fournisseurs pilotables (antérieur à la guerre en Ukraine)
- Prix **LONG TERME** orientés à la **HAUSSE** : **50€/MWh moy. 2010-2020, 400€ voire 1000€/MWh (ruban électrique 2023) !!**

**La SOLUTION : un MORATOIRE sur l'OBLIGATION d'ACHAT des ENRi**

# Le marché européen de l'électricité

## Comment se forment les prix ?



*Quand la production solaire et éolienne se réduit (nuit, absence de vent) toutes les autres productions appelées par le marché se déplacent vers la gauche, et la dernière appelée fait monter le prix de marché. Quand la production solaire et éolienne, prioritaire, augmente au-delà de la demande, les autres productions sont repoussées vers la droite et s'effacent. Le prix de marché peut devenir négatif !*



## L'ARENH et les « certificats verts » sont vertueux : NON !

**Principe de l'ARENH (accès régulé à l'électricité nucléaire historique) :**

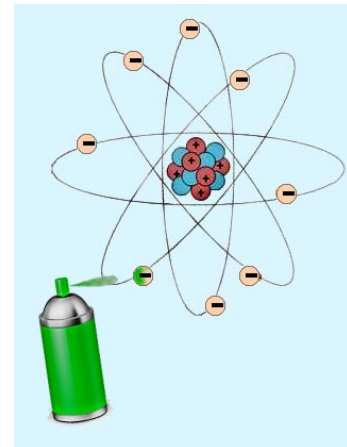
- EDF doit vendre (contre son gré) **100 à 120 TWh/an** de sa production nucléaire (sur un total de 360 TWh en 2021) à quelques 70 pseudo-concurrents (souvent de purs traders) à **42€/MWh** (même quand le marché est à 400€) !!
- ces concurrents d'EDF devaient, en échange de cet avantage, construire des moyens de production électrique en France: c'est UN ECHEC (ou un scandale d'Etat)!
- La Commission européenne avait accepté l'ARENH depuis 2010 comme contrepartie (i) à la position dominante d'EDF en Europe et (ii) aux tarifs réglementés de vente aux clients domestiques français (légaux, mais causant des « allergies » antinucléaire en Allemagne)

**Non seulement EDF a perdu des millions de clients, mais il y a pire ...**

**Les CERTIFICATS « VERTS » :**

une large part de l'électricité nucléaire ARENH est revendue à d'anciens clients d'EDF avec une «garantie d'origine renouvelable» obtenue sur le marché à la condition (injuste mais légale) que le «certificat vert» soit acheté dans les 12 mois précédant la livraison physique de l'électricité nucléaire ainsi «verdie» (jour ou nuit, été ou hiver, avec ou sans vent)!

**Des millions de consommateurs ayant quitté EDF reçoivent ainsi des électrons nucléaires « REPEINTS EN VERT » !!**



# Préjugés et réalités

## Batteries & hydrogène: alternatives au nucléaire ? OUI & NON

### Batteries :

- nécessaires à la survie des énergies intermittentes
- nécessaires à la mobilité non connectée (voitures)
- le stockage hydroélectrique : meilleur rendement (STEPS)
- **batteries au lithium** : inadaptées au stockage massif

**Ex: France (1% pop. mondiale), pour stocker 1 jour d'hiver = 2 TWh, besoin de 300 000 tonnes de Li (soit 3 fois la production mondiale annuelle 2023) !!**



### Hydrogène (non pas une source, mais un vecteur énergétique comme l'électricité) :

- aujourd'hui : produit par reformage du méthane avec de fortes émissions de CO2 (car l'électrolyse est trop chère)
- demain: par électrolyse (50 % de pertes) + piles à combustible (50 % de pertes) ; il faudra donc environ **4 kWh électriques pour fournir 1 kWh H2 utile à la roue du véhicule**
- conséquence : **un train à hydrogène nécessitera toujours 4 fois plus d'électricité qu'un train électrique** (peut-être seulement 3 fois si progrès technologiques)
- l'hydrogène est supérieur à l'électricité pour certaines applications (avions, chimie ...)
- un futur possible : l'électrolyse à haute T° avec des réacteurs nucléaires dédiés
- quelques espoirs : l'hydrogène naturel

