



Il y a le feu dans notre maison commune

Bifurquons

pour une transition énergétique.

La nécessité d'une transition énergétique semble communément admise, dans l'opinion publique, mais elle soulève souvent une objection : c'est bien beau, mais on fait comment ?

C'est précisément à cette question qu'il s'agit de répondre. Voici tout d'abord le point de départ de l'analyse :

- Dans leur fonctionnement et dans leur développement, nos sociétés (capitalistes et productivistes) ont utilisé la croissance comme moteur pour créer toujours plus de richesses et de profit. Pour alimenter ce moteur elles ont consommé **toujours plus de ressources naturelles et d'énergie**, sans prendre en compte le fait que notre Terre est **finie** et qu'elle ne peut pas assurer une croissance **infinie**.
- Le **réchauffement climatique** constitue une véritable menace pour notre écosystème, c'est à dire pour notre vie sur Terre. Tel qu'il se manifeste déjà actuellement, le réchauffement climatique doit être pris comme **un rappel à l'ordre sérieux**.
- La question fondamentale est donc de **changer cet ordre** du monde, dans lequel la consommation mondiale d'énergie est à 80% **d'origine fossile**, alors que les énergies fossiles sont la principale cause de la production de CO₂ et que le CO₂ est l'un des principaux Gaz à Effet de Serre... qui sont eux-mêmes largement responsables de ce réchauffement climatique.
- Le **besoin fondamental d'énergie** doit donc être **contenu** et nous devons remplacer les énergies fossiles par des sources d'énergies renouvelables (EnR), moins polluantes.
- On admet également la nécessité de **planifier la sortie de l'énergie nucléaire**, à mesure que les centrales nucléaires arrivent au bout de la durée pour laquelle elles ont été conçues : pour des raisons de sûreté, de sécurité et d'envahissement par les déchets nucléaires.

Ces hypothèses, fondées sur des données scientifiques objectives largement partagées, seront considérées comme acquises dans cette présentation. Elles pourront donner lieu à des débats, mais dans un autre contexte.

Dans ce qui suit :

- 1- Nous poserons d'abord la question des ressources énergétiques renouvelables, d'une part quant à leur **existence** en quantité suffisante (ce qui est l'évident préalable à toute discussion sur le sujet), d'autre part quant à leur **disponibilité**.
Il faut en effet prendre en compte la nature intermittente des EnR. C'est un obstacle majeur à l'équilibre d'un réseau électrique qui doit être satisfait en temps réel, malgré d'importantes variations saisonnières et des pics de consommations (qui n'ont aucune corrélation avec les pics de production des EnR).
- 2- Il faut donc s'assurer d'un « **foisonnement** » des EnR, qui assurera une production relativement stable par un effet de moyenne sur l'ensemble des sites répartis sur le territoire, et en connexion avec nos pays frontaliers.
- 3- Ensuite élaborer un (ou des) scénarios de transition, précisant les objectifs **de sobriété et d'efficacité énergétiques**, tenant compte de la nature des consommations énergétiques et des secteurs de consommation.
- 4- Au passage, il faudra donc considérer le système énergétique dans sa **complexité** pour prendre en compte les liens entre différents domaines (diagrammes de Sankey)
- 5- Partant des **chiffres clefs** de l'énergie en France, on verra (sur **deux domaines** d'efficacité énergétique) comment il serait possible, quantitativement, de s'engager sur une **trajectoire fortement décroissante des consommations** énergétiques.
- 6- Enfin, il faudra étudier précisément la question de **l'équilibre du réseau électrique**, en partant d'une étude de cas qui explicite la difficulté. Pour ensuite préciser **quelques exigences** :
/1/ l'interconnexion des réseaux, /2/ la production massive d'EnR, /3/ la captation du CO2 pour l'intégrer dans la fabrication de biométhane, /4/ le stockage d'énergie à court terme, /5/ le stockage d'énergie à long terme, /6/ les centrales thermiques à cycle combiné, /7/ les utilisations énergétiques de H2, /8/ l'effacement des consommations ... et le sujet ne sera pas épuisé !
- 7- Pour terminer, nous insisteront sur la **nature politique** des décisions concernant transition énergétique.

-1- La question des ressources énergétiques

L'énergie, vous connaissez ...

C'est le prix de votre facture de gaz et d'électricité ... mais avant le prix, il y a tout un processus de fabrication de l'énergie, à partir de ressources naturelles, qui constituent :

- **soit un stock** (énergies fossiles : pétrole, gaz...)
- **soit un flux d'Énergies Renouvelables** (EnR) nous provenant du soleil (lumière, chaleur, mais aussi courants marins, vents...)

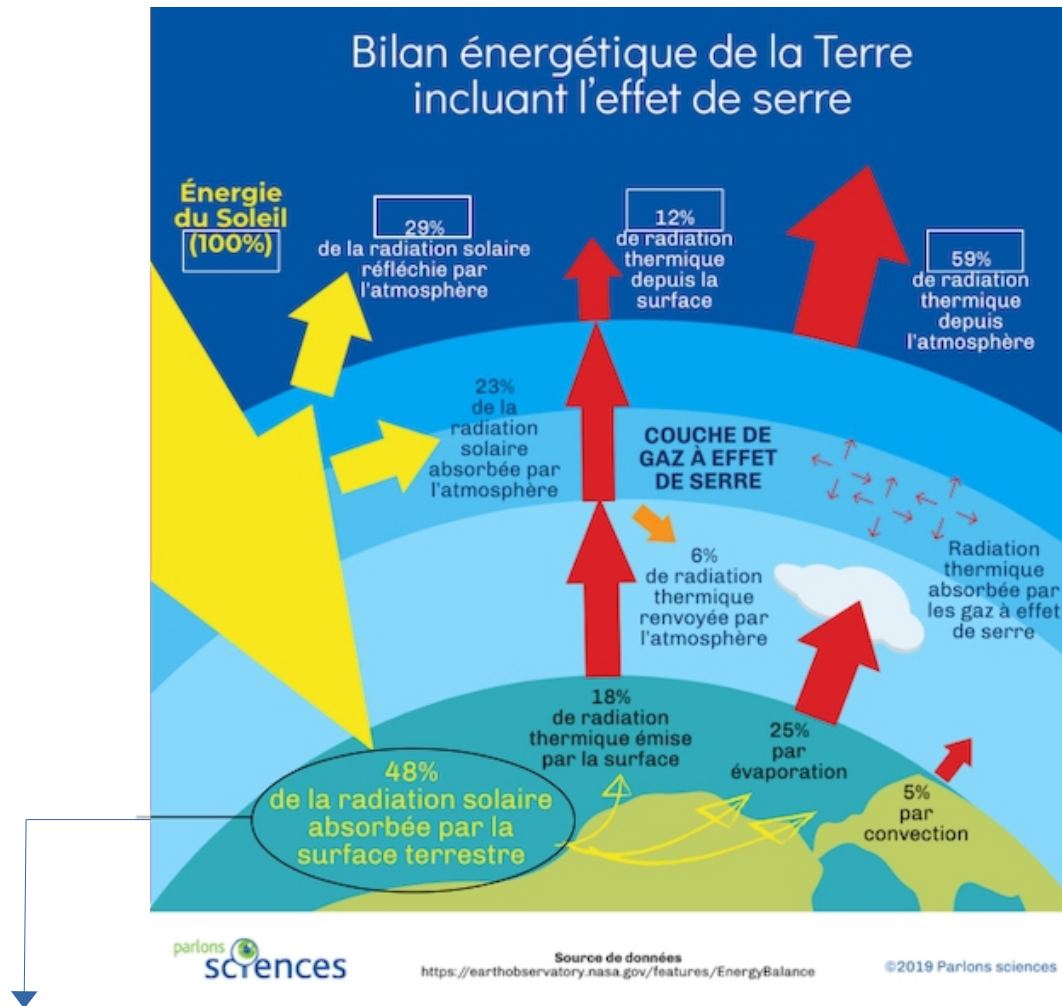
et dans une moindre mesure la chaleur provenant du centre de la Terre (géothermie).

Le premier problème est culturel : nous devons réaliser que **notre écosystème n'est pas infini** et que, cependant, **nous pourrions vivre mieux** en étant collectivement plus **sobres** et plus **efficaces** dans nos choix énergétiques.

Les économies d'énergie que chacun doit réaliser (la sobriété énergétique) impliquent des transformations qui touchent notre mode de vie, et qui nécessitent donc un consentement éclairé possible à condition qu'elles se réalisent dans la justice sociale.

Le second problème est matériel : si l'on envisage de remplacer les énergies fossiles par des EnR, la première question qui se pose donc est de savoir si le flux d'EnR **serait suffisant pour satisfaire** la totalité des besoins énergétiques de l'humanité.

Le schéma ci-dessous représente une situation d'**équilibre thermodynamique** de la Terre et de son atmosphère, où 100% de l'énergie reçue par le soleil est rayonnée vers l'extérieur. Dans ces conditions, la température de la Terre serait stable. Le problème est précisément qu'une **augmentation de l'effet de serre** implique que la Terre rayonne un peu moins d'énergie que ce qu'elle reçoit du soleil, **d'où résulte l'élévation des températures terrestres**. Mais ce schéma reste utile pour fixer les ordres de grandeur.
<https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-en-contexte/le-rechauffement-des-oceans-et-pourquoi-sen-soucier>



Ce bilan énergétique de la Terre et de son atmosphère montre que le flux d'énergie rayonnée par le soleil et **reçu à la surface de la Terre** est de l'ordre de **92 000 GTEP** par an, soit environ **6000 fois la consommation mondiale annuelle d'énergie** qui est de l'ordre de **14,3 GTEP**.

<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/840/840-energiesurterre.pdf>

Cette énergie est engagée dans divers échanges et son utilisation en tant qu'EnR nécessite donc diverses transformations.

Autre ordre de grandeur pour fixer les idées : **l'énergie du Gulf Stream représente 10 fois** la consommation annuelle mondiale d'énergie. Il n'est évidemment pas question d'utiliser uniquement cette énergie du Gulf Stream ... ce qui pourrait avoir des incidences non négligeables sur les échanges thermiques que génère ce courant.

En résumé, le flux d'énergie EnR dont le soleil est à l'origine

- est **suffisant et inépuisable** (sous ses différentes formes : lumière, chaleur, vent, courants marins, vagues, marées...)
- lors de son utilisation, **il dégage beaucoup moins de CO2** que les énergies fossiles dont le stock, en plus, est en quantité finie.
- contrairement aux accidents nucléaires qui produisent des dégâts considérables et aux centrales qui produisent des quantités de **déchets très radioactifs pendant des milliers d'années ... les EnR sont sans danger** pour les générations actuelles et futures. En fin de vie, les matériaux utilisés sont largement re-utilisables.

Subsiste la question de **l'inégale répartition de ces EnR** (sur la surface de la Terre. La carte de France ci-dessous (établie par l'ADEME) détaille des lieux d'implantation efficaces, pour différentes sources.

