

Enjeux et contraintes consommation électrique 2035 en France

Cette vise à mettre en perspective pour le prochain horizon de la programmation pluriannuelle de l'énergie 2024-2033 les enjeux et contraintes de notre production électrique à un moment où celle-ci est devenue moins abondante et plus chère. En effet de nombreux usages, notamment pour la chaleur et la mobilité peuvent être décarbonés rapidement et directement avec des énergies thermiques renouvelables, se libérant de énergie fossiles et libérant des capacités pour les usages électrique prioritaires. La lecture des évolutions des dernières années fournit des pistes pour les scénarios et orientations de la future PPE comme sur le niveau de consommation électrique en 2035.

Evolution de la consommation électrique depuis 50 ans

L'évolution de la consommation d'électricité finale durant les 50 dernières années a connu plusieurs évolutions qui ont débuté en 1968 avec le lancement du programme nucléaire civil français PWR, avec des choix portés à la fois par l'expérience américaine (Westinghouse) et les connaissances et prototypes accumulées au niveau militaire et civil depuis les années 1940 (notamment 1^{ère} centrale graphite-gaz dans les années 1950 puis 1^{ère} commande PWR pour la centrale de Chooz en 1960, Tihange en 1968 et enfin le lancement de la filière PWR et abandon de la filière graphite-gaz en 1969. La crise du pétrole de 1973 a accéléré les décisions et la structuration des organisations industrielles mises en place dès 1960.

1^{ère} évolution : 1960-2009 : Croissance de la production d'électricité, forte croissance de la consommation électrique (début de réduction de l'utilisation pétrole avec la crise de 1973) avec notamment le lancement des programmes de chauffage par radiateurs électriques à un moment où l'électricité était abondante et économique. Forte exportation de notre électricité (principal écart entre production et consommation finale)

Bilan simplifié de l'électricité

TWh ¹	1973	1979	1985	1990	2000	2005	2008	2009
Production brute	182	242	344	420	540	576	574	542
Hydraulique, éolien et photovoltaïque	48	68	64	58	72	58	75	70
Thermique nucléaire	15	40	224	314	415	452	439	410
Thermique classique	119	134	56	48	53	67	60	62
Solde des échanges	-3	6	-23	-46	-69	-60	-48	-26
Importations	5	16	6	7	4	8	11	19
Exportations	-8	-11	-29	-52	-73	-68	-59	-45
Pompages	-	-1	-2	-5	-7	-7	-6	-7
Consommation des auxiliaires	-8	-10	-16	-20	-24	-26	-25	-24
Consommation ⁴	171	236	303	350	441	482	494	485

¹ 1 TWh = 1 milliard de kWh.

² Gaz de hauts fourneaux, de raffineries, déchets ménagers, résidus industriels, bois, etc.

³ Fioul lourd, fioul domestique et coke de pétrole.

⁴ Consommation intérieure ou énergie appelée, non corrigée du climat. Source : SOeS, bilan de l'énergie

Chiffres clés de l'énergie | octobre 2010

Figure 1 : Données 1973-2009 Chiffres-clé SOes Octobre 2010

2^{ème} évolution : 2009 – 2021 : Réduction de la consommation électrique en raison de la crise économique de 2009 et de la politique d'économie d'énergie

Cette croissance a été interrompue d'abord avec la crise de 2009, puis un palier de consommation annuelle autour de 480 TWh s'est mis en place pendant une dizaine d'années sous l'effet des économies d'énergie au niveau résidentiel, comme tertiaire, comme industriel. Les projections faites dans les années 2018-2019 (voir figure 2 extrait communication T.Veyrenc Annales des Mines juillet 2019) s'appuyaient sur différents scénarios de sobriété et notamment de désindustrialisation (trajectoire 2 et 3), phénomène engagé dès les années 2000 avec une prédominance des services sur l'industrie dans le PIB français. Les sous-jacents de la « trajectoire haute » à moyen terme correspondaient probablement à un rebond d'industrialisation, tel qu'il est anticipé aujourd'hui.