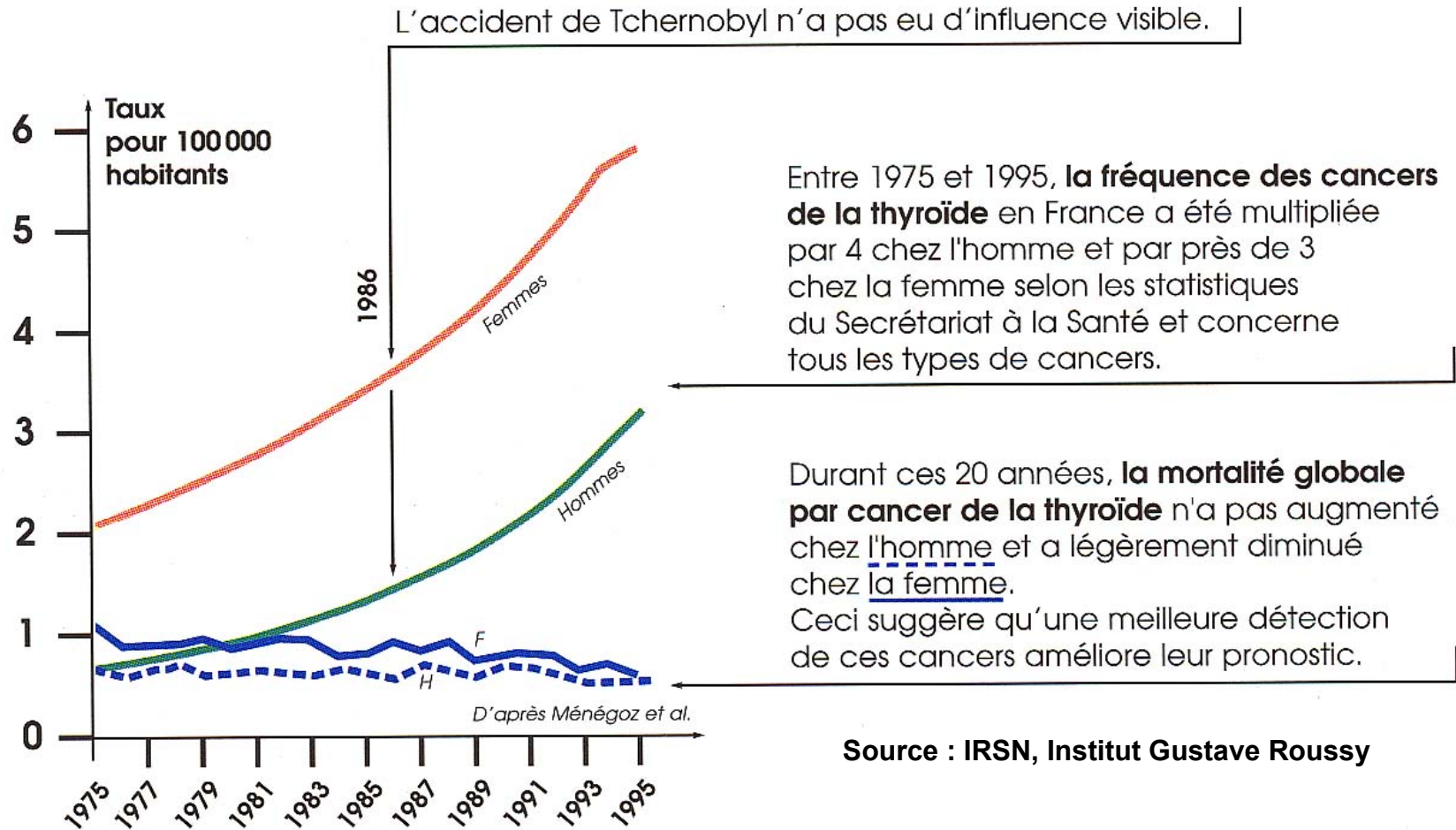
**Note: un réacteur nucléaire est une « pile atomique »  
qui ne se recharge qu'un fois par an (voire moins souvent)**

**une seule tonne d'uranium fissile « stocke » autant d'électricité qu'un million de tonnes de lithium**

# Cancers de la thyroïde en France:

en augmentation depuis les années 1950, aucun effet Tchernobyl en 1986

note: iode 131 période 8 jours



Manipulation (sur une chaîne TV publique): «entre 1986 et 1996 augmentation de 30 % des cancers de la thyroïde»

Vrai, certes ! Mais il y a eu la **même augmentation de 30 % durant les 10 ans précédant Tchernobyl !**

Cause corrélée : la généralisation des perturbateurs endocriniens (agriculture, élevage, contraception, ...) p.35



# Chernobyl le canular des medias

## Story board d'une fake news :

- 2/6/86 (les autorités): « un nuage radioactif traverse la France »
- l'Allemagne recommande des restrictions sur les salades
- France : pas de restrictions sur les salades
- 12/6/86 (les medias): « selon les autorités le nuage se serait arrêté à la frontière » !!
- 30 ans plus tard : le canular est toujours vivant (malgré tous les procès perdus par la télé nationale et les diffamateurs) !!

1986



### TCHERNOBYL: LE CHOC DU NUAGE

Pierre Pellerin, le directeur du service central de protection contre les radiations ionisantes (SCPRI) a annoncé hier que l'augmentation de radioactivité était enregistrée sur l'ensemble du territoire, sans aucun danger pour la santé.



### LE MENSONGE RADIOACTIF

Le nuage radioactif de Tchernobyl a bien survolé une partie de l'Hexagone

*Les pouvoirs publics en France ont menti, le nuage radioactif de Tchernobyl a bien survolé une partie de l'Hexagone : le professeur Pellerin en a fait l'aveu deux semaines après l'accident nucléaire.*

Réalité: 1 Bq de Cs137 par m<sup>3</sup> d'air en moyenne sur les 5 jours du « nuage » (mesures de 0,1 à 10Bq); environ 4000 Bq/m<sup>2</sup> ; à comparer à 50-400 Bq/m<sup>3</sup> naturels de radon ; à comparer aussi aux 10 000 Bq de radioactivité naturelle d'un corps humain

# **Energie nucléaire**

## **quelques FAITS scientifiques**

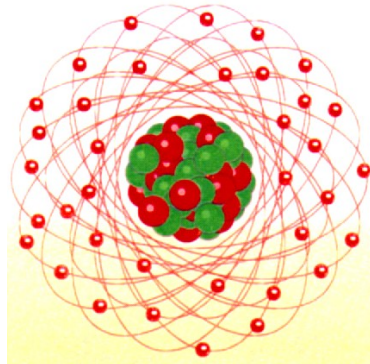


# Uranium

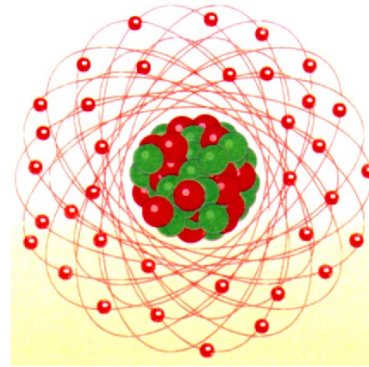
« combustible » naturel et abondant et seul élément fissile naturel sur Terre (U235)

uranium  
3 isotopes  
naturels

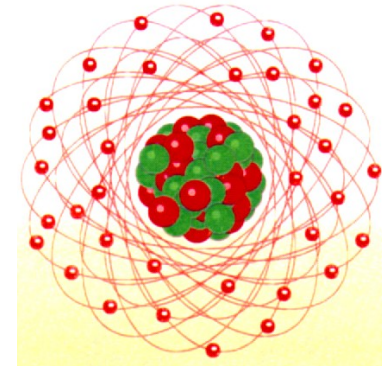
U238  
(99.28%)