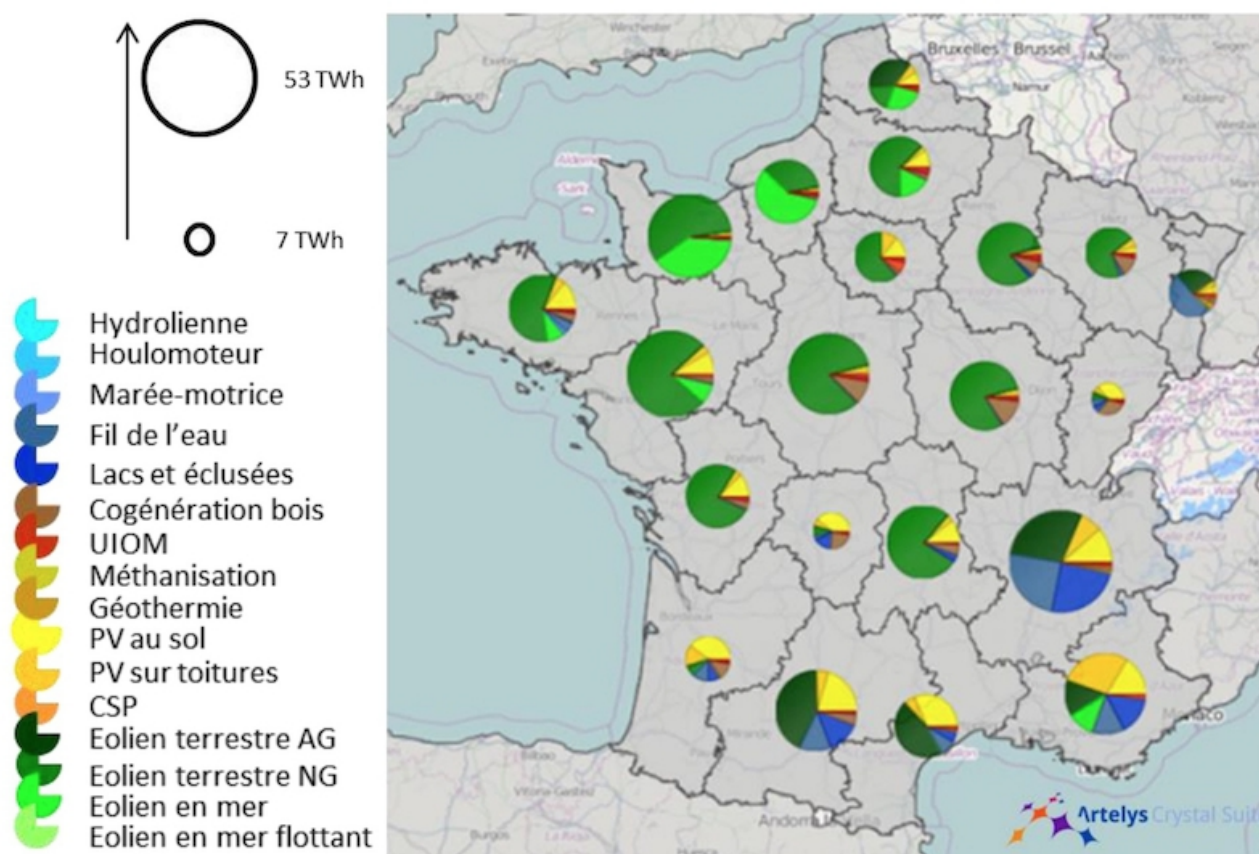


Figure 6 - Un mix électrique très décentralisé, qui offre des opportunités économiques pour les territoires. Les diagrammes circulaires représentent la répartition de l'énergie produite dans chaque région.

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/mix-electrique-rapport-2015.pdf>

-2- La question du foisonnement des EnR

La carte précédente du mix énergétique de la France (réalisée en 2015 par l'ADEME) est une **optimisation** qui vise à définir **les meilleurs sites d'implantation** d'un mix d'EnR, en tenant compte des **conditions réelles de vent et d'ensoleillement**.

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/mix-electrique-rapport-2015.pdf>

Page 37 : <<... De manière à prendre en compte ces aléas et à construire un mix énergétique qui ne soit pas adapté qu'à un unique scénario climatique (avec des phénomènes spécifiques non représentatifs), **l'étude exploite 7 années d'historiques météorologiques à maille régionale et européenne**. Les productibles solaires et éoliens ont été générés au pas de **temps horaires** (sur ces 7 années), **pour chacune des 21 régions françaises et des 5 zones frontalières**. Ces historiques respectent ainsi la **corrélation des productibles** entre eux ainsi qu'avec la température (à partir de laquelle ont été construits les scénarios de consommation associés)...>>

Page 98 : <<... Ce paragraphe expose comment l'équilibre offre-demande est satisfait dans des périodes qui peuvent être considérées comme défavorables pour un mix énergétique 100% renouvelable ...>>

Page 149 : <<... Il a été vérifié qu'un mix 100% renouvelable pouvait être robuste à des conditions météorologiques défavorables (notamment des périodes sans vent sur l'ensemble du pays, de vagues de froid, ou de sécheresse) ...>>

La plupart des critiques à l'encontre de l'ADEME **ignorent cette étude prospective**, réalisée sur la base d'un mix énergétique 100% EnR, et présentent parfois le foisonnement comme une **hypothèse «magique»** ... alors qu'il est **avéré** et qu'il permet l'équilibre du réseau malgré **l'intermittence** des sources d'EnR.

Les simulations de Engie (réalisées en 2020, **sur 20 ans au pas horaire**) donnent les mêmes conclusions avec les éoliennes (actuelles + celles dont l'installation est programmée) sur nos 3 façades maritimes.

Il est donc confirmé que, malgré leur intermittence, **les régimes de vent sont complémentaires au niveau temporel**, entraînant un foisonnement de la production éolienne.

Ainsi, sur l'année, les statistiques montrent qu'un parc éolien réparti entre les façades produirait plus de 20% de sa puissance installée **de façon quasi constante**, ce ratio montant à près de 30% en période hivernale (où la demande d'électricité est plus forte). **Les épisodes de vent très faible sur toutes les façades simultanément se réduisent à quelques jours dans l'année, durant l'été.**

https://www.energiesdelamer.eu/images/PDF/Resultats_foisonnementvf.pdf

Pour compléter les études réalisées par l'Ademe et par Engie qui testent l'hypothèse du foisonnement, on peut prendre le problème sous un autre angle, **en simulant les processus** de consommation et de production électrique, sur 1 an, **avec ou sans** foisonnement.

La production électrique est alors simulée par une fonction mathématique **produisant une valeur aléatoire** (que l'on peut ajuster à un niveau adéquat de production globale). Cette simulation (1^o courbe bleue) peut donc représenter des sources **sans aucun foisonnement**.

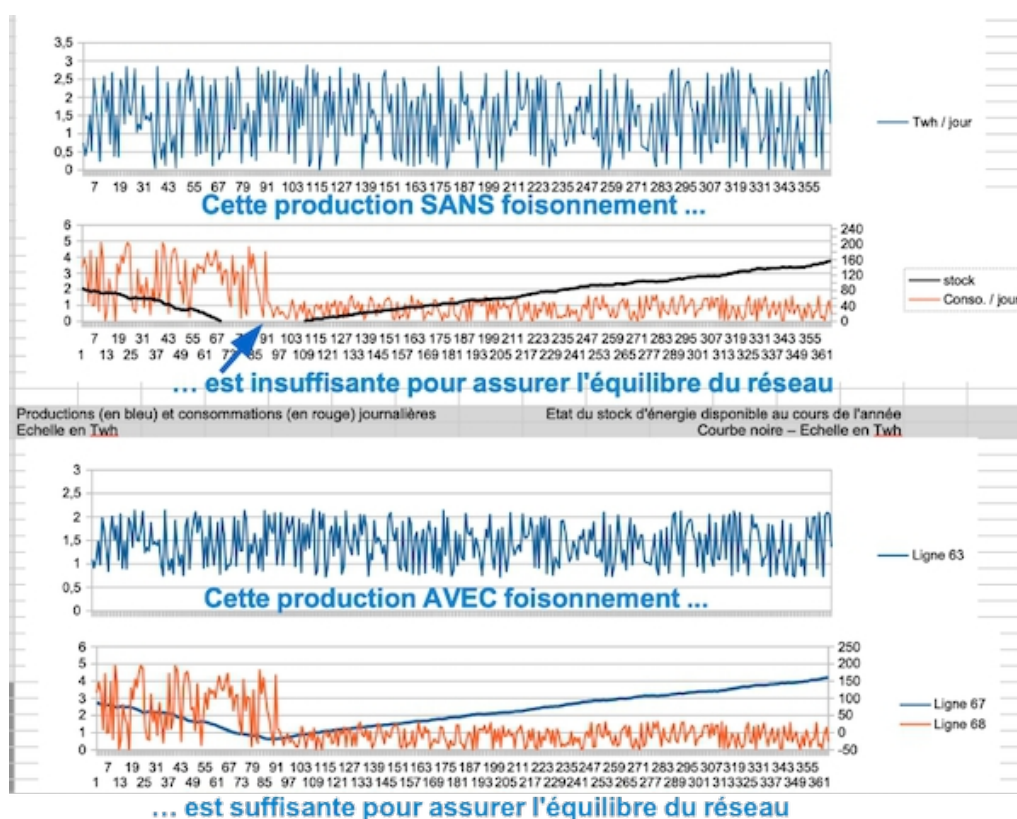
Une autre simulation (2^o courbe bleue) est réalisée en ajoutant à une proportion variable des valeurs précédentes, **une partie constante complémentaire destinée à représenter le foisonnement**.

Une autre fonction aléatoire (courbes rouges) représente la consommation, sans **aucune corrélation** avec la production et avec une variation saisonnière des consommations.

La courbe noire représente le **bilan énergétique** jour après jour. Si elle passe en négatif, c'est que le système n'assure plus la demande.

Ces simulations permettent de mettre en évidence le rôle positif du foisonnement dans l'équilibre du réseau et la nécessité de disposer d'un stock d'énergie pour compenser des écarts saisonniers de consommation.

http://commente.free.fr/transition/simul_foisonnement.ods



-3- Des scénarios de transition énergétique ...

De nombreux organismes ont élaboré des scénarios de transition (GreenPeace, Negawatt, Ademe, EDF...) qui, avec des variantes, reposent toujours sur les trois piliers :

sobriété et **efficacité énergétiques**, développement massif des **énergies renouvelables**, permettant une sortie des énergies fossiles.

Le scénario de Negawatt est maintenant illustré par le schéma représentatif de la démarche :



La démarche négaWatt®

Grâce à l'application systématique des deux premiers piliers de la démarche négaWatt, il est possible de diminuer significativement notre consommation d'énergie :

- **en priorisant les besoins essentiels** dans les usages individuels et collectifs de l'énergie par des actions de **sobriété** (éteindre les vitrines et les bureaux inoccupés la nuit, contenir l'étalement urbain, réduire les emballages, etc.) ;
- **en diminuant la quantité d'énergie nécessaire** à la satisfaction d'un même besoin grâce à l'**efficacité énergétique** (isoler les bâtiments, améliorer le rendement des appareils électriques ou des véhicules, etc.).

** en énergie finale : énergie délivrée à l'utilisateur final par un fournisseur (kWh électrique, litre d'essence, etc.).*

L'efficacité énergétique d'un **dispositif** se définit par **le rapport** entre le service énergétique qu'il produit réellement et la quantité d'énergie qu'il doit consommer pour ce faire.

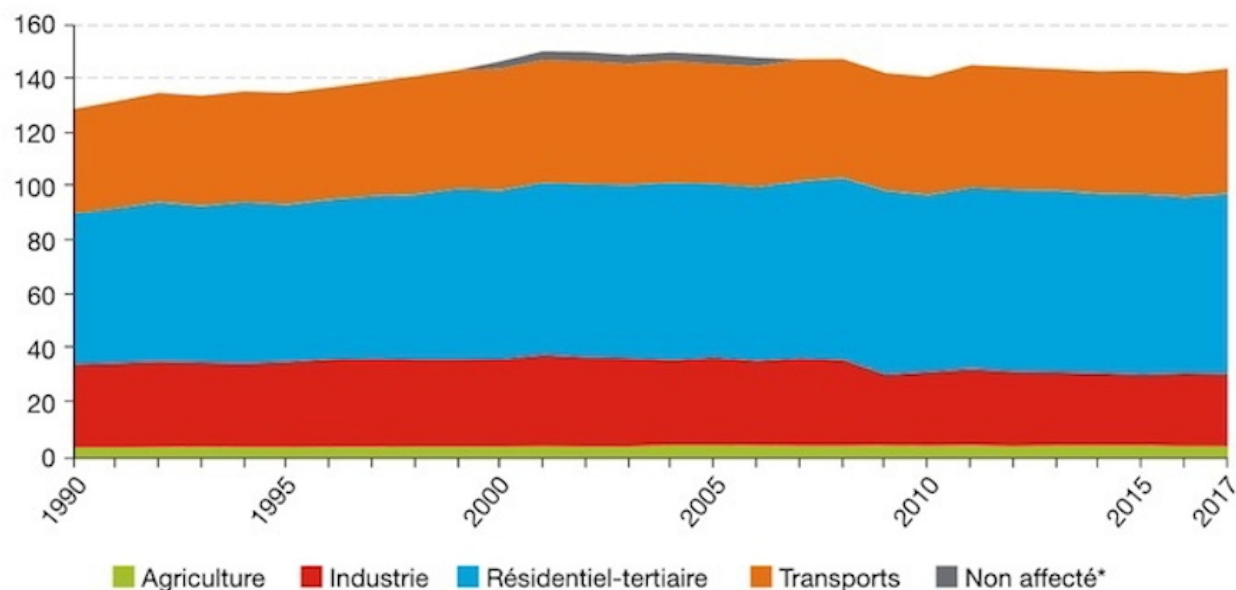
Sobriété, efficacité, énergies renouvelables ... doivent donc être déclinées :

- **par secteur de consommation**, pour identifier les principales niches de sobriété et d'efficacité
- **par type d'énergies**, pour étudier les transferts nécessaires entre énergies fossiles et EnR

Consommation finale énergétique par secteur

TOTAL : 144 Mtep en 2018

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



* La répartition de la chaleur par secteur consommateur n'est pas disponible entre 2000 et 2006.

