

EGE Ecole de Guerre
Economique



Évaluation de la puissance globale énergétique de la France

Mélanie Y BREH HWING

Pierre-Marie DURIER

Jules BLANC

Jean-Stanislas BARETH

Louise MONJO

Pierre COSTE

Fabien BOUCHER

Axel POUILLART

Maxine SUNE

SURVEILLER. ANALYSER. PROTEGER. INFLUENCER.

Table des matières

Table des matières.....	1
1 Introduction.....	2
2 L'énergie nucléaire, une histoire d'amour complexe.....	2
2.1 La brève histoire du nucléaire français	2
2.1.1 Fondation de l'hégémonie du nucléaire	2
2.1.2 La création du parc nucléaire avènement d'un destin commun entre une nation et une énergie (1952-1973)	3
2.1.3 Le plan Messmer la reconnaissance du modèle français à l'international (1973-1986).....	3
2.1.4 Tchernobyl, le spectre du marché de l'atome (1986-2021).....	3
2.2 La guerre informationnelle au cœur des enjeux énergétiques	4
2.2.1 La politique énergétique de l'union européenne un terrain d'affrontement informationnel entre la France et l'Allemagne	4
2.2.2 Le mécanisme chinois de captation du savoir technologique français pour transiter vers une capacité d'innovation	4
2.3 Le nucléaire, un sujet technique	5
2.4 La sûreté nucléaire, une référence mondiale historique	5
2.4.1 La radioprotection, le bouclier indispensable.....	5
2.4.2 La protection de l'environnement, un sujet d'actualité	6
2.4.3 La réponse en cas d'incident.....	6
2.5 Le cycle de vie du nucléaire, un théâtre d'affrontements	7
2.6 La recherche, une capacité nuancée	7
2.7 Capacité	8
2.8 Conclusion.....	9
3 Les énergies renouvelables ou EnR, un élément encore trop léger.....	10
3.1 Introduction	10
3.2 Les énergies renouvelables, un atout dans la diversité des sources.....	10
3.2.1 Définitions générales	10
3.2.2 Les différentes sources d'énergie renouvelables.....	10
3.2.3 Des chiffres-clés, indicateurs d'une évolution de la transformation énergétique ?.....	11
3.3 Les énergies renouvelables, un potentiel de la puissance énergétique française.....	11
3.3.1 L'hydroélectricité, un acteur qui s'affirme.....	12
3.3.2 Éolien, photovoltaïque et géothermie	12
3.3.3 La biomasse et hydrogène, des filières en plein développement.....	13
3.4 Conclusion.....	15
4 Les énergies fossiles, un dilemme cornélien	15
4.1 Introduction	15
4.2 Le charbon, grandeur et décadence.....	16
4.2.1 Le symbole d'un déclin français	16
4.2.2 Le boulet noir hexagonal	17
4.3 Le gaz	18
4.3.1 Une ressource aujourd'hui indispensable.....	18
4.3.2 Une France dépendante	18
4.3.3 Et un risque d'asservissement.....	19
4.4 Le pétrole	19
4.4.1 Une utilisation omniprésente	19
4.4.2 Un réveil très tardif.....	19
4.4.3 Et des jours comptés... ..	20
5 Conclusion	20
6 Sources	21
6.1 L'énergie nucléaire, une histoire d'amour complexe	21
6.2 Les énergies renouvelables ou EnR, un élément encore trop léger	24
6.3 Les énergies fossiles, un dilemme cornélien	29
7 Annexes.....	31

1 Introduction

Le Général de Gaulle a introduit, par la Vème République, la notion de puissance au sein de la stratégie française, assurant une forme d'indépendance énergétique. Toutefois, depuis les années 1950-1960, la France préfère le concept de souveraineté pour le substituer à celui de puissance, notamment dans le secteur de l'énergie. En effet, la Grande-Bretagne, la Russie et les États-Unis avaient déjà réfléchi à leurs politiques économiques et stratégiques en matière d'énergie dès le début du XXème siècle, leur procurant un avantage concurrentiel sur la scène internationale. Usant de la puissance comme élément de contrainte pour sauvegarder leurs intérêts, ces derniers se sont servis de leur monopôle sur les énergies fossiles pour piloter le marché, influencer et attirer. Afin de contrer ce phénomène d'influence, la France se lance alors le grand défi du nucléaire, pour que sa population ne subisse pas les conséquences directes de l'inflation énergétique.