U235  
(0.71%)



U234  
(0.0054%)



protons/électrons	92	92	92
neutrons	146	143	142
période radioactive	4.5 milliards d'années	0.7 milliards années	250000 ans
Bq/gram d'Unat (25000Bq)	12400	500	12500
	fertile	fissile	absorbeur de neutrons

Note : des réacteurs nucléaires naturels ont existé à Oklo (Gabon) il y a 2 milliards d'années

# **$^{232}\text{Th}$ est radioactif et naturel**

**ce n'est pas un « combustible nucléaire » direct: il est fertile, pas fissile**

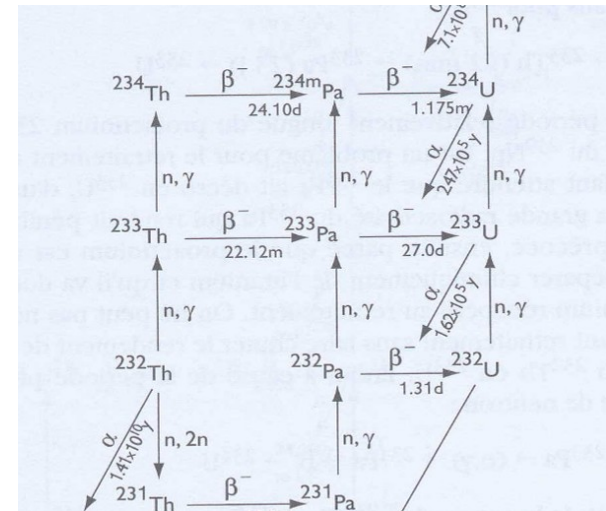
**mais des réacteurs au thorium sont possibles:  $^{232}\text{Th}$  /  $^{233}\text{U}$**

►  **$^{232}\text{Th}$ : 3 fois plus de réserves que l'uranium**

►  **$^{232}\text{Th}$  est fertile, pas fissile :  $^{233}\text{Pa}$  , puis  $^{233}\text{U}$**

►  **$^{233}\text{U}$  est fissile, mais pas naturel**

►  **$^{233}\text{U}$  : facteur de multiplication des neutrons excellent:**



Nucléide	Neutrons rapides	Neutrons lents
Uranium 233	<b>2.3</b>	<b>2.3</b>
Uranium 235	1.9	2.1
Plutonium 239	2.3	2.1

***Nécessite un cycle préalable avec un autre noyau fissile pour fertiliser  $^{232}\text{Th}$***

# Uranium: champion de la densité énergétique

note: eV = électron-volt ( $1,6 \cdot 10^{-19}$  Joules), MeV = million d'eV

densité d'énergie  
par atome

## 1. Energie chimique:



1.4 eV/atome H



4 eV/atome C

1

## 2. Energie nucléaire:

Fission de l'Uranium:

200 MeV/atome U

$10^8$

Fusion (isotopes de l'H):  $\text{D} + \text{T} \longrightarrow \text{He} + \text{n}$

8.5 MeV/atome H



# comparaison des contenus énergétiques des combustibles

<p>Pour produire</p> <p>⇓</p>	<p>Il faut consommer</p> <p>(quantités arrondies)</p> <p>⇓</p>	
<p><b>1 GWhe*</b></p> <p>(besoin en électricité pour la vie entière d'un américain moyen)</p>	<p>CHARBON</p>	<p><b>300 000 000 grammes</b></p>
	<p>PETROLE</p>	<p><b>200 000 000 grammes</b></p>
	<p>FISSION (neutrons lents, gén II et III)</p>	<p><b>20 000 grammes d'uranium naturel</b></p>
	<p>FISSION (neutrons rapides, surgénérateurs)</p>	<p><b>500 g d'uranium naturel (en recyclant le Plutonium)</b></p>
	<p>FUSION</p>	<p><b>10g de deuterium + 15g de tritium (ou 30 g <sup>6</sup>Lithium)</b></p>