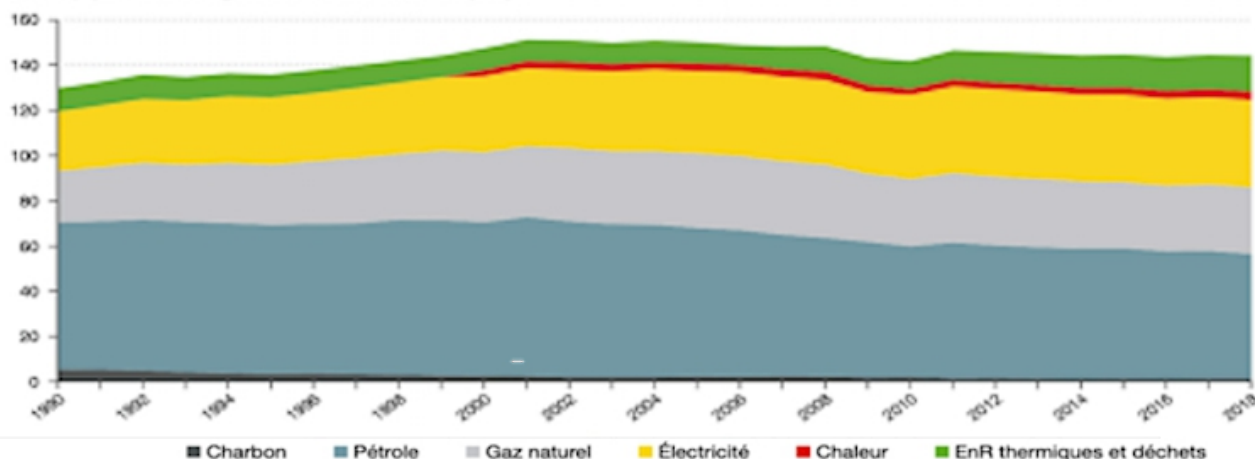
Champ : jusqu'à l'année 2010 incluse, le périmètre géographique est la France métropolitaine. À partir de 2011, il inclut en outre les cinq DOM.

Source : calculs SDES, d'après les sources par énergie

Ordre d'importance des consommations finales :
résidentiel-tertiaire, transports, industrie ...

Consommation finale énergétique par type d'énergie

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



Note : la chaleur n'est isolée que depuis 2000.

Champ : jusqu'à l'année 2010 incluse, le périmètre géographique est la France métropolitaine. À partir de 2011, il inclut en outre les cinq DOM.

Source : calculs SDES, à partir des sources par énergie

Ordre d'importance des consommations finales :
pétrole, électricité nucléaire, gaz, Enr ...

En conclusion :

=> **Tous les secteurs sont concernés**, mais **les premiers** dans lesquels on doit réaliser des économies d'énergie sont donc :

- le secteur **résidentiel et tertiaire**
- le secteur des **transports**

=> Les énergies fossiles à remplacer prioritairement sont le **pétrole** et le **gaz**.

On y reviendra plus loin mais il faut auparavant préciser le fonctionnement du système énergétique.

On parle ici de la **consommation finale** d'énergie qui est l'énergie utilisée par le consommateur pour ses différents usages. C'est celle qu'il paie à la pompe ou au compteur...

Mais cette énergie finale, il a bien fallu la produire à partir de sources ou de flux d'**énergie primaire** : le charbon, le bois, le gaz, l'Uranium enrichi, le vent, le rayonnement solaire...

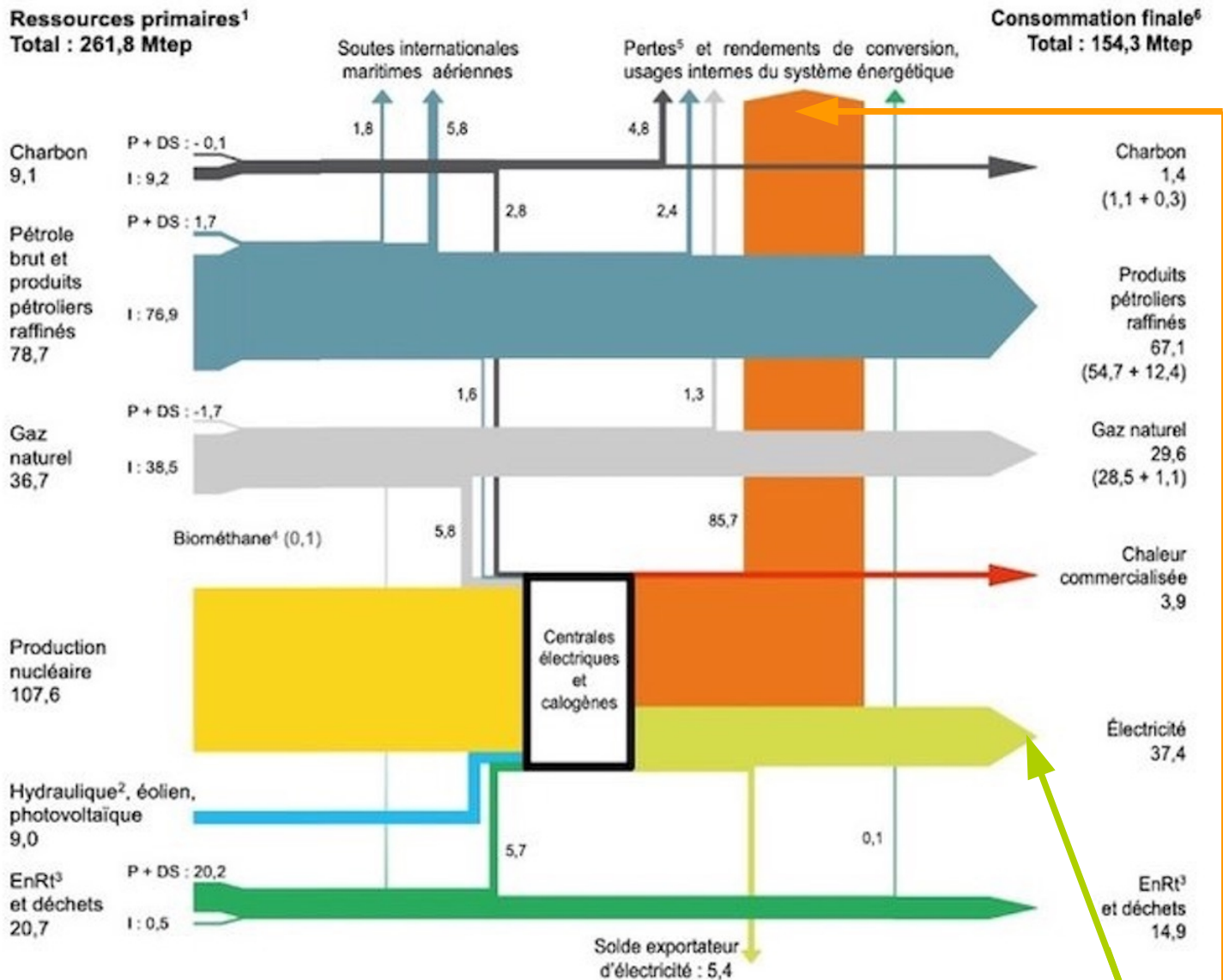
La production d'énergie finale implique la mise en œuvre de diverses machines qui sont caractérisées par des **rendements** très différents selon les types d'énergie et de processus.

Ainsi, la consommation d'énergie primaire (consommée par le système global) est donc très supérieure à la consommation d'énergie finale (par les usagers).

Mettre en œuvre une transition énergétique nécessite donc de prendre en compte **tous les processus de transformation du système énergétique**.

On peut obtenir une meilleure représentation de ces processus et du système énergétique global par des diagrammes de SANKEY, qui visent précisément à représenter les flux d'énergie et leurs transformations.

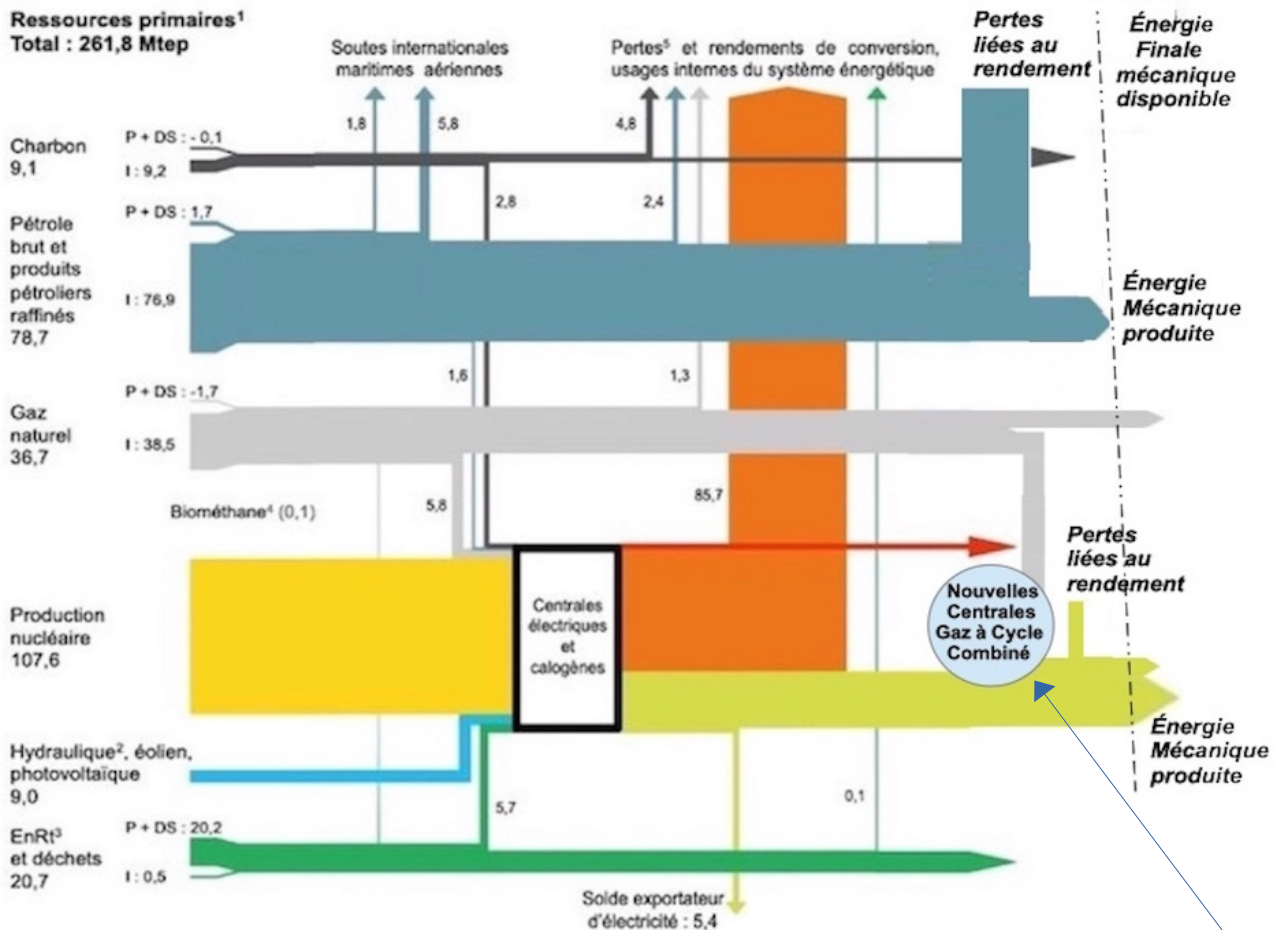
-4- Diagrammes de SANKEY



- la partie de gauche du diagramme représente **les sources d'énergie primaire** : pétrole, gaz, matériau radioactif, vent, courant ...
- la partie de droite représente **l'énergie finale obtenue** par des transformations (représentées au centre) de l'énergie primaire
- la partie supérieure représente les pertes de chacun des processus.