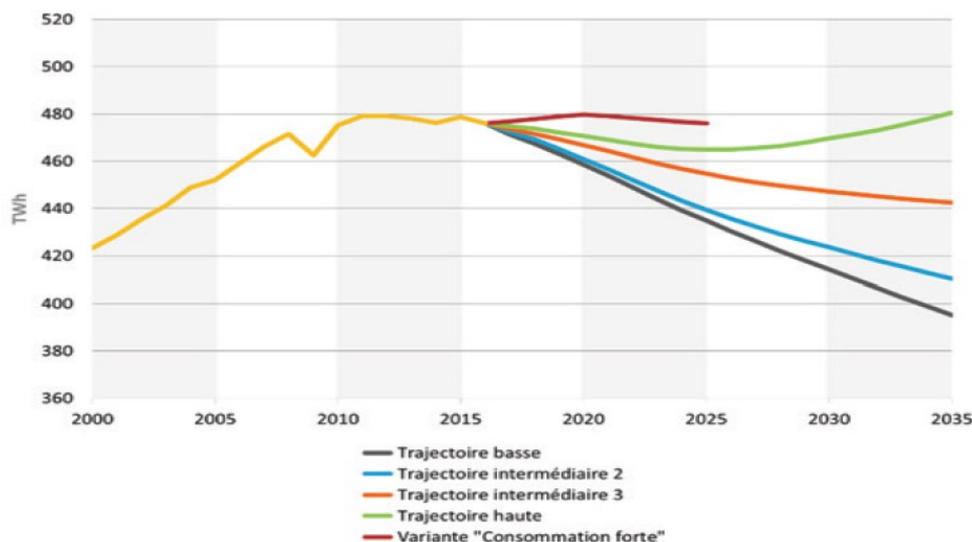


Figure 2 : Trajectoires de consommation intérieure (T.Veyrenc – Annales des Mines juillet 2019)

mais la situation réelle constatée de 2018 à 2023 correspond plutôt au scénario « Trajectoire haute » modulo les évènements de 2020 (458 TWh avec la crise Covid) et de la crise énergétique de 2022 (463 TWh) avant pertes et consommation secteur énergie. (Voir ci-dessous tableau SDES 2022)

Bilan physique de l'électricité de 2016 à 2022

Données réelles en TWh

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Nucléaire	384,01	379,09	393,13	379,46	335,41	360,70	278,96
Pétrole	6,47	6,58	5,39	5,58	5,28	5,41	n.d.
Gaz naturel	32,99	38,21	28,88	37,09	33,29	31,47	n.d.
Charbon	11,55	14,34	9,95	5,54	4,66	6,92	n.d.
Autre thermique	9,34	9,62	10,16	10,42	10,45	11,17	n.d.
Hydraulique	64,88	54,46	69,61	60,82	66,27	63,17	50,44
Éolien	21,38	24,61	28,60	34,72	39,86	36,83	38,06
Photovoltaïque	8,66	9,59	10,92	12,33	13,46	15,73	20,61
Autres	1,14	1,35	1,18	1,12	1,18	1,09	n.d.
Production nette d'électricité	540,42	537,85	557,83	547,08	509,87	532,50	454,88
Énergie absorbée par le pompage-turbinag	-6,75	-7,15	-7,47	-6,50	-6,32	-6,04	-6,60
Importations	19,90	21,12	13,51	15,63	19,54	24,33	52,45
Exportations	-61,40	-61,25	-76,48	-73,30	-64,58	-69,23	-37,33
Total approvisionnement	492,17	490,57	487,40	482,91	458,51	481,57	463,40
Écart statistique	3,40	4,51	3,00	4,37	2,26	0,12	4,10
Branche énergie	8,54	8,09	8,67	8,75	9,00	9,25	9,17
Pertes de transport et de distribution	37,48	38,60	38,62	38,09	35,90	39,12	35,69
Total branche énergie	49,42	51,21	50,29	51,20	47,15	48,50	48,96
Industrie	117,71	116,74	116,92	115,66	105,80	112,73	108,85
Transports	10,52	10,58	10,09	10,08	8,34	9,51	10,21
Résidentiel	163,10	161,12	160,24	159,72	161,50	169,78	154,48
Tertiaire	142,50	142,00	141,21	137,77	127,64	133,37	133,21
Agriculture-pêche	8,91	8,93	8,64	8,48	8,08	7,69	7,69
Consommation finale énergétique	442,74	439,37	437,10	431,70	411,36	433,07	414,44
Consommation finale non énergétique	0,00						
Consommation finale	442,74	439,37	437,10	431,70	411,36	433,07	414,44

Source : SDES

Aujourd’hui, la situation est marquée à la fois par un palier de consommation et par une certaine instabilité du marché de l’électricité en Europe en raison des politiques très contrastées des différents Etats membres.