L'apparition de l'urgence climatique a obligé les États à prendre en compte le facteur environnemental, engendrant une nouvelle révolution énergétique fondée sur les énergies renouvelables. Selon leurs contraintes propres en termes de ressources et de savoir technologique, les États concurrents se sont donc lancés dans une guerre informationnelle pour sauvegarder leurs intérêts.

L'énergie est un facteur de production qui gouverne l'économie. La finitude des ressources énergétiques oblige les États à intégrer l'énergie dans une économie dite "circulaire". La raréfaction des énergies fossiles oblige le modèle économique mondial à prendre en compte ce bouleversement, des phénomènes tel le pic pétrolier ou la pollution atmosphérique sont de nouveaux indicateurs.

L'analyse a pour but d'évaluer les capacités économiques des trois classifications énergétiques afin d'établir un constat clair de la puissance française.

2 L'énergie nucléaire, une histoire d'amour complexe

2.1 La brève histoire du nucléaire français

2.1.1 *Fondation de l'hégémonie du nucléaire*

Une entrevue de deux minutes aura suffi à initier la relation entre le nucléaire et la France. Deux minutes durant lesquelles Bertrand Goldschmidt, futur cofondateur du CEA, convainc le Général de Gaulle de mettre en œuvre un programme nucléaire à la fois militaire et civil. Par ordonnance en suivra à peine la guerre finie, en octobre 1945, la naissance du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) pilier de la recherche dans le domaine nucléaire. Fort de cette mobilisation des savoirs dans la recherche, la première « pile atomique » à eau lourde en Europe nommée ZOE fut construite en 1948.

2.1.2 La création du parc nucléaire avènement d'un destin commun entre une nation et une énergie (1952-1973)

Cette période marque le début de la production de centrales nucléaires, en premier lieu il s'agit de réacteur utilisant la technique uranium naturel-graphite-gaz (UNGG). La première série survient à partir de 1956 sur le site de Marcoule avec l'implantation de 3 réacteurs (1956, 1959, 1960). Comprenant l'enjeu de l'approvisionnement, le gouvernement français intègre dans la chaîne de l'industrie une usine d'enrichissement d'uranium en Drôme. Ce projet avait pour but d'être exploité tout autant dans le domaine civil que militaire. C'est lors de sa visite du site, que le général de Gaulle unit le nucléaire civil et la France par les propos suivants *“Nous avons décidé d'avoir ce qu'il nous faut. Et d'autant mieux, et d'autant plus, que cette puissance nucléaire comme on dit est liée directement à l'énergie atomique elle-même qui est comme vous le savez tous, le fond de l'activité de demain.”* [1] En parallèle EDF conjointement au CEA lance une nouvelle planification de 6 réacteurs UNGG d'une puissance allant de 70 MW à 540 MW. L'année 1967 marque l'avènement d'une nouvelle technologie de pile avec le démarrage du prototype RASPODIE qui utilise la technologie du combustible des réacteurs à neutrons rapides. Grâce à cela, un nouveau modèle de réacteur nucléaire à neutron rapide et à caloporteur sodium voit le jour en 1970, baptisé Phénix d'une puissance de 250 MW.

2.1.3 Le plan Messmer la reconnaissance du modèle français à l'international (1973-1986)

Au début des années 1970, la France prend conscience de sa dépendance énergétique aux puissances étrangères. La facture pétrolière de la France atteignant un montant de 15 milliards de francs en 1972, pour atteindre à la suite **du 1er choc pétrolier 52 milliards de francs en 1974** [2]. Pierre Messmer, alors chef du gouvernement, annonce devant des millions de français un nouveau plan industriel de la filière du nucléaire, l'objectif étant de faire de la France un géant énergétique indépendant. Une raison d'Etat qui donne l'occasion à la France d'augmenter de 13 000 MW sa capacité installée et de répondre aux carences de la technologie UNGG via la technologie à eau pressurisée. Cette technologie portée par l'entreprise Framatome en sort grande gagnante et officialise la boussole stratégique d'EDF vers les **modèles REP** [3].