On doit noter un résultat important : l'énergie électrique finale produite par une turbine thermique (à gaz ou nucléaire) ne représente environ **que le tiers de l'énergie primaire nécessaire** à sa production. Les 2/3 de l'énergie primaire sont perdus.

On peut encore utiliser ce diagramme pour représenter non pas l'énergie finale, mais **l'énergie mécanique produite** par un moteur, une machine ... Ainsi apparaissent **les différences d'efficacité énergétiques**, en comparant les pertes liées au rendement des moteurs électriques (de l'ordre de 90%) plutôt que thermique (de l'ordre de 45%).

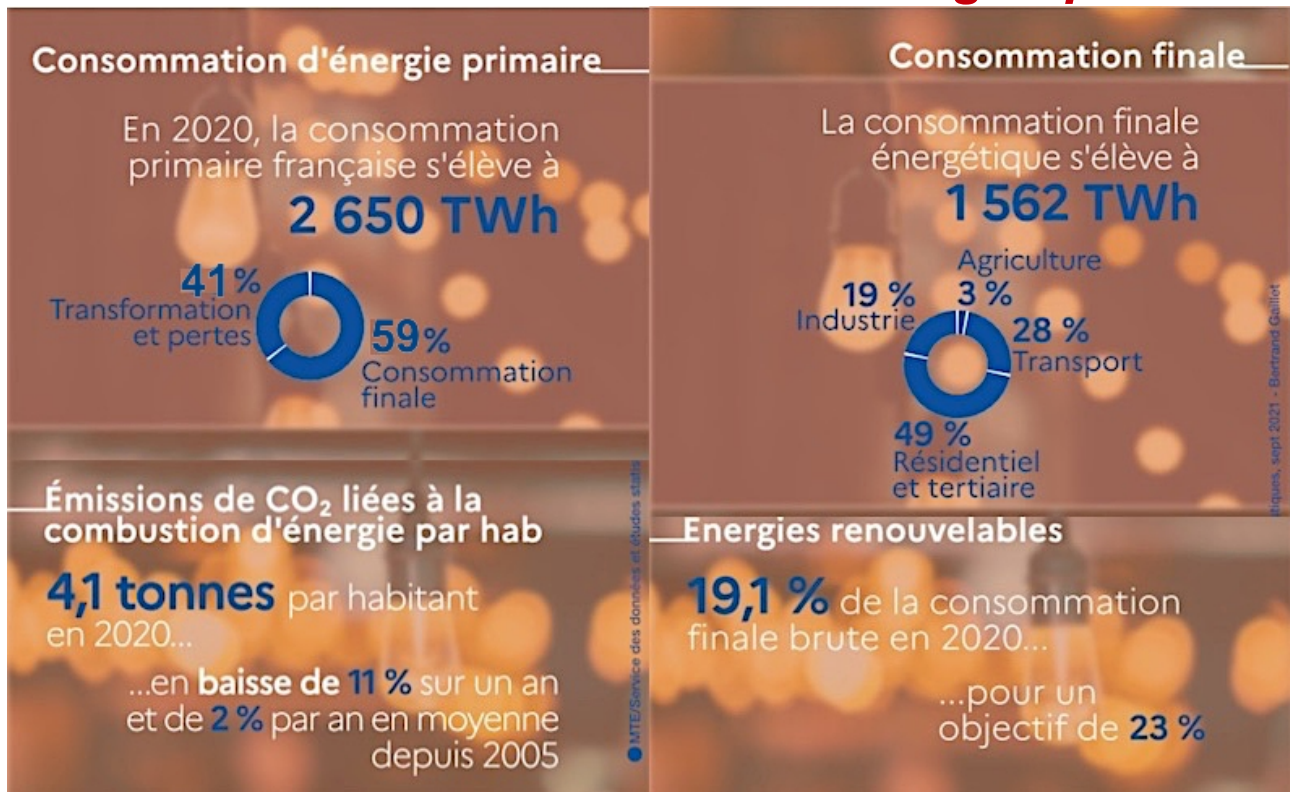


La **dé-carbonation** va ainsi conduire à substituer massivement aux énergies fossiles (pétrole et gaz), une énergie électrique produite par les centrales nucléaires (en attendant leur fin d'exploitation) et par des EnR.

Cependant, les besoins de régulation électrique nécessitent une diversification des sources. Exemples :

- **des centrales au gaz** (et ensuite au **bio-gaz**) à **Cycle Combiné**, qui devraient supplanter les anciennes **car leur efficacité énergétique est double**.
- **des STEP** (Stations de Transfert d'Energie par Pompage)

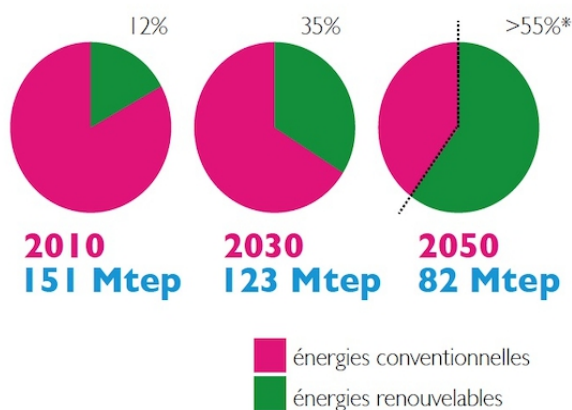
-5- Chiffres clés et décroissance énergétique.



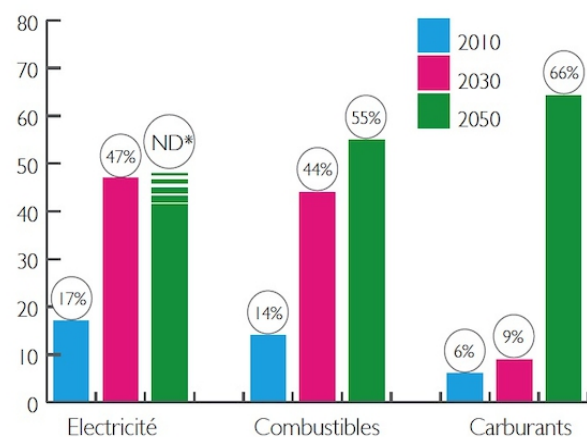
... après correction d'erreur dans les pourcentages ... bien qu'il s'agisse de chiffres « officiels » ...
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-de-lenergie-edition-2021>

A partir de cet état actuel des consommations, la question qui se pose est de savoir **comment réaliser la sobriété et l'efficacité énergétiques nécessaires**, pour atteindre les baisses de consommations prévues par les différents scénarios.

Certains scénarios de l'ADEME (ci-dessous) ne prévoient pas 100 % d'EnR à l'échéance 2050 ...



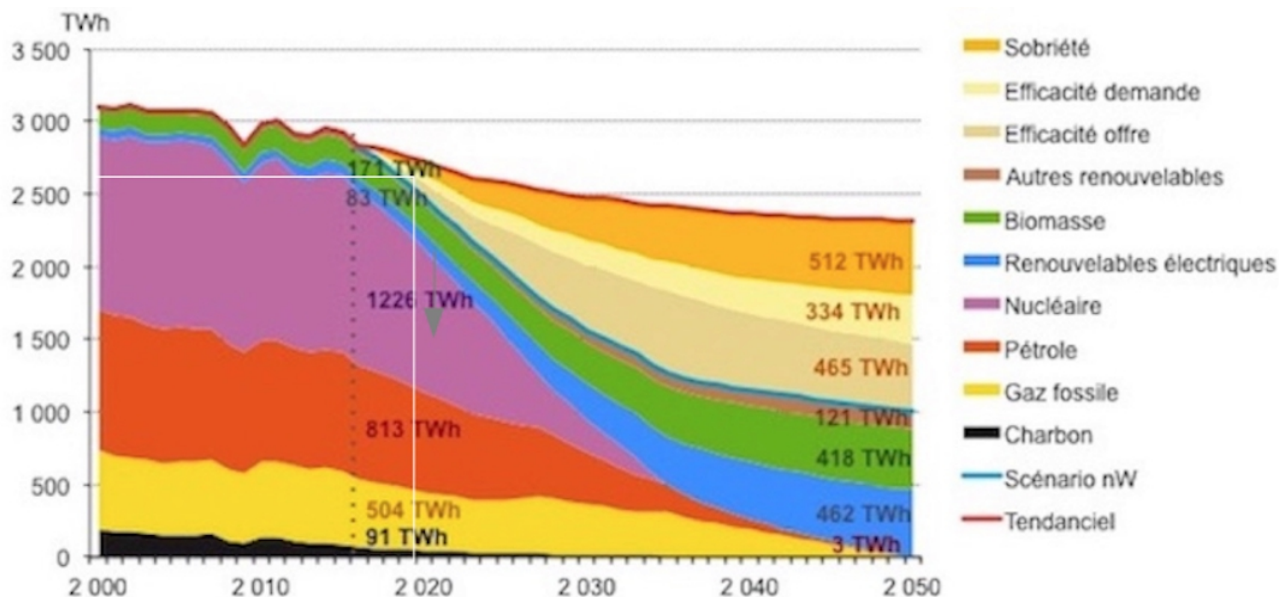
* 3 scénarios proposés : voir page 41
ou document complet sur le site de l'Ademe



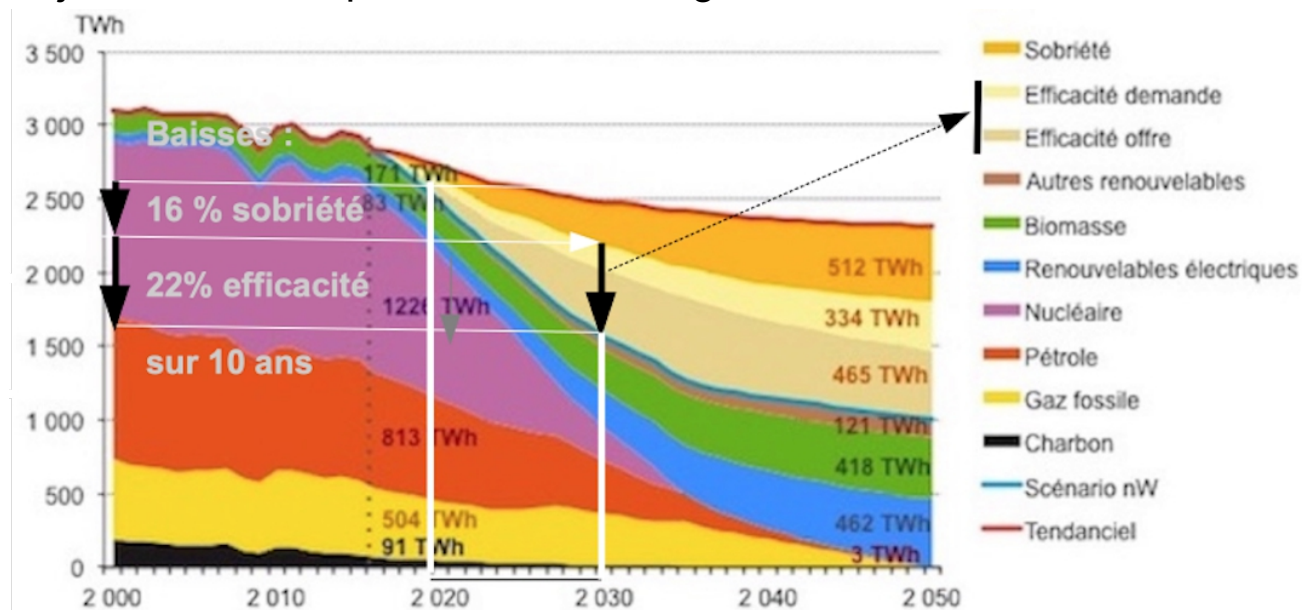
Énergie renouvelable en pourcentage

* 3 scénarios proposés : voir page 41
ou document complet sur le site de l'Ademe

... alors que la trajectoire du scénario Negawatt prévoit d'atteindre **100 % d'EnR dès 2050**.