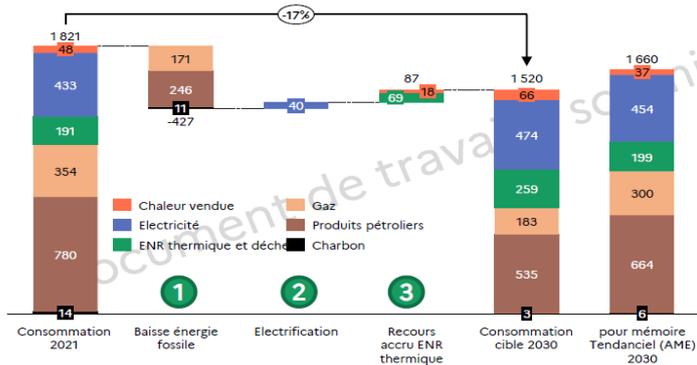
Elle exige une reprise en main de notre avenir énergétique et notamment électrique présentée dans le document de travail du SGPE du 12 juin 2023 (voir ci-dessous)



Secrétariat général à la planification écologique

La transition en 3 piliers : économies d’énergies, électrification et mobilisation des ENR thermiques

Evolution attendue d’ici 2030 de notre consommation d’énergie finale, TWh PCI (y.c. soutes et consos non énergétiques)



- 1 **Une baisse de 17% de notre consommation d’énergie finale d’ici 2030 embarquée dans les trajectoires sectorielles**
 - Efficacité énergétique (e.g. rénovation, électrification), et sobriété (e.g. transport, chauffage), ...
 - ... et malgré des consommations supplémentaires (réindustrialisation, H2, CCS)
- 2 **Une électrification rapide des usages**
 - Véhicules électriques, PAC, production de H2 par électrolyse, procédés industriels
- 3 **Recours accru à la bioénergie et autre chaleur renouvelable**
 - Biomasse: bois énergie, bio-carburant, biogaz
 - Solaire thermique
 - Géothermie
 - Déchets

12/06/2023 Source : modélisations provisoires SNBC

10

Nous partageons l’approche des trois piliers proposés et notamment le **développement des énergies thermiques renouvelables (point 3) qui permettent à la fois de mieux valoriser les atouts naturels de nos territoire et de relancer une industrie énergétique française dans ces domaines qui a été « abandonné »** et n’a pas fait l’objet de soutien significatif depuis plusieurs décennies comme l’a rappelé la Cour des comptes en 2019 .

C’est la 1^{ère} condition de la baisse rapide de l’usage des énergies fossiles bien avant l’électrification.

Nous avons par contre quelques réserves sur l’électrification de certains usages proposés. **Cette électrification est sûrement stratégique et nécessaire pour l’industrie et notamment pour les industries électro-intensives** qui ont perdu une partie de leur compétitivité en période d’électricité moins abondante et moins économique.

Par contre l’ambition de la voiture électrique nous semble se heurter à plusieurs contraintes économiques, sociales et environnementales qui pourraient être contournées, notamment avec les e-carburants de synthèse qui ont dans leur cycle complet une très faible trace de GES, récemment reconnue par l’Union européenne suite aux initiatives allemandes. Même si la voiture électrique a au niveau de la roue une faible émission il faut analyser l’ensemble des coûts, risques et contraintes du puits à la roue :

- La voiture électrique, comme les turbines des éolienne et les PV, nécessite une **mobilisation massive de métaux et terres rares qui sont d’une part en quantité finie et non renouvelables sur la terre** et d’autre part très peu sous le contrôle de souveraineté de la France, comme de l’Europe ;
- L’usage de la voiture électrique adaptée et facile à mettre en œuvre en zone urbaine ou péri-urbaine ne devrait pas se développer au dépens des transports en commun et des modes doux (vélo,..) même si ce devra être une condition d’usage en zone urbaine (plutôt hybride pour permettre d’autres usages nécessitant plus d’autonomie qu’en ville et également économiser l’énergie électrique). Elle est peu adaptée pour les usages en zone rurale ou entre les villes moyennes qui n’ont pas de solutions de transport en commun régulières et efficaces,
- L’intérêt de la grande majorité des Français, sans doute pour ces différentes raisons, est assez mitigé (Enquête IPSOS juin 2023 présenté lors de la conférence de presse RTE du 7 juin 2023)

- Le marché de la voiture électrique lancé par Tesla il y a près de 10 ans a effectivement contribué à la percée de ce type de véhicule (plutôt des CSP+) sur le marché européen et a poussé utilement au développement par les constructeurs français de VUL, voir PL adaptés à la solution électrique (bcp plus qu'à l'hydrogène, dont les vertus énergétiques ne doivent pas occulter les risques technologiques de cette molécule). Depuis plusieurs années la Chine a pris une place essentielle sur le marché de la voiture individuelle, notamment la société BYD, dont les performances (égales, voire supérieures aux solutions européennes) sont aussi valorisées par un prix de vente non accessible aux constructeurs européens.