2.1.4 Tchernobyl, le spectre du marché de l'atome (1986-2021)

A la suite de l'accident de la centrale Tchernobyl en 1986, les velléités éteintes d'une partie de la population française contre le nucléaire se ravivent. Bien que ce constat soit à nuancer car certaines organisations se structurent déjà auparavant contre les annonces gouvernementales (**plan Messmer** [4], **Fessenheim** [5]...) ces mouvements n'entraînent pas le recul de la décision politique. Pour autant face à Tchernobyl, le gouvernement n'arrive plus à convaincre et les spéculations sur les risques des centrales s'intensifient. Les politiciens pour des raisons électorales peinent à soutenir la filière du nucléaire, l'image écornée résulte de la guerre de l'information remportée par les ONG et les anti-nucléaires. Ceci marque le début de l'inertie de la politique énergétique française. Cet événement a par ailleurs des effets mondiaux, il est le point d'ancrage d'un biais cognitif du nucléaire

comme énergie à risque supérieur. Ce basculement se reflète dans le désamorçage des [politiques d'investissement](#)^[6] (voir graphique du nombre de réacteurs construits dans le monde de 1951 à 2018) dans la production de réacteurs nucléaires. Seule la Chine va soutenir ses capacités de production par une politique d'investissement dans son parc nucléaire.

Mais aujourd'hui, la volatilité des énergies fossiles et la spéculation sur la capacité technologique de réponse des énergies renouvelables créent une situation semblable à celle de 1974. Une situation qui interpelle les pouvoirs politiques et qui ravive le débat du destin commun entre l'énergie nucléaire et notre nation.

2.2 La guerre informationnelle au cœur des enjeux énergétiques

2.2.1 *La politique énergétique de l'union européenne un terrain d'affrontement informationnel entre la France et l'Allemagne*

L'étroite collaboration entre l'Allemagne et la France est depuis toujours le moteur de l'Union Européenne. Pour autant le positionnement concernant les énergies diffère en raison de l'intérêt particulier des États. La France possède des atouts dans le domaine du nucléaire dont son voisin germanique ne dispose pas. Le mixe énergétique français est par ailleurs en distorsion de la politique énergétique vis-à-vis du vieux continent. Aucune des grandes nations européennes n'atteint le seuil symbolique des [50% dans la part de production d'électricité nationale](#)^[7]. L'[Energiewende](#)^[8], se confronte à l'intérêt stratégique de l'Hexagone, le débat européen autour de la détermination du nucléaire comme [énergie bas carbone](#)^[8] signifie le renouveau ou la fin de la filière nucléaire française. Une méthode allemande, qui se fonde sur la crainte et l'imaginaire collectif autour de Tchernobyl et Fukushima. En effet, le facteur technique sur les énergies n'est pas au centre du débat par le mythe créé. L'opinion public est influencée par la morale, de fait l'[ultracréditarisme](#)^[9] remplace le savoir dans le débat. Le pilotage de la politique d'investissement européenne par l'Allemagne est l'occasion pour elle de financer ses entreprises en vue de sa transition vers les énergies renouvelables au détriment de la concurrence française. Une affirmation qui se vérifie en chiffres, [en 2019 EDF et Total reçurent respectivement, 68 851 068 € et 72 676 245 €³⁷, soit moins de la moitié de ce qu'a reçu SIEMENS la même année](#)^[10].