Pour fixer les idées, le schéma ci-dessous représente **une façon** d'atteindre, **sur une dizaine d'année (entre 2020 et 2030)**, un objectif de baisse des consommations d'énergies primaires (par sobriété et par efficacité énergétiques), de façon à se trouver sur la trajectoire définie par le scénario Negawatt.



La sobriété implique des comportements individuels « vertueux », bien-sûr nécessaires. Mais la sobriété **devra dépasser ce niveau individuel**, local, en s'appuyant sur des modifications structurelles et sur une **stratégie globale d'efficacité énergétique**.

L'efficacité énergétique se joue essentiellement au niveau **structurel** : isoler l'habitat, remplacer les radiateurs électriques par des pompes à chaleur pour un chauffage plus efficace, remplacer des machines par d'autres plus efficaces (comme les Chaudières à Cycle Combiné), modifier des processus industriels (comme la fabrication de béton bas-carbone ou les hauts-fourneaux utilisant de l'H2 vert), remplacer le transport sur route par du transport sur rail...

On va grossièrement évaluer les ordres de grandeurs de quelques économies possibles dans les cas suivants :

a/ Supposons qu'une **partie du transport routier soit transférée de la route au rail**, jusqu'à concurrence de **la moitié des consommations actuelles** en carburant fossile.

On considèrera que ce transfert sera prioritairement appliqué aux transports de **marchandises lourdes** pour lequel on admettra un **gain en efficacité énergétique de 4,5** (par transfert route => rail).

Ce gain dépend des conditions mais il est dans la fourchette basse des données :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Efficacité_énergétique_dans_les_transports => 4,7

<http://www.transalpine.com/enjeux-arguments/consommation-energetique-un-mode-de-transport-moins-couteux-et-durable> (sous la rubrique économie) => 5,5

<http://isidoredd.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/dri/RMT04-009.pdf>
Entre camions >37t et train élec. (tableau 90 p.111 et suivants) => Rapport des consommations > 14

b/ Supposons que l'ensemble du parc résidentiel soit **bien isolé et autres améliorations thermiques** réalisées (chaudières, PAC).
Évaluons les dépenses et les économies d'énergie réalisables dans le secteur résidentiel

(en appliquant les coeff. d'efficacité correspondant à chaque type de chauffage)

Transports / route		Mtep	TOTAL CONSO.	Secteur Résidentiel : Chauffage – Clim – Chauffe-eau						TOTAUX
Consommation totale		45	75,094	73,4 % du	Électricité	Gaz naturel	Pétrole	EnR	Autres	
Moitié des Conso sur route		22,5	52,594	Total 41 Mtep, soit	31,00%	27,00%	11,00%	24,00%	7,00%	100,00%
Passage de la route (fuel) au rail (élec) pour une moitié des conso.				30,094	9,32914	8,12538	3,31034	7,22256	2,10658	30,094
Rapport d'efficacité énergétique		4,5	TOTAL des Conso finales	Après isolation et...	isolation et Pomp.Chal	isolation et chaudière éco	isolation	isolation	isolation	
Conso finale (électrique)		5,00	17,08	Facteur d'économie	0,33	0,33	0,5	0,5	0,5	
			Économies par efficacité énerg.	Conso finale	3,08	2,68	1,66	3,61	1,05	12,08
Économie d'énergies Fossiles (Mtep)		22,5	30,65	Économie d'énergie Fossiles (Mtep)		5,44	1,66		1,05	8,15
Économie énergie Électrique (Mtep)		-5,00	1,25	Économie d'énergie Électrique (Mtep)	6,25					6,25
Économie d'énergie Totale (Mtep)		17,50	35,51	Économie d'énergie Totale (Mtep)	6,25	5,44	1,66	3,61	1,05	18,01

Le petit calcul résumé dans le tableau ci-dessus montre que l'efficacité énergétique, **seulement** appliquée

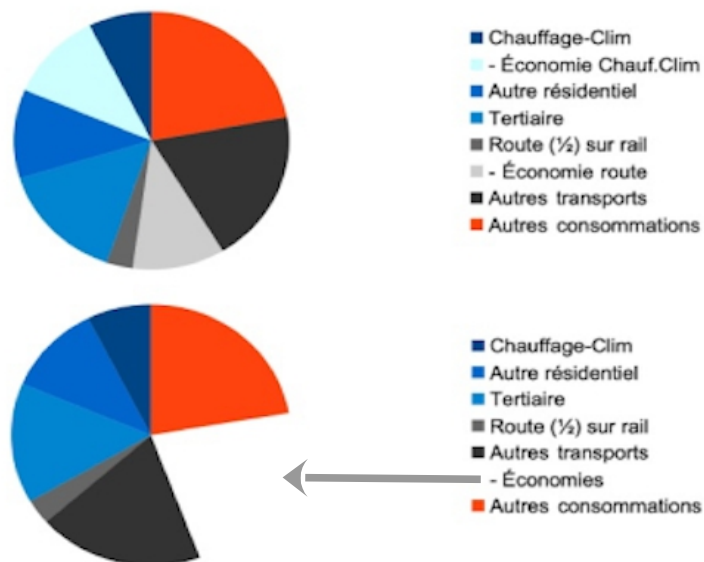
- **au secteur résidentiel (*)** et

- **à une moitié des consommations routières**, produit une baisse significative des consommations finales :

- une baisse totale de 35,5 Mtep (sur 160 Mtep) de consommation d'énergie, **ce qui représente 22 % de la consommation TOTALE d'énergie finale**, soit un peu plus que la production TOTALE (33 Mtep) d'électricité nucléaire en France.
- une baisse de 30,65 Mtep d'énergies fossiles,
- accompagnées d'une légère baisse 1,25 Mtep d'énergie électrique

L'efficacité énergétique, appliquée au seul domaine Chauffage-Clim. du secteur **résidentiel** (en bleu) et à seulement une **moitié des transports routiers transférés sur rail** (en gris) à **trafic constant** produit ainsi une baisse **d'un peu moins du quart de la consommation TOTALE** d'énergie finale.

Ce qui est représenté par les graphiques ci-dessous.



Dans ces graphiques, les autres domaines de consommation n'ont subi aucune mesure de sobriété ni aucune mesure d'efficacité énergétique. Ils devront évidemment être mis à contribution.

(*) https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-09/datalab_70_chiffres_cles energie_edition_2020_septembre2020.pdf

-6- Équilibre du réseau et contraintes

Le problème de l'intermittence des EnR (absence de vent ou de soleil) se complique du fait de deux autres contraintes techniques :

- la nécessité d'un **équilibrage du réseau électrique** : à chaque instant, la puissance demandée doit être égale à la celle disponible
- **l'impossibilité de stocker l'énergie électrique**, ce qui nécessite une transformation de l'électricité excédentaire sous une autre forme : chimique (H2, bio-gaz, batteries), mécanique (Volants d'inertie, Stations de Transfert d'Energie par Pompage).

Nous illustrerons ces contraintes par une **étude de cas** basée sur un diagramme de consommations en Allemagne en Déc. 2017. Nous évoquerons ensuite un **ensemble de solutions** pour palier aux pics de consommation et à l'intermittence des EnR.

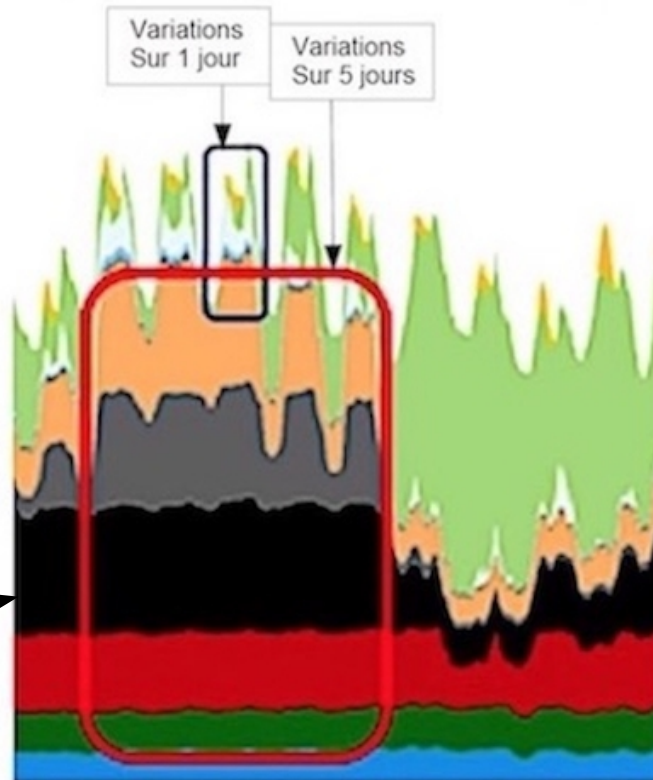
-6.a- Étude de cas



Équilibre du réseau : journalier et sur plusieurs jours,
par compensation de différentes sources

Sources : Pierre Nicolas / ENTSOE / ADEME
Synthèse : JP.Coste

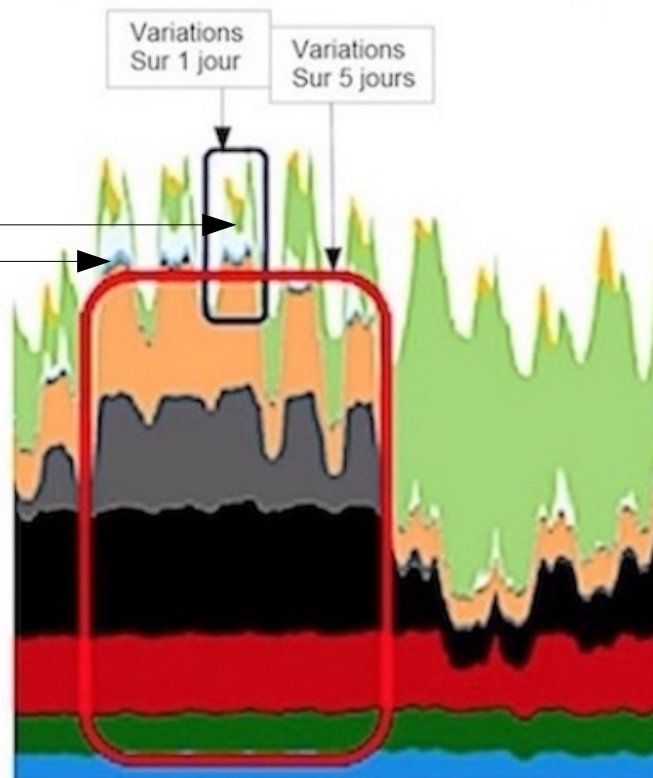
- Solar
- Wind
- Hydro Pumped Storage
- Hydro Water Reservoir
- Fossil Oil
- Fossil Gaz
- Fossil Hard coal
- Fossil Brown coal/Lignite
- Nuclear
- Biomass+Waste+Other
- Hydro Run-of-river and poundage



Sur plusieurs jours, l'absence de vent impose un recours aux centrales à charbon (cadre rouge)

Sources : Pierre Nicolas / ENTSOE / ADEME
Synthèse : JP.Coste

- Solar
- Wind
- Hydro Pumped Storage
- Hydro Water Reservoir
- Fossil Oil
- Fossil Gaz
- Fossil Hard coal
- Fossil Brown coal/Lignite
- Nuclear
- Biomass+Waste+Other
- Hydro Run-of-river and poundage



Les faibles variations journalières sont compensées par des barrages hydrauliques ou des STEP

-6.b- Des solutions pour palier aux pics de consommation et à l'intermittence des EnR.

6.b.1- Inter-connexion des sources d'énergie électrique en réseau, en France et avec nos voisins européens : **l'effet de foisonnement** produit une « **moyenne** » sur le réseau qui limite l'amplitude des pics de production et les défauts par rapport à la consommation.

C'est ce qu'ont démontré **des simulations** (déjà évoquées) réalisées par Engie (production éolienne) et par l'Ademe, **sur la base des données météo réelles**.

(selon une carte de France des implantations)

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/mix-electrique-rapport-2015.pdf>

L'autre approche (déjà évoquée aussi) a consisté à analyser les contraintes liées à l'équilibre du réseau par **une simulation utilisant des données fabriquées par des fonctions mathématiques aléatoires**, autrement dit : production électrique aléatoire et consommation aléatoire, tout en imposant des contraintes (par exemple consommation saisonnière plus forte en hiver) et avec des ajustements possibles de paramètres, comme une possibilité de faire varier un coefficient de foisonnement.