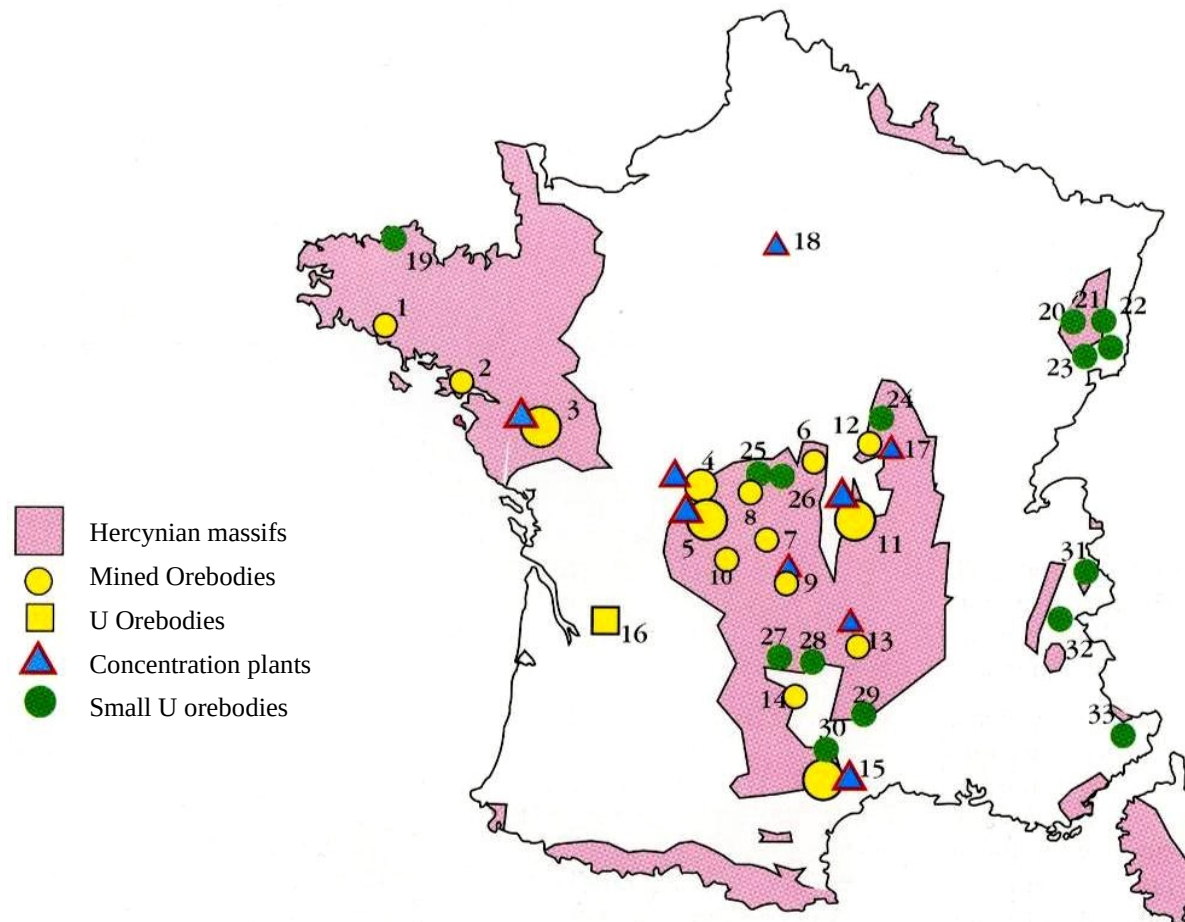
dont seulement **100 grammes** qui fissionnent (U235 ou Pu)

\* 1 GWhe (gigawattheure électrique) = 1 million de kilowatt.heure d'électricité

**1 gramme qui fissionne fournit 1 année d'électricité pour une personne**

# L'Uranium est présent partout (Ex: anciennes mines françaises)

l'uranium c'est moins de 5% du coût du kWh, et moins de 1 Md€/an d'importations  
(contre 50Md€/an d'importations de gaz et pétrole par la France)



**Production cumulée d'uranium en France depuis 1946 : 73 000 tU extraites de 170 mines  
2001: fermeture de la mine de Jouac (dernière mine d'U, Limousin)**

# 96% du combustible utilisé est recyclable

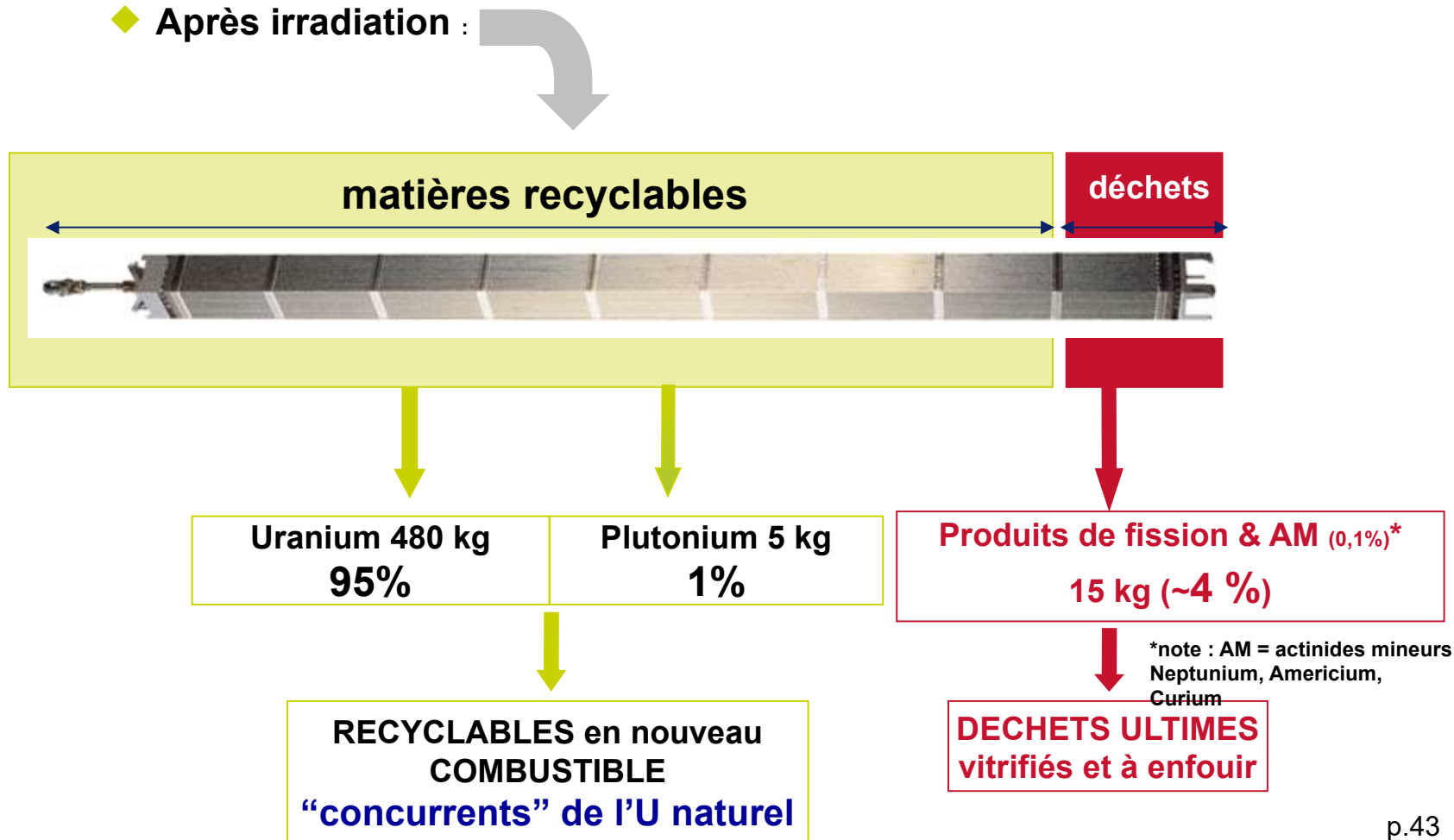
le nucléaire champion de l'économie circulaire de demain