2.2.2 *Le mécanisme chinois de captation du savoir technologique français pour transiter vers une capacité d'innovation*

La question du [rachat d'Alstom par les américains](#)^[11] fut une perte visible et démontre [la diminution de puissance de la filière nucléaire française](#)^[12] selon les spécialistes. D'autre part, la maîtrise de la guerre informationnelle chinoise portée sur le discrédit des infrastructures françaises est une source d'inquiétude pour l'avenir. L'EPR de [Taishan](#)^[13] cristallise ce phénomène. La fermeture récente actée par le gouvernement chinois est le résultat d'une [vision stratégique naïve](#)^[14] de la part d'EDF sur les intentions chinoises. Par ailleurs, [la production nucléaire française](#)^[15] vient cette année d'être

dépassée par la Chine. Preuve en est, les parts de marché du nucléaire français diminuent. La fermeture de Taishan est d'autant plus un argument commercial pour la Chine que celle-ci après avoir capté les connaissances françaises est maintenant en capacité d'innover. Son [nouveau réacteur à sels fondu et au thorium](#)^[16] présenté comme une innovation est avant toute chose un intérêt stratégique par [l'abondance de thorium](#)^[17] sur son territoire. Une mise en avant de la sûreté de cette nouvelle technologie qui vise implicitement la réputation du savoir-faire français. Pour EDF, il ne s'agit plus de voir [la Chine comme un marché porteur](#)^[18] mais d'un concurrent qui, au travers de son [nouveau plan quinquennal](#)^[19], ne vise plus l'augmentation de ses capacités de production, mais l'avènement d'une politique de l'innovation. Le nucléaire, à ce titre, est vu par l'empire du milieu comme un pilier de son [économie de production](#)^[20].

2.3 Le nucléaire, un sujet technique

L'énergie selon le [CEA est la capacité à effectuer des transformations](#), cette transformation est utilisée pour générer de l'énergie sous différentes formes : chaleur, mouvement, électricité... L'énergie nucléaire a recourt à la [fission nucléaire basée sur les noyaux d'uranium](#) pour générer de la vapeur qui permet à un générateur électrique de tourner et ainsi, fournir un courant électrique. Cette méthode de génération demande la mise en place d'une chaîne complexe qui comprend sans être exhaustif : la construction d'infrastructures d'acheminement et de régulation de la puissance électrique, la construction et la maintenance de centrales nucléaires, la gestion du cycle de vie, la [sûreté](#) et la recherche nucléaire, la gestion des compétences RH... La gestion du nucléaire demande un temps long et une planification sur plusieurs décennies, principalement en raison de la lourdeur des infrastructures, des barrières à l'entrée et du temps nécessaire pour la recherche. Par exemple, le projet relatif à la fusion froide ITER officiellement [acté en 2007 pour un début d'expérimentation prévu en 2025](#).

2.4 La sûreté nucléaire, une référence mondiale historique

2.4.1 *La radioprotection, le bouclier indispensable*

Une présence au sein des communautés de pratique et instances internationales

Les différentes exigences quant à la sécurité des biens et des personnes en Europe était historiquement portée par la [communauté EURATOM créée en 1958 sous influence française](#) par Jean Monnet. Depuis, l'influence française dans le domaine est toujours marquée avec l'application du concept de défense en profondeur dans les installations nucléaires européennes. Ce concept permet d'obtenir des niveaux de sûreté de fonctionnement et de résistance supérieurs à d'autres réacteurs comme ceux de Fukushima (cf. [analyse de l'accident par l'IRSN](#)). De plus, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) est à l'origine de la création de [l'Association des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest](#) qui regroupe 17 pays européens. C'est au sein de cette association que sont discutés les divers seuils et réglementations d'exposition admissibles aux radiations. En outre, l'autorité participe également dans [l'Association internationale des autorités de sûreté nucléaire](#) et mène plusieurs travaux de recherches importants sur ce sujet en collaboration avec le CEA. De plus,

la France, via l'autorité de sûreté nucléaire, possède un siège permanent au sein de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

L'analyse des différents groupes de travail au sein de ces communautés montrent qu'au moins un français faisant partie d'instances liées au nucléaire en France participe au minimum sur les travaux principaux de ces communautés. Notamment en tant que directeur de travaux ou relecteurs. Le poids de ces différentes organisations est considéré comme important, ce sont ces dernières qui sont consultées par les différents législateurs comme experts techniques dans l'élaboration de politiques industrielles ou de régulation du secteur. En outre, les différentes publications sont reprises par les industrielles comme standard pour l'élaboration d'équipements liés à la radioprotection comme les dosimètres, appareils de mesures et équipements de protections individuels (EPI).