Cette simulation est accessible à l'adresse suivante :

http://commente.free.fr/transition/simul_foisonnement.ods

Corrélativement, le **réseau électrique** devra subir quelques adaptations aux nouvelles productions délocalisées d'EnR, pour permettre le foisonnement des sources.

6.b.2- Production massive d'EnR (vent, soleil, géothermie, bio-masse, marée, courants...), avec de **nouveaux dispositifs** à développer pour récupérer l'énergie considérable des vagues par exemple.

La puissance installée en EnR doit produire, quand il y a du vent et du soleil, **plus d'électricité que nécessaire** à la consommation, de sorte que **l'excédent** (après transformation) constitue une **réserve massive** d'énergie (stockage inter-saisonnier, périodes sans vent ni soleil...)

6.b.3- Captation du CO2 dégagé par les centrales thermiques ou autres industries **et valorisation du CO2** : dans la culture (micro-algues par ex.), ou par réaction chimique avec H2 (pour la fabrication de bio-méthane) ...

Le bio-méthane étant lui-même un gros producteur de CO2, il convient de le capter à son tour pour le ré-utiliser dans le cycle de production du bio-méthane par méthanation.

Le bio-méthane est un moyen de stockage à long terme, dans le réseau ou autres réservoirs.

(Cavités souterraines : ex. **mines de sel**)

6.b.4- Stockage à court terme d'énergie

Ce stockage d'énergie est nécessaire pour compenser les variations journalières de consommations. Le stockage d'électricité n'étant pas possible directement, il nécessite une transformation :

- **stockage mécanique**, des volants d'inertie assurent la stabilité en fréquence du réseau (mais limité à quelques dizaines de minutes, en attendant l'apport d'une source complémentaire)

https://www.ecosources.info/dossiers/Stockage_energie_volant_inertie

- **stockage thermique par sels fondus**, par concentration de l'énergie solaire le jour : grâce à l'inertie thermique des sels fondus (suffisante sur une journée), les centrales solaires thermiques peuvent produire de l'électricité la nuit ou en l'absence de soleil.

<https://www.actu-environnement.com/ae/news/gemasolar-sel-fondu-production-base-13718.php4>

- **stockage chimique par batteries électriques**, y compris par batteries de voitures (connectées au réseau) servant d'amortisseur de pics de consommation.

Ce type de stockage **n'est pas anecdotique** car l'achat de voitures électriques et hybrides en Europe a **dépassé le million de véhicules** l'an dernier et le parc automobile français comporte déjà **200.000 voitures électriques**. Avec le taux actuel de progression, on atteindra **bientôt le million de véhicules hybrides et électriques en France**.

Avec une énergie moyenne de 60 Kwh stockée par batterie, la charge totale représenterait donc 60 millions de Kwh (60 Gwh), utilisés successivement en charge et en décharge. Si ces batteries sont en charge dans la journée (dans des parkings couverts de panneaux solaires), dans la plupart des cas les conducteurs rentreront le soir chez eux en n'ayant consommé qu'une faible partie de l'énergie stockée dans leur batterie. Disons, comme ordre de grandeur, que la moitié de l'énergie stockée pourrait rester disponible (soit **30 Gwh**) **pour lisser les pics de consommation**. La voiture connectée au réseau ne se rechargerait qu'en cas de disponibilité suffisante.

Inversement, elle pourrait restituer une partie de sa charge pour **contribuer à l'équilibre** du réseau.

—

6.b.5- Stockage de long terme d'énergie

Ce stockage d'énergie est nécessaire pour compenser les variations saisonnières de consommations.

- **stockage sous forme de bio-gaz** (produit par méthanation): dans des réservoirs, dans le réseau de gaz, dans des mines de sel...

- **stockage dans des STEP** (Stations de Transfert d'Energie par Pompage, entre 2 réservoirs à des altitudes différentes).

Le pompage est réalisé en période d'excès de production EnR et le déstockage restitue, en cas de besoin, de l'électricité par turbinage.

Ce mode de stockage a **l'un des meilleurs rendements** (de l'ordre de 90% aussi bien pour le pompage que pour la production d'électricité). Il est donc **de l'ordre de 80%** dans les cas favorables.

Il nécessite cependant des sites **adaptés** et une **acceptation** des populations.

Il en existe : **le cirque de Morgon est l'un d'eux...**

avec une possible difficulté due au fait qu'il jouxte une **zone Natura 2000**.

« Ce site de plus de 300 hectares (ha) à 2000 mètres d'altitude pourrait accueillir une retenue d'environ 25 ha (un carré de 500 mètres de côté, vide d'habitants) et 12 mètres de profondeur moyenne, correspondant à un volume d'eau (**3 millions de m³**) susceptible d'être pompé en quelques heures depuis le lac « bas » de Serre-Ponçon. »

<https://www.contrepoints.org/2020/09/03/379175-la-step-un-tresor-energetique-a-redecouvrir-en-france>



Cependant, la création d'une STEP est soumise à une **contrainte européenne** dissuasive, qui impose un appel d'offre ouvert, la mise en concurrence et la **privatisation éventuelle du dispositif**.

Concernant les différentes modalités de stockage, voir la table ronde

Nov. 2020 - Regards économiques. ENR, stockage et gestion de l'énergie - La synthèse.

<https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/enr-stockage-et-gestion-lenergie-synthese>

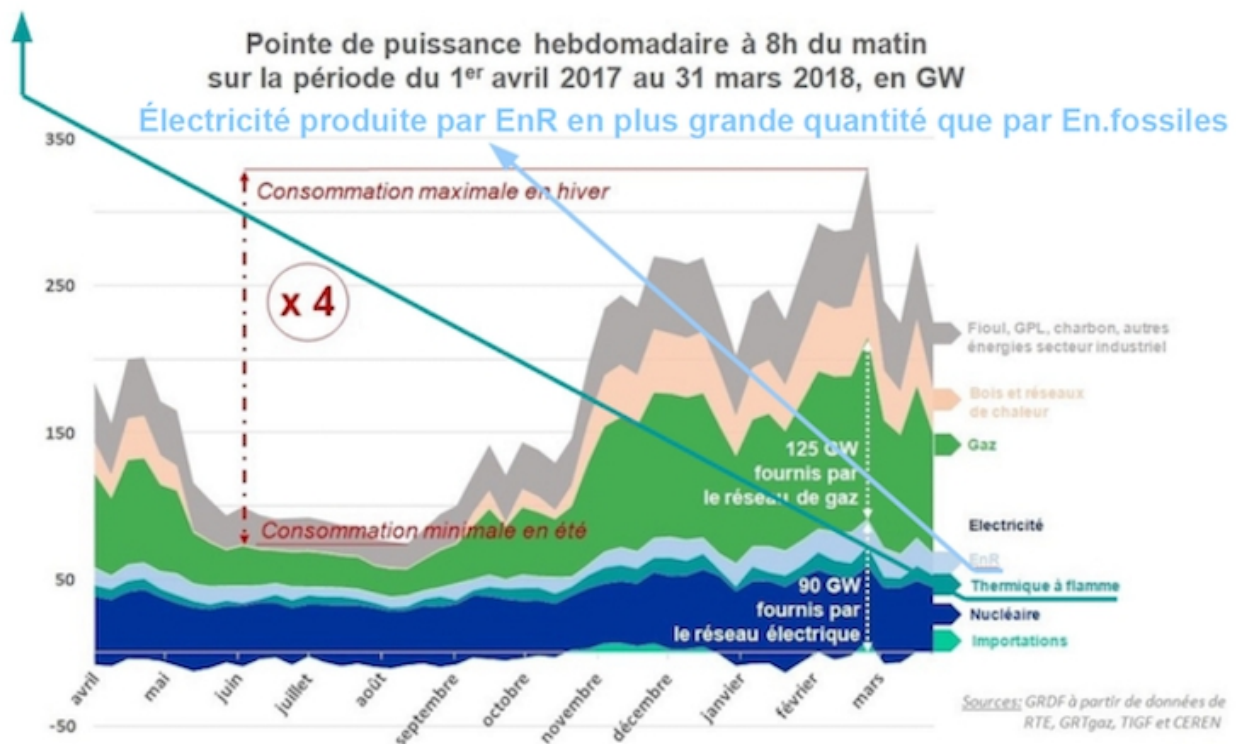
6.b.6- Recours à la co-génération et au cycle-combiné, qui multiplie par 2 le rendement de ces centrales thermiques par rapport aux centrales classiques.

Les centrales thermiques sont utilisées **pour compenser les différences** entre production et consommation d'électricité, car ces centrales ont un **temps de réaction** très rapide.

À terme, les infrastructures pourraient fonctionner au bio-gaz (avec **captation et valorisation** du CO₂ produit).

Ces solutions destinées à palier à l'intermittence des EnR sont également nécessaires avec une production nucléaire, pour palier aux pics de consommation.

De l'électricité produite par des énergies fossiles ... malgré le nucléaire



6.b.7- Utilisation énergétique du H₂ :

- **directe** (industries bas carbone, métallurgie...)
- **mélangé à du gaz** (power-to-gas-to-power)
- **dans des piles à combustible** (motricité électrique)

Le coût de production de H₂ vert (par hydrolyse) est réduit si l'électricité utilisée est produite par des EnR (en rentabilisant la sur-production).

Le stockage est réalisable à grande échelle dans d'anciennes mines de sel ou bien dans des réservoirs sous haute pression.

D'autres formes de stockage sont réalisées sous forme solide (pastilles d'hydrure de magnésium – McPhy -) **avec un rendement de l'ordre de 90%.**

<https://www.industrie-techno.com/article/mc-phy-industrialise-la-production-et-le-stockage-d-hydrogene-decarbone.25219>

6 .b.8- Effacement des consommations en cas de déficit de production, permettant d'éviter l'effondrement du réseau.

Un effacement programmé et automatique des consommations (en cas de défaut de production) est réalisable de façon plus fine qu'avec les tranches « heures creuse », par le développement de **compteurs communicants** qui permettront, en temps réel, de reporter une consommation non prioritaire (machine à laver, chauffe-eau ... et même chauffage électrique par pompe à chaleur).

Divers dispositifs d'**effacements des consommations industrielles** sont également définis contractuellement par EDF.

-7- Des choix politiques.

-7.a- Choix d'efficacité énergétique et de sobriété

Il appartient au pouvoir politique de planifier la transition énergétique : au niveau du **parlement** pour définir les orientations globales (investissements publics, mesures économiques incitatives, définition de normes...), et au niveau des **communes** pour développer des initiatives qui étayent et sont étayées par la politique nationale.

Il est possible d'agir immédiatement sur des facteurs d'efficacité, et de prendre les mesures structurantes qui contribueront à la création d'emplois dans de nouveaux secteurs, et au développement économique et social.

Dans le secteur des transports :

Transports de marchandises lourdes sur rail (dont l'efficacité énergétique est **4,5 fois mieux** que le transport sur route), réhabilitation de voies ferrées désaffectées, développement de la multi-modalité (créations d'entrepôts pour desservir les gares et faciliter la livraison au dernier km).

Transports collectifs plus efficaces que les voitures individuelles, développement de voies cyclables, location de voiturettes ou de Vélo à Assistance Électrique à proximité des gares comme service complémentaire aux transports en commun.

Dans le secteur résidentiel et tertiaire : développement des pompes à chaleur pour le chauffage (dont l'efficacité énergétique est **3 à 6 fois mieux** qu'un radiateur électrique), mais aussi renforcement des normes de construction pour évoluer vers les constructions à énergie positive, rationalisation industrielle de la rénovation énergétique de l'habitat ancien,

Dans le secteur industriel : incitations contractuelles vis à vis des entreprises pour qu'elles fassent évoluer leur processus vers des productions bas-carbone (exemple des bétons et des aciers) ...etc...

De nombreux secteurs de **recherche et développement** devront contribuer à l'innovation et à créer de nouveaux outils.

-7.b- L'efficacité sociale de ces mesures

exige une parfaite adéquation aux besoins et une adhésion de l'ensemble de la société.

L'« **adhésion culturelle** » est la condition pour que chacun adopte des comportements de **sobriété énergétique**.