essayons de faire aussi bien avec les autres technologies énergétiques

## ► Réacteur de fission à eau légère (type 1000 MW):

◆ Assemblage combustible neuf: ~ 500 kg d'uranium

◆ Après irradiation :



# Le nucléaire: **petites** quantités de combustible et donc **petites** quantités de déchets

A la différence de nos autres déchets (domestiques, industriels, transports...) notre “empreinte nucléaire” individuelle, en tant que consommateurs d’électricité, est ... **radioactive**, mais **petite** et **gérable**

Le cas français en témoigne, très nucléarisé avec 75% d’électricité nucléaire:

◆ ~ 1100 tonnes/an de combustible utilisé en France:

- 1050t/an recyclables Uranium/Plutonium
- 50t/an de déchets ultimes de haute activité

◆ ~ 63 millions d’habitants

◆ soit ~ 0.8g de déchets ultimes non-recyclables/pers.an

(mois d’une pièce de 1 centime + qqes grammes de verre d’emballage)

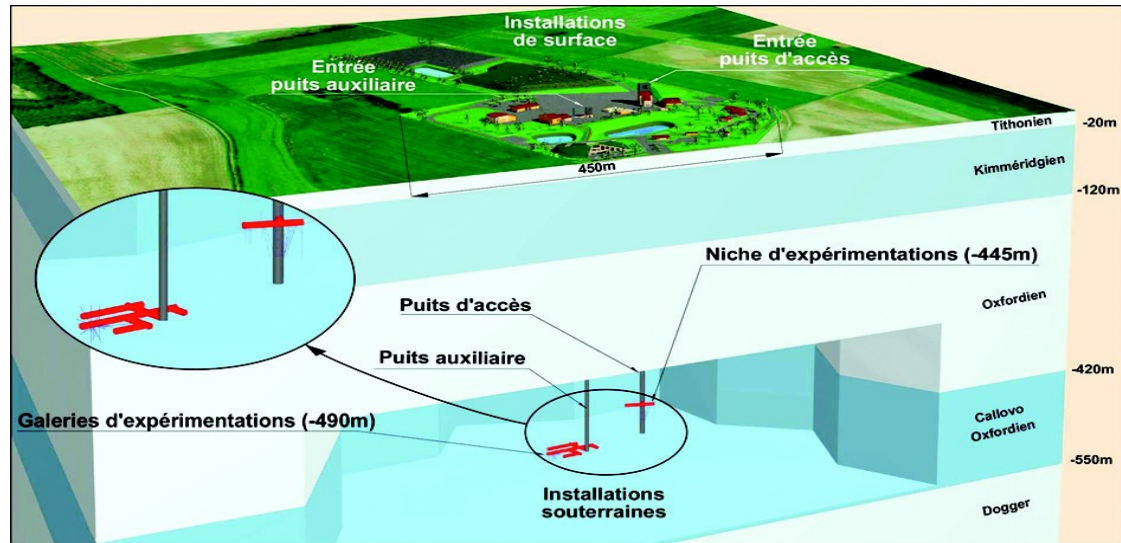


Note: ces déchets de haute activité représentent 0,2% des volumes et renferment 93% de la radioactivité de tous les déchets radioactifs français