Pour ces raisons structurelles et non conjoncturelles, il nous semble qu'une électrification très ambitieuse du parc de voitures individuelles devrait être réanalysé face à ces contraintes et qu'un retournement complet du marché avec 100% de voitures électriques en 25 ans d'ici 2050 nous semble peu probable.

De même l'usage de l'hydrogène doit sûrement être **amplifié pour l'industrie pour des raisons économiques et dans le cadre d'un processus industriel contrôlé et maîtrisé**, ce qui n'est pas le cas de la mobilité individuelle que ce soit pour la voiture individuelle, le bus, le camion ou le ferroviaire. L'abandon récent par l'Allemagne des Coradia H2 pour des raisons techniques et économiques en est l'une des premières conséquences.

De toute façon le développement de cette molécule devra, pour des conditions économiques, passer par d'autres solutions que l'électrolyse de l'eau (consommatrice d'électricité, très chère et avec un rendement très faible, inférieur au cycle de Carnot). La subvention de 4,5€ sur 10 ans proposée par l'Union européenne est un pari extraordinaire sur l'avenir car il suppose que d'ici 10 ans des solutions industrielles seront opérationnelles pour produire de l'hydrogène vert entre 2 et 3€/kg (Aujourd'hui l'H2 gris est entre 1, et 1,2€/kg et l'H2 vert entre 6 et 8€/kg un prix que l'industrie ne peut supporter sauf à perdre en compétitivité). Les solutions d'électrolyseurs à haute température amélioreront un peu cette situation. Les perspectives des solutions par osmose ou utilisant les hydrures de silicium sont réelles d'un point de vue technique et économique, mais ne sont aujourd'hui ni matures, ni industrialisées, et probablement pas dans la période de la PPE.

Pour l'ensemble de ces raisons, nous considérons qu'à l'horizon de la PPE les principales évolutions par rapport à la situation actuelle concernent la réindustrialisation de la France, notamment à travers l'industrie – plusieurs dizaines de TWh), qu'un doublement du parc de voitures électriques en 2035 nécessitera d'accepter des voitures venant de Chine et/ou de subventionner de façon importante les fabrications européennes, qu'un développement de la géothermie et des pompes à chaleur peut remplacer de façon massive les radiateurs à résistance électrique sans consommation électrique supplémentaire (voir note déséquilibres de production électrique par EnR en France)

Par rapport à la situation actuelle, une cible de consommation finale entre 480 et 500 TWh en 2035 (conforme aux prévisions du SGPE, et incluant les économies d'énergies acquises en 2022) nécessitera de mobiliser en moins de 10 ans, de façon pilotable et surtout en période de pointe, des capacités supplémentaires de 40 à 60 TWh, soit l'équivalent de 4 à 6 tranches nucléaires, ce qui n'est pas faisable avec des unités de quelques MW ou dizaine de MW comme les productions des unités éoliennes et solaires.

Les projections de RTE entre 550 et 640 TWh en 2035 ont donc une très faible probabilité d'être atteintes, voire approchées et leur nécessité n'est pas démontrée.

De plus les solutions proposées par RTE pour atteindre ces niveaux avec l'éolien et le solaire, divergent fortement des engagements du Président de la République du 10 février 2022 à Belfort, induisent des dépenses importantes de raccordement (7,5 Mrd€ en 2023), contribuent à fragiliser le réseau électrique en raison des onduleurs nécessaires avant le raccordement pour réduire la variabilité instantanée (nuage/soleil, rafales de vent,...), sont intermittentes et ne contribuent pas à la souveraineté énergétique et le développement de la fabrication des équipements stratégiques en France.

Une stratégie centrée, pour l'électricité, sur le nucléaire (EPR2 et SMR) et les turbines à gaz (grâce aux gaz verts) pour assurer la pointe électrique d'hiver nous semble plus robuste, réduit l'artificialisation des terres agricoles, s'appuie sur des compétences et savoir-faire français. Elle est plus rapide à mettre en œuvre et est très complémentaire du développement des EnR thermiques pour réduire la dépendance aux énergies fossiles.