2.4.2 La protection de l'environnement, un sujet d'actualité

À l'instar de la protection des biens et des personnes, les travaux des centres de recherches et autorités françaises quant à la protection de l'environnement et la [résistance face au changement climatique](#) sont conséquents par rapport aux publications de pays tiers. La France via sa présence au sein des instances de régulation et sa connaissance en science de l'environnement, fait pression pour bloquer certains projets jugés impactants. Toutefois cette capacité pour peser est à relativiser, l'analyse de la composition du groupe EURATOM montre que seul un Français est présent dans la commission. Au niveau international, seul Orano (anciennement AREVA) construit et commercialise auprès des pays équipés d'un parc nucléaire les équipements de mesure de l'impact environnemental et de médecine nucléaire.

2.4.3 La réponse en cas d'incident

La [classification internationale des incidents nucléaires \(INES\)](#), est basée sur la notion de défense en profondeur et poussée par le CEA lors des diverses réunions de travail autour du sujet. Le pays possède également des places au [sein des groupes de travail portant sur la sécurité des SMR](#). Au niveau réseau, la place française au sein du réseau SARNET (inclue dans le groupe de travail [NUGENIA](#)) permet aux autorités de régulation et de contrôle françaises d'être présentes dans l'élaboration des procédures de réponse à incident. À titre indicatif, la France est porteuse de la création et du maintien du système de [logiciels ASTEC](#) utilisés pour la modélisation d'accidents nucléaires. Au niveau étatique, le plan de [gestion de crise en cas d'accident nucléaire](#) ou le [plan pirate NRBC](#) sont le socle de la réponse à incident, ces plans sont déclinés au niveau européen à l'aide de la direction de la coopération internationale du ministère de l'Intérieur. De plus, la France est le seul pays à effectuer des exercices conjoints de gestion de crise nucléaire ([Exercice de crise à Cattenom en juin 2013](#)) avec des pays tiers. Permettant ainsi d'obtenir une place privilégiée concernant la réponse à des crises nucléaires, comme l'intervention d'ingénieurs nucléaires français d'Orano et de l'IRSN lors de l'accident de Fukushima en mars 2011. Le système de sécurité civil français permet également à cette dernière d'avoir en permanence des unités spécialisées en NRBC (pompiers de Paris, unités de la Sécurité Civile, [Force d'Action Rapide du Nucléaire d'EDF](#)) pouvant être projetées en quelques heures dans des pays tiers. Cette puissance de projection permet aux forces françaises

d'intervenir sur des accidents nucléaires en terrains dégradés et d'être en cohérence avec la [convention d'entraide sur les accidents nucléaires de l'AIEA](#).

2.5 Le cycle de vie du nucléaire, un théâtre d'affrontements

La plupart du parc des réacteurs nucléaires encore en service en France date des années 1970, la question du combustible nucléaire et du démantèlement des centrales fait l'objet de travaux et discussions. L'augmentation du prix de l'uranium ainsi que de la gestion des déchets à amener le CEA à être chef de file dans les groupes de travaux relatifs à la gestion du cycle de vie des combustibles nucléaires. Cette question est devenue polémique notamment en raison des affrontements cognitifs entre les associations anti-nucléaires et, pro-nucléaires, mais aussi des inquiétudes des populations autour des sites d'expérimentations à cause des potentielles conséquences (exemple de la mine d'Asse en Allemagne). Les projets et [entreprises de recyclage](#) de déchets nucléaires sont portés par le CEA et EDF et font l'objet d'une coopération avec la Russie ([Uranium de retraitement à demi-vie](#)). Ces procédés de retraitement et de transmutation permettent à la filière française du nucléaire de réduire les coûts pour l'acquisition de combustibles mais également d'avoir à disposition un autre stock stratégique. Les accords de retraitement mis en place avec la Russie sont toutefois une vulnérabilité pour la puissance française, le combustible étant retraité sur le site de Seversk en Russie. Une autre usine sous contrôle allemand installée aux Pays-Bas est en capacité de retraiter du combustible. Concernant le stockage des déchets ultimes, la France a fait le choix contesté de se concentrer sur le stockage en profondeur avec le projet CIGEO piloté par l'ANDRA, cette orientation stratégique sur l'enfouissement des déchets reste unique en Europe. La France, si le projet parvient à son terme, posséderait une expertise conséquente sur la gestion des déchets ultimes.