# CIGEO: Centre Industriel de stockage GEOlogique

ou : site définitif de décroissance naturelle pour déchets hautement radioactifs

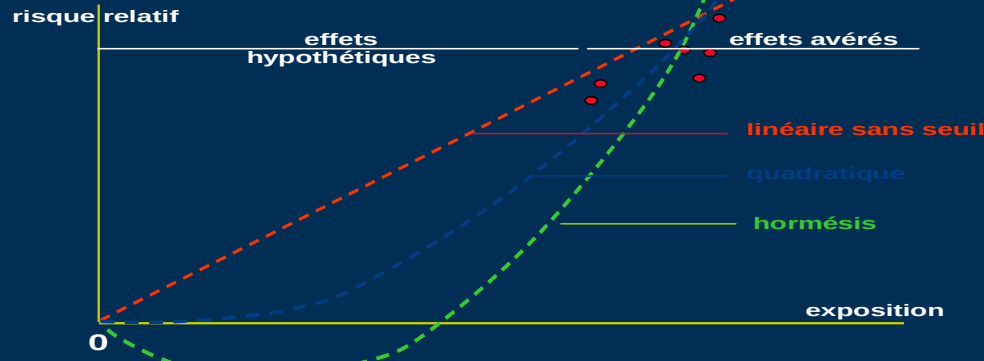
CIGEO (décret de création 2020 2021 2022 ?, 1ers stockages 2030, 25 Mds d'€ étalés sur 140 ans, soit **moins de 0,1 centime/kWh**) ; argilite du Callovo-Oxfordien, à 500m de profondeur, **étanche à l'eau** (une goutte d'eau s'y déplace de 10 mètres en 1 million d'années) ; zone **non sismique**, stable depuis **160 millions d'années** (alors que **300 à 10000 ans\*** suffiront pour que la radioactivité des déchets perde toute dangerosité). **Réversibilité** pendant 100 ans (« politiquement correcte » mais inutile, coûteuse et moins sûre !)



\*note : 300 ans pour les plus radioactifs, les PF (produits de fission) ;  
10 000 ans pour les actinides mineurs (en quantité 40 fois inférieure aux PF)

# doses et effets

## évaluation du risque d'une irradiation



ne pas confondre le niveau de risque et les seuils de radioprotection de 1mSv et 20 mSv !

10 Sieverts (Sv)	Dose mortelle (6 Sv dose « létale 50% »)
100 milliSievert (mSv)	effet cancérigène jamais observé au dessous de cette dose Risque de cancer accru de +1% à 250mSv/an (source CIPR)
20 milliSievert (mSv)	maxi autorisé par an pour les travailleurs du nucléaire 1 scanner médical = 15 à 20 mSv
2.5 milliSievert (mSv)	irradiation naturelle annuelle (moyenne monde)
1 milliSievert (mSv)	Impact annuel maxi autorisé sur le public pour l'industrie nucléaire

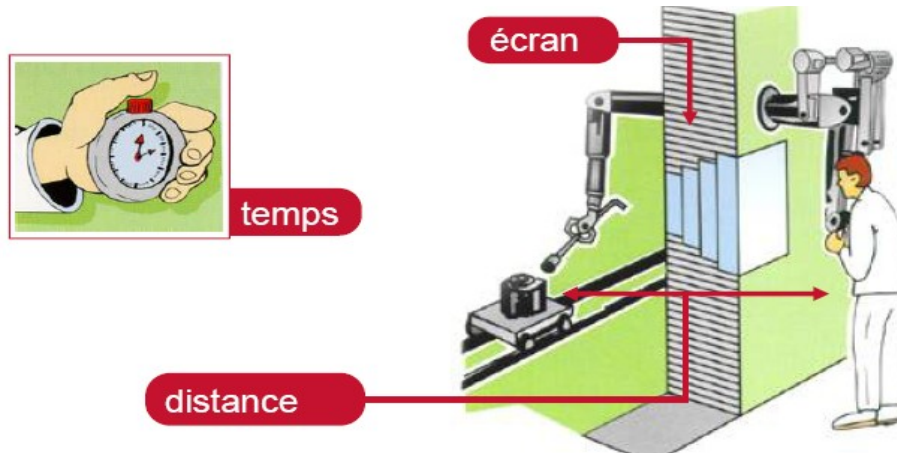
Relation Linéaire Sans Seuil (RLSS) / Linear –Non-Threshold (LNT), exemples illustrant les excès du «principe de précaution » de la RLSS :

- boire 10 litres d'eau tue 100% des personnes, donc si 1000 personnes boivent 0,5 litres d'eau 5 personnes peuvent mourir !
- si 1000 personnes roulent à 1000 km/h il y aura 1000 morts, donc si elles roulent à 10 km/h il devrait y avoir 10 morts !

# La radioactivité

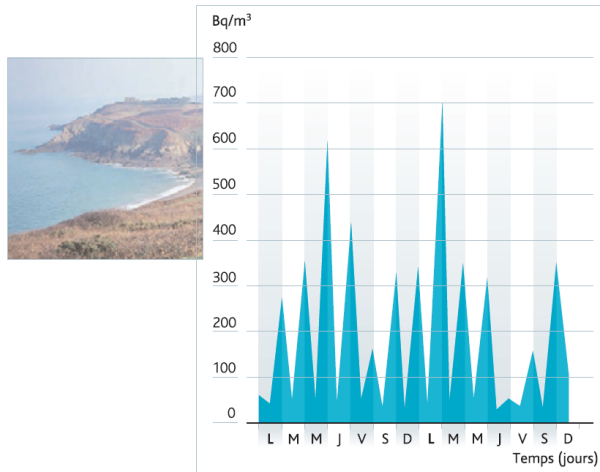
des dangers ? oui (à forte dose) mais ...  
c'est facile d'en protéger les travailleurs et le public par:

- ◆ la distance entre l'organisme et la source radioactive
- ◆ la limitation du temps d'exposition
- ◆ des écrans de protection (plomb, béton, verre blindé, eau, masques, gants, tabliers)