Rien ne sert d'isoler des habitats si les habitants « gaspillent » la chaleur en laissant leur chauffage en route alors que les fenêtres restent ouvertes pour aérer ...

Rien ne sert de développer des transports en commun s'ils ne rendent pas le service attendu ...

Développer des services performants à moindre coût énergétique, telle doit être l'idée directrice car **l'efficacité sociale** sera le critère de jugement des mesures adoptées.

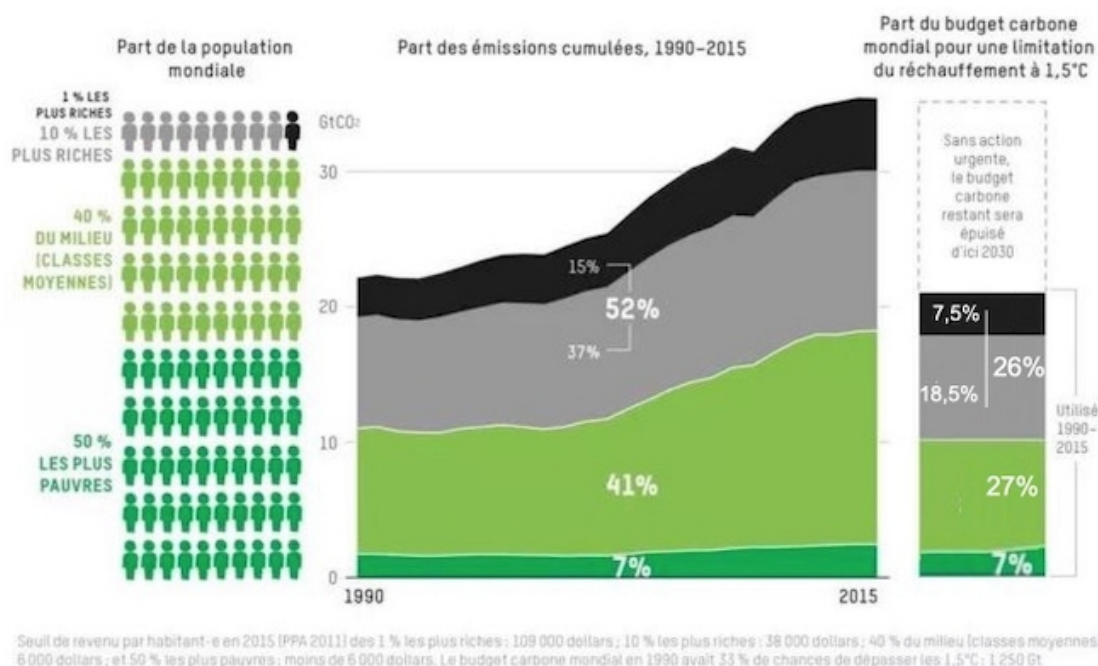
Il va de soi que les citoyens eux-mêmes sont en mesure de prendre des décisions de mode de vie plus sobre, y compris dans le choix de leur habitat.

Une étude de l'ADEME « **Quels modes de vie pour demain** » montre que chacun pourrait accepter des règles de vie qui intégreraient la **sobriété** et **amélioreraient** la vie collective. <https://www.ademe.fr/visions-energie-climat-20302050-modes-vie-demain>

Une autre étude (Ademe **Mars 2021**) titre : « Malgré la crise sanitaire, des Français toujours préoccupés par l'environnement. »

<https://fr.calameo.com/read/00459949953fce5ec9a68>

Cependant, la figure ci-dessous illustre, au niveau mondial, **l'extrême disparité des contributions aux émissions de CO2** en fonction du niveau des revenus.



Les plus gros contributeurs devront faire l'effort de sobriété le plus important, en limitant voire supprimant certaines dépenses ostentatoires énergétiquement déraisonnables.

Les populations les plus pauvres ne seraient pas (ou très peu) concernées par cet effort alors qu'elles pourraient au contraire bénéficier de mesures structurelles, comme l'isolation de leur habitat ou comme le développement de mesures locales favorisant les consommations de proximité ou les pratiques de partage.

Sobriété + efficacité énergétique sont également nécessaires pour la sauvegarde de notre écosystème, mais **ne pourront se réaliser que dans un contexte de justice sociale**.

-7.c- D'autres mesures sociétales de sobriété

concernent le temps long : il ne faut pas perdre de vue que cette **bifurcation doit être décidée immédiatement** mais qu'elle définit **un long chantier de transition** qui pourrait devenir notre nouvelle culture, en changeant profondément certaines de nos habitudes que la pandémie a déjà bousculées.

La pratique du travail à domicile, par exemple, s'est généralisée chaque fois qu'elle était possible. Cette pratique présente **quelques défauts majeurs**, en coupant le salarié de son environnement et de ses collègues de travail. Mais elle présente aussi des avantages majeurs, permettant parfois des **économies de temps et d'énergie** tout à fait considérables.

On pourrait donc imaginer des **espaces de travail partagés** entre différentes entreprises et différents salariés, dans des sortes de **maisons communales d'activités** qui rompraient l'isolement des salariés tout en étant à proximité des lieux de vie (ce qui n'empêcherait pas des regroupements périodiques des salariés d'une même entreprise).

Cette autre organisation du travail mériterait sans doute d'être débattue entre salariés et patrons pour en préciser les conditions **qui pourraient être bénéfiques pour chacun des partenaires**.

-7.d- Un développement massif des EnR

La Publication du Panorama de l'électricité renouvelable indique les puissances installées au 31 déc. 2019 et la croissance sur l'année :

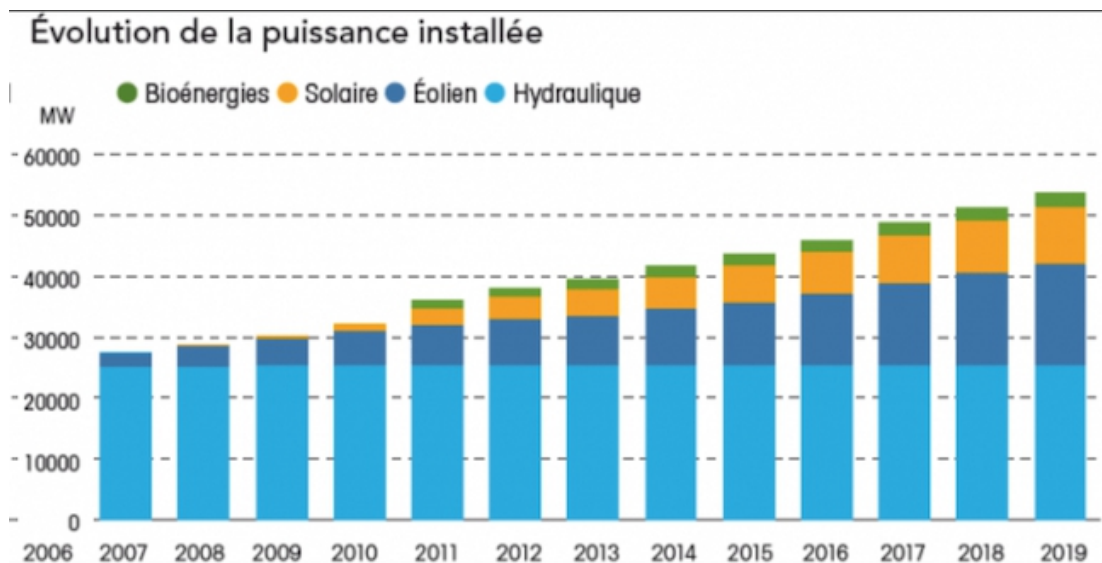
- éolien : 16 494 MW, avec une croissance annuelle de 1361 MW
- photovoltaïque : 9 436 MW, avec une croissance de 890 MW

La croissance en 2019 (éolien+Photovoltaïque) est ainsi de 2251 MW.

En maintenant cette croissance constante jusqu'en 2050, on obtiendrait une augmentation de puissance installée de 67530 MW s'ajoutant à la puissance actuelle de 25930 MW, soit un total de 93460 MW.

Avec un coefficient de charge (plutôt minoré) de 0,25, cette puissance installée **produirait annuellement environ 205 Twh**.

Sachant que la consommation totale d'électricité en France était de **473 Twh** en 2019, cette croissance des puissances installées est **totalelement insuffisante** : il faudrait la multiplier **par 2,5**.



<https://www.rte-france.com/actualites/en-2019-la-production-electrique-renouvelable-couvert-23-de-la-consommation-francaise>

D'autres pays sont engagés dans la voie des EnR

- Le Portugal a produit en mars 2018 plus d'énergie renouvelable qu'il n'en a utilisé

<https://www.lemondedelenergie.com/portugal-champion-mondial-energies-renouvelables/2019/09/11/>

- Pour la première fois au premier semestre 2020, les Européens **ont produit plus d'électricité d'origine renouvelable** que d'électricité issue de combustibles fossiles.

Eolien et solaire ont ainsi généré un niveau inédit de **21 % de l'électricité européenne**, avec en particulier un niveau de **64 % au Danemark**, **49 % en Irlande**, **42 % en Allemagne** ...

- L'Espagne s'est engagée dans la voie du 100% renouvelable en 2050

<https://www.comwatt.com/blog/energie/actu/solaire/international/espagne-ambition-energies-renouvelables-2050/>

Pendant ce temps, avec le réchauffement climatique et les périodes de sécheresse, nos centrales nucléaires commencent à avoir soif ...

- En aout 2020, le débit trop faible de la Meuse a nécessité l'arrêt des 2 réacteurs de Chooz.

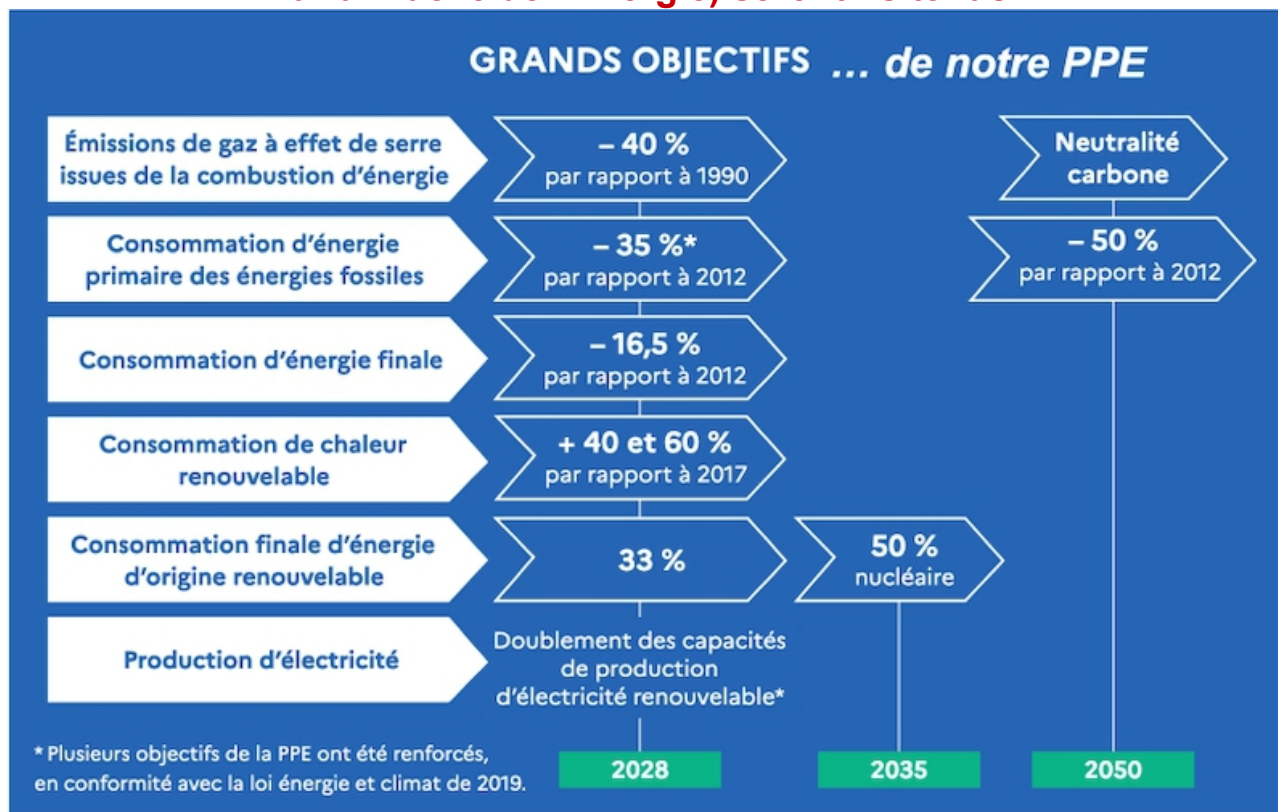
https://www.francetvinfo.fr/meteo/secheresse/secheresse-les-deux-reacteurs-de-la-centrale-nucleaire-de-chooz-a-l-arret_4084145.html

- Et l'état de notre filière nucléaire augure mal d'une solution crédible à court terme : l'audition du président (P-F. Chevet) de

l'ASN, sur l'état de la **sécurité nucléaire en France est extrêmement inquiétante.**

<https://www.publicsenat.fr/article/politique/surete-nucleaire-le-contexte-est-preoccupant-sur-le-moyen-terme-pour-le-president>

Les objectifs rappelés ci-dessous de la PPE (Programmation Pluriannuelle de l'Energie) seront-ils tenus ?