2.6 La recherche, une capacité nuancée

La recherche française sur le nucléaire est structurée sur l'entière de la question nucléaire, allant de la production, à la sûreté, au maintien en condition opérationnelle et au cycle de vie des combustibles. Cette force permet à la France de diffuser et d'accueillir des [projets de recherche](#) provenant de pays tiers désireux de posséder ou possédant déjà un parc nucléaire. En outre, la France peut historiquement se targuer d'être à l'origine des premiers brevets sur les réacteurs et ceux de la bombe nucléaire, elle mène également plusieurs [programmes internationaux de recherche](#). Les capacités en termes de métallerie et chaudronnerie de nucléaire sont également des atouts pour la construction des cuves des réacteurs. Les différentes installations des laboratoires présents sur le territoire permettent également de mener des expériences en vue d'acquérir des données pour ensuite les analyser sur différents centres de calcul intensifs. Toutefois, la récente [grève au sein du CEA en décembre 2021](#) amène à établir un point de vigilance quant à la réelle capacité française en matière de recherche, principalement sur les carrières scientifiques et la fidélisation des ingénieurs. En outre, les difficultés politiques et financières, notamment pour le pilotage des travaux de recherche conséquent de la loi bataille de 1991 montrent que les projets de recherches restent assujettis aux actions des responsables politiques. De plus, la place des supercalculateurs français,

leur puissance de calcul et l'externalisation des calculs sur des plateformes tierces ([offre HPC Amazon](#)) amène à s'interroger sur la confidentialité des recherches.

2.7 Capacité

L'International Energy Agency a rapporté qu'en 2018, la France était le second pays après les États-Unis et avant la Chine à produire de l'énergie électrique d'origine nucléaire, pour une production annuelle de 412,9 TWh. Le nucléaire n'est pas une énergie anodine, elle nécessite un haut niveau de technologie ainsi qu'une capacité de financement adéquate. Cependant, la France peut aujourd'hui se féliciter d'avoir misé sur l'énergie nucléaire, non seulement pour sa neutralité carbone qui offre un avantage stratégique au pays sur la scène européenne, mais également pour sa capacité à offrir un réel confort aux usagers français, de fait moins en proie aux fluctuations des coûts énergétiques. En effet, étant une énergie bas-carbone, le nucléaire français offre la possibilité d'émissions de CO₂ par habitant et à l'année bien inférieures à ses voisins européens, pour une moyenne de 6,8tCO₂/habitant/an contre 8,2. L'Europe s'est très vite intéressée aux problématiques climatiques, comme le prouve son premier programme d'action en [1973 par le CECA](#). C'est avec le programme de réduction des émissions de gaz à effet de serre imposé par le protocole de Kyoto de 1997, que l'Europe prend le pas sur ses concurrents internationaux en matière de transition écologique. Cette prise d'initiative se retranscrit par une volonté de baisse de 8% de ses émissions entre 2008 et 2012 par rapport aux années 1990. Cependant, une bipolarité des politiques énergétiques se fait ressentir au sein de l'Union Européenne. De son côté, la France, isolée de ses voisins, a tenu le grand défi des réductions de CO₂, passant de [9,3tCO₂/habitant/an en 2000 à 6,8 en 2019](#). De l'autre côté, les puissances européennes qui s'opposent au nucléaire pour favoriser des énergies de transition, tel que le gaz, n'ont pas réussi à atteindre une baisse aussi significative. Par comparaison, l'Allemagne est passée de 12,9tCO₂/habitant/an en 2000 à 10,1 en 2019 et le Luxembourg de 24,4tCO₂/habitant/an en 2000 à 20,3 en 2019.