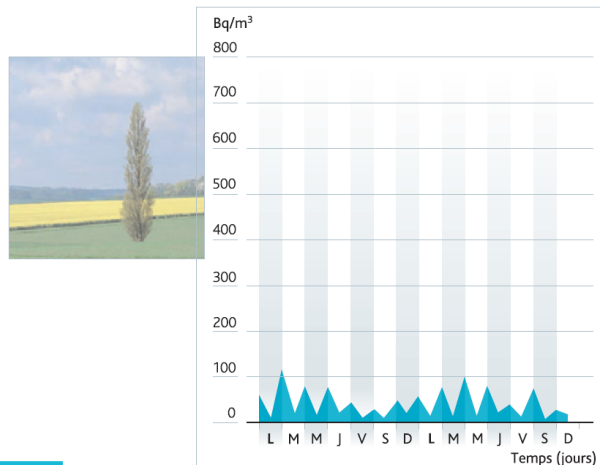


# Exemple: exposition à la radioactivité en France

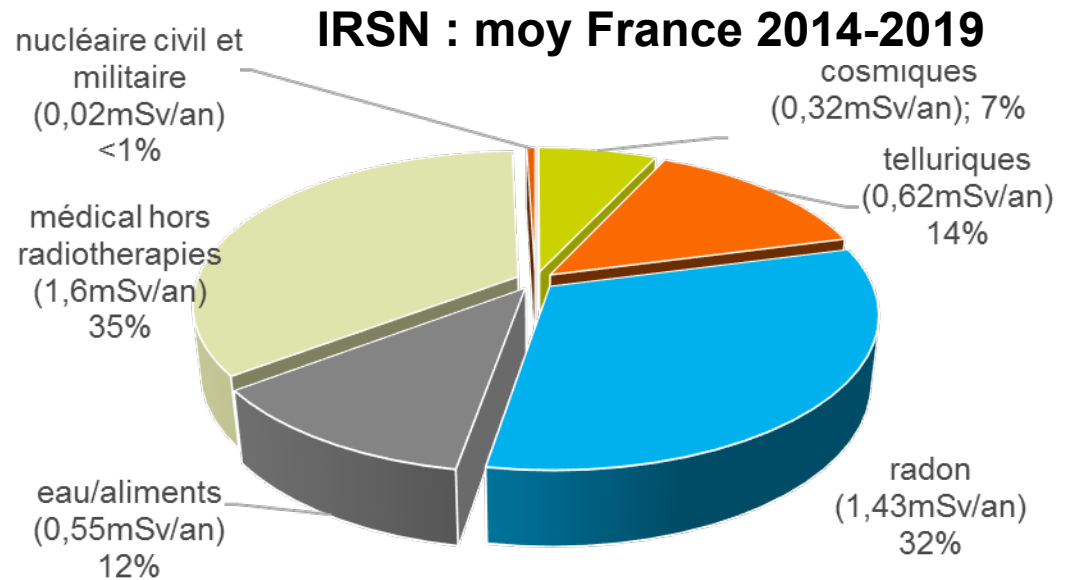
Sous-sols granitiques : Bretagne



Sous-sols sédimentaires : Région parisienne



Radon natural behavior



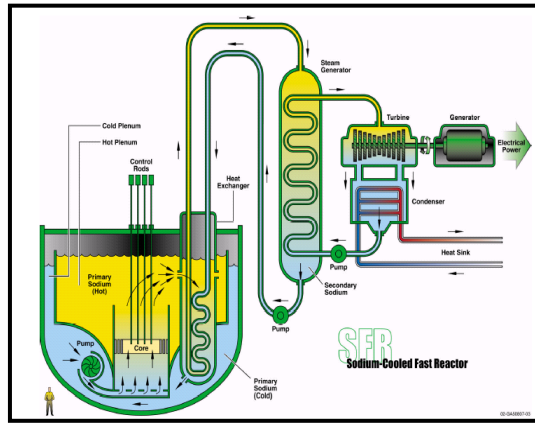
4.5 mSv/an

dont **2,9 milliSievert/an d'exposition naturelle** (radon, tellurique/corps humain, cosmique, nourriture) plus **1,6 mSv/an d'exposition médicale** moyenne par français (radiologie, hors radiothérapies)

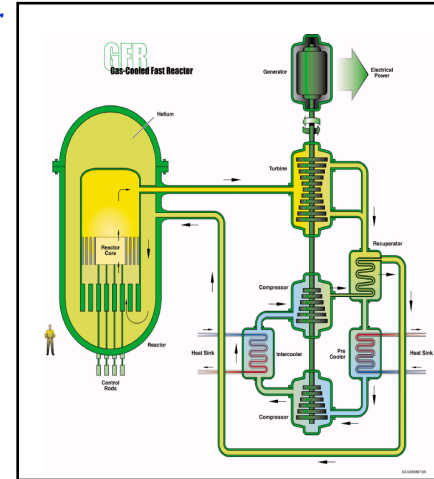
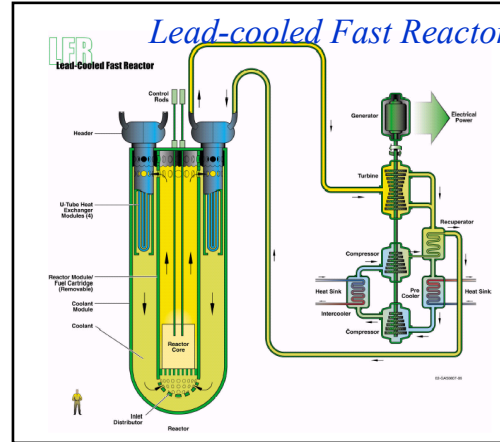
Note: notre exposition médicale est **80 fois plus élevée** que celle due à l'**industrie nucléaire** (incluant déchets et rejets nucléaires, Chernobyl, Fukushima et restes des essais militaires) et la **naturelle 140 fois plus élevée**