Dans le contexte actuel d'urgence sociale et d'urgence climatique, **une nécessaire bifurcation s'impose**

- pour la justice sociale
- pour une transition écologique et énergétique

qui permettra de sauvegarder notre écosystème

- en sortant au plus vite des énergies carbonées
- en développant les EnR dans tous les territoires (Projections ADEME et ENGIE page 6)
- en planifiant une sortie de l'énergie nucléaire à mesure que vieillissent nos centrales

Le problème n'est pas fondamentalement technologique : **l'urgence de la bifurcation implique des choix politiques radicaux.**

La transition énergétique nécessitera donc un soutien citoyen fort, car il faudra vaincre des intérêts privés colossaux, aussi bien

que les présupposés d'une Europe **handicapée par sa vision idéologique**, fixant des impératifs financiers qui vont à l'encontre

- des contraintes techniques qu'impose la transition énergétique
- d'une gestion rationnelle de l'énergie.

– Comment un opérateur privé gérerait-il un barrage hydro-électrique sur un cours d'eau où il y a d'autres barrages ?

– Comment satisferait-il l'exigence d'équilibre du réseau qui doit passer avant celle de son propre profit ?

– Comment la loi de « l'offre et la demande » serait-elle compatible avec une fixation des prix de marché lorsque l'offre électrique dépasse la demande si des procédures de régulation ne sont pas mises en œuvre ?

L'ensemble des propositions qui ont été exposées constituent un **système économiquement cohérent, créateur d'emploi et de richesses**. Mais elles se heurtent au contexte européen actuel qui interdit à l'État de rester maître de sa politique énergétique.

Le système s'effondre si le contexte politique actuel n'est pas dépassé.

Nous devons envisager la transition énergétique

- **en sortant des traités qui y font obstacle,**
- en restaurant le pouvoir de décision des citoyens sur la gestion de ce bien commun crucial qu'est l'énergie.

Les options techniques devront être ajustées en cours de route : une prédiction de quelques spécialistes **réalisée trente ans à l'avance ne saurait priver les citoyens de leur pouvoir de décision !!!**

Cependant, la planification d'une sortie du nucléaire et des énergies fossiles doit être clairement définie et proposée aux citoyens lors de la prochaine élection Présidentielle.

jeanpaulcoste@free.fr

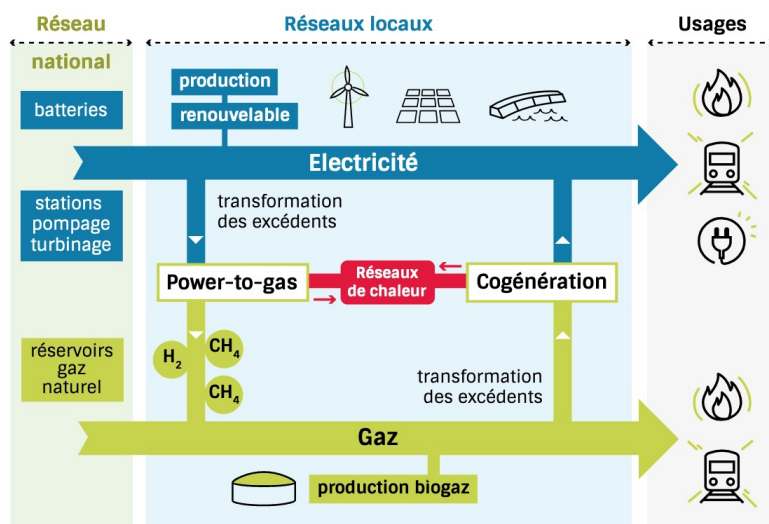
Ce billet a été publié en Février 2021, c'est-à-dire antérieurement aux derniers scénarios :
[RTE : "Futurs énergétiques 2050"](#) et **Scénario Negawatt 2022**

Ce dernier propose le schéma de synthèse très explicatif reproduit ci-dessous ...



Équilibre du réseau électrique

Grâce à la complémentarité des vecteurs



Le scénario négaWatt vérifie heure par heure jusqu'en 2050 l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité. Cet équilibre est rendu possible par la complémentarité des sources de production, par une certaine flexibilité de la consommation, et par des dispositifs de stockage de l'énergie.

En valorisant les excédents d'électricité renouvelable qui apparaissent dans le scénario à partir de 2030, le *power-to-gas* rend possible une augmentation des puissances installées d'éolien et de photovoltaïque, et contribue ainsi à la sécurité du système électrique.

Outre l'avantage de pouvoir être stockés, le méthane et l'hydrogène renouvelables ainsi produits s'ajoutent au biogaz issu de la méthanisation pour répondre à de nombreux besoins : se déplacer, alimenter l'industrie, se chauffer, produire de l'électricité, etc.

Quelques références bibliographiques

https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-01/RTE-AIE_synthese%20ENR%20horizon%202050_FR.pdf

IEA – RTE. Conditions et prérequis en matière de faisabilité technique pour un système électrique avec une forte proportion d'énergies renouvelables à l'horizon 2050

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/mix-electrique-rapport-2015.pdf>

Unmix électrique 100% renouvelable? Analyses et optimisations

<https://www.sortirdunucleaire.org/IMG/pdf/ademe-rapport-integral-100renouvelable-opt.pdf>

ADEME - Vers un mix électrique 100% renouvelable en 2050

<https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/renouvelables-france-techniquement-economiquement-ademe-62452/>

95% de renouvelables en France est possible techniquement et économiquement selon l'ADEME

[**12 pts clés : scénario negaWatt 2017-50**](#)

Les 12 points-clés du scénario NegaWatt 2017-2050

<https://www.revolution-energetique.com/dossiers/le-repowering-eolien/>

Le repowering éolien

http://debat13.free.fr/EMR_PG/EMR2%20_stockage.html

Stockage d'énergie

<https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/climat-environnement/stockage-denergie-accompagner-deploiement-des-energies-renouvelables#5%00>

Le stockage d'énergie : accompagner le déploiement des énergies renouvelables

<https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/article/enr-stockage-et-gestion-lenergie-synthese>

Stockage : voir la table ronde Novembre 2020 - Regards économiques
ENR, stockage et gestion de l'énergie - La synthèse

<http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/techniques/840/840-energiesurterre.pdf>

« L'énergie sur la terre : analyse des ressources et de la consommation. La place de l'énergie électrique. »

<https://www.ademe.fr/visions-energie-climat-20302050-modes-vie-demain>

Visions énergie climat 2030/2050 : quels modes de vie pour demain ?

<https://fr.calameo.com/read/00459949953fce5ec9a68>

Ademe Actus **Mars 2021** - Malgré la crise sanitaire, des Français toujours préoccupés par l'environnement.

https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf

International Renewable Energy Agency - GLOBAL ENERGYTRANSFORMATION

<https://www.alternatives-economiques.fr/une-electricite-100-renouvelable-france-possible-cher/00094758>

CIRED : Une électricité 100 % renouvelable en France : possible... et pas cher

<https://www.meretmarine.com/fr/content/eolien-rwe-et-equinor-rejoignent-le-projet-de-production-dhydrogene-north2>

Eolien : RWE et Equinor rejoignent le projet de production d'hydrogène NorthH2

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-de-lenergie-edition-2020-0>

Chiffres clés de l'énergie - Édition 2020

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rendement-chaine-h2_fiche-technique-02-2020.pdf

ADEME - Janvier 2020 - RENDEMENT DE LA CHAÎNE HYDROGÈNE - CAS DU «POWER-TO-H2-TO-POWER»

<https://lvsl.fr/lhydrogene-quel-role-dans-la-transition-energetique/>

LVSL - L'hydrogène : quel rôle dans la transition énergétique ?

<https://www.youtube.com/watch?v=NB9We5wwGPo>

Hydrogène: un enjeu industriel ! - ÉNERGIE#17

<http://www.stopaugazdeschiste07.org/article660.html>

McPhy Energy : un générateur d'hydrogène couplé à un stockage solide

<https://www.usinenouvelle.com/article/alstom-teste-le-premier-train-a-hydrogene-en-conditions-reelles.N514494>

En 2017 - Alstom teste le premier train à hydrogène en conditions réelles

https://www.capenergies.fr/wp-content/uploads/2018/02/hygreen_provence.pdf

HYGREEN PROVENCE : PRODUCTION ET STOCKAGE MASSIF D'HYDROGÈNE VERT EN CAVITÉS SALINES

<https://www.actu-environnement.com/ae/news/hygreen-provence-hydrogene-34585.php4>

HyGreen Provence : Il ne s'agit pas de céder le territoire à des industriels

Quelques références en relation avec le nucléaire, car la transition énergétique qui est proposée ici vise à sortir des énergies fossiles et à planifier la sortie du nucléaire :

<https://www.arte.tv/fr/videos/067856-000-A/securite-nucleaire-le-grand-mensonge/> Vidéo/ Enquête ARTE : Sécurité nucléaire : le grand mensonge

<https://www.publicsenat.fr/emission/les-matins-du-senat/audition-de-pierre-franck-chevet-president-de-l-asn-sur-l-etat-de-la>

Audition de Pierre Franck Chevet, président de l'ASN, sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioactivité

Audition à ne pas oublier, car elle exprime clairement l'état des lieux en 2017 : il ne s'agit pas là d'un nucléaire fantasmé comme moindre mal, mais du nucléaire réel ...

<https://www.monde-diplomatique.fr/2019/08/NAOTO/60142>

L'ancien premier ministre japonais témoigne : « Le jour où le Japon a failli disparaître »

https://www.irsnn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/cout-economique-accident/Pages/2-cout-economique-pour-2-scenarios.aspx

Selon les évaluations réalisées par l'IRSN, un accident grave représentatif engendrerait un coût global de quelque 120 milliards d'euros (avec une fourchette entre 50 et 240 milliards d'euros).

Et au total, un accident majeur pourrait coûter plus de 430 milliards d'euros

Quelques références au sujet du foisonnement de l'énergie éolienne :

<https://blogs.mediapart.fr/jeanpaulcoste/blog/210121/transition-energetique-le-foisonnement-pour-les-nuls>

Transition énergétique : le foisonnement pour les nuls.

http://commente.free.fr/transition/simul_foisonnement.ods

Simulation permettant de faire varier des paramètres intervenant dans l'équilibre du réseau électrique

<http://commente.free.fr/transition/transition.pdf>

Diaporama Pour une transition énergétique.

<http://commente.free.fr/transition/transitionQRep.pdf>

Diaporama Pour une transition énergétique : Questions-Réponses.

Une remise à jour du programme **L'Avenir En Commun a été réalisée.**

On peut télécharger le programme :

<https://noussoyonspour.fr/wp-content/uploads/2020/11/AEC-novembre-2020.pdf>

ou le lire en ligne : <https://noussoyonspour.fr/programme/>

Le site <https://noussoyonspour.fr/>

*permet de signer l'appel pour soutenir le programme de La France Insoumise
porté par la candidature de J-L Mélenchon.*

*Le présent document ainsi que ce site de travail
n'engagent que leur auteur.*

<http://debat01.free.fr/>

Merci à Martine H. pour la pertinence de ses remarques lors de sa re-lecture du texte.

Vos commentaires et critiques seront les bienvenus.

jeanpaulcoste@free.fr