Afin de comprendre la réelle implication du nucléaire dans la stratégie énergétique française, il faut avant tout en comprendre les soubassements, notamment les sites de production, les techniques d'acheminement par extension du réseau d'infrastructures et les techniques de maintenance de ce réseau étendu. La France possède [56 réacteurs nucléaires étalés sur 19 sites de production](#) d'électricité nucléaire sur son territoire. Il est nécessaire de différencier une centrale nucléaire, terme désignant l'ensemble du site de production électrique et le réacteur, qui est une partie de ce site, où est produite l'énergie électrique par fission de noyaux atomiques. De fait, une centrale nucléaire est un parc d'activité de production qui peut se composer d'un ou plusieurs réacteurs. La majeure partie du parc nucléaire français, 32 réacteurs pour être précis, produit de l'énergie à la hauteur de 900 MW, ce qui équivaut pour ce niveau de puissance à la consommation de 400 000 foyers environ selon RTE. En 2019, cette production était assurée à [80% par 4 régions](#) que sont l'Auvergne-Rhône-Alpes (22,4%), le Grand-Est (21,8%), le Centre Val de Loire (19,2%) ainsi que la Normandie (17,6%). Ces quatre régions permettent à elles seules de faire en sorte que la production d'électricité en France

soit à 70,6% d'origine nucléaire pour 2019, ce qui conforte le territoire dans sa position de leader en énergie verte dans la région Européenne.

Le [réseau électrique](#) français se fonde sur [deux types de transports](#) que sont l'aérien et le souterrain. Sur l'année 2019, 32,8 millions de résidences ainsi que 5,1 millions d'industries, d'hôpitaux, d'entreprises et de commerces ont été fournis en énergie pour un total de 432 TWh. Le réseau de transport national permet d'approvisionner d'une part les grandes zones de consommation, mais également les pays voisins comme le Royaume-Uni, avec le câble sous-marin IFA 2000, pour un total de 46 lignes transfrontalières. Ensuite, le réseau de répartition permet de fournir de manière régionale et départementale les agglomérations, mais aussi les grosses entreprises très énergivores comme la SNCF ou la RATP, ainsi que les industries telles que la chimie, la sidérurgie ou la métallurgie. De fait, la France possède un réseau étendu de lignes très haute tension (THT) afin de limiter les pertes énergétiques sur les longues distances, mais également un réseau haute tension pour un total de 150 000 km. La [distribution](#) et la [maintenance](#) de ce réseau priment également sur la forte capacité de la France en matière d'énergie. Des entreprises comme Enedis ou RTE permettent de garantir, par leur savoir-faire, la sécurité de l'approvisionnement, la maîtrise des risques de coupures, mais également l'accompagnement à la transition énergétique tout en consolidant le marché européen de l'énergie. Ainsi, la France a su se démarquer les deux années précédentes en terme d'exportation, désignée en 2019 comme le premier exportateur d'énergie électrique au monde avec ses 17,3% et ensuite comme [leader européen](#) avec un solde de 43,2 TWh en 2020.

2.8 Conclusion

Le nucléaire est un sujet technique qui nécessite de forts investissements, une planification sur des décennies ainsi qu'une vision stratégique à long terme de la part des décideurs politiques. La décision de créer le CEA dès la fin de la seconde guerre mondiale, le choc pétrolier qui a engendré la construction de centrales via le plan Messmer sont des décisions fortes qui ont permis à la France de s'ancrer durablement dans le paysage international du nucléaire. A tel point que ce modèle a réussi à faire du pays une puissance sur le plan énergétique en Europe en devenant le premier exportateur d'énergie mais aussi de réduire sa dépendance vis-à-vis des pays possédant des ressources naturelles. Les capacités historiques de recherche et de sécurité nucléaire permettent à la France de rayonner et d'avoir des points d'entrée au sein des instances internationales pour peser sur des décisions lourdes en raison des nombreuses connaissances accumulées au fil des décennies. Toutefois, le nucléaire français fait l'objet de nombreuses attaques tant informationnelles qu'économiques. Ces attaques sont dues principalement à une gestion politique et non technique de ce domaine mais également par le délitement progressif des structures nucléaires françaises dû à l'inertie de la décision stratégique.

3 Les énergies renouvelables ou EnR, un élément encore trop léger

3.1 Introduction

La puissance française en matière d'énergie fait souvent référence à la production nucléaire octroyant au pays une certaine forme d'indépendance