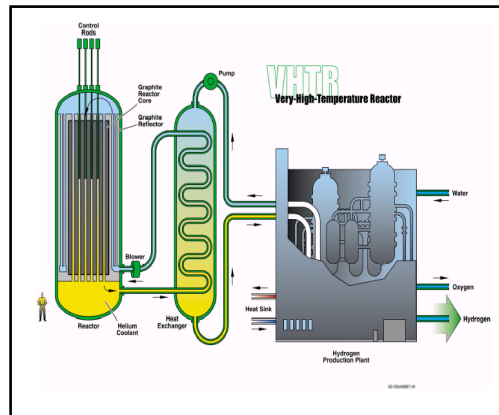
# En parallèle à la génération III actuelle (EPR et SMR), les réacteurs du futur (génération IV) c'est URGENT



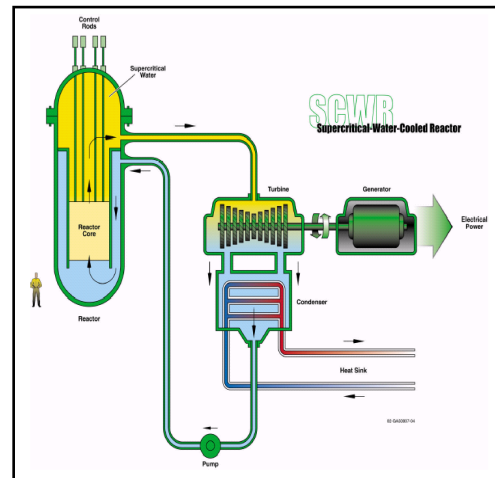
*Sodium-cooled Fast Reactor*



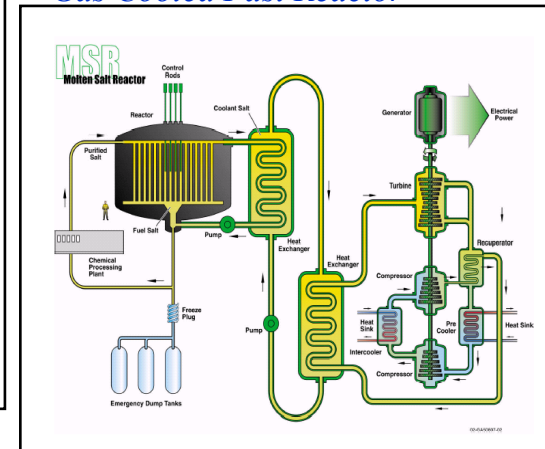
*Gas Cooled Fast Reactor*



*Very High Temperature (gas cooled, thermal neutrons)*



*Supercritical Water Reactor*



*Molten Salt Reactor*

En France, les stocks existants d'uranium appauvri (350000 t) et de plutonium représentent plus de 3000 ans de production d'électricité avec des réacteurs surgénérateurs (Gén IV, type Superphenix)

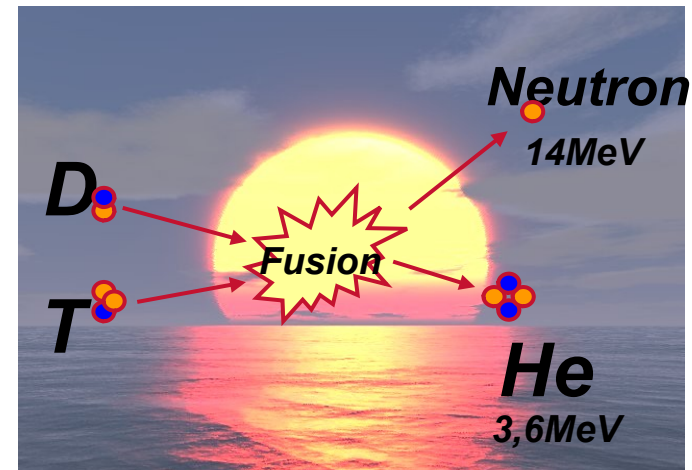
# Conclusion/convictions

## pour réussir la transition énergétique de l'Anthropocène:

1. **ABANDONNER les ENERGIES FOSSILES** (taxes carbone, véhicules électriques ou à hydrogène, chauffage dé-carboné, EnR thermiques, pompes à chaleur, ...)
2. **SEQUESTER le CARBONE** (planter des arbres, construire en bois, carbonates ...)
3. **ECONOMISER l'ENERGIE** (mais avec un accès équitable pour les pays en développement)
4. Développer les **ENERGIES DURABLES** (nucléaire, hydraulique, biomasse, géothermie, pompes à chaleur, éolien, solaire, marine)
5. **RECYCLER** sera le secret de longévité des futures activités humaines et des ressources naturelles

Fournir à 10 milliards de terriens une énergie abondante, bon marché, respectueuse de la planète et de ses ressources, base du bien-être **durable, équitable et fraternel des pays riches et des pays en développement** (non plus source de conflits, d'inégalités, de danger pour la vie sur la planète) **c'est possible !**

... avec en complément l'énergie de fusion  
... vers la 2<sup>ème</sup> moitié de ce 21<sup>ème</sup> siècle





**Merci de votre attention !**  
**questions et commentaires ?**

[salanave@yahoo.fr](mailto:salanave@yahoo.fr)

<https://salanave.blogspot.fr/>

4 courtes vidéos sur la transition énergétique: « youtube, énergie durable, des jeunes s'interrogent »

<https://www.youtube.com/channel/UCiPtidVireVlgtVk8FLZqaA>

Une bande dessinée : « le VIRUS ANTINUCLÉAIRE »

[FNAC magasins et fnac.com](http://fnac.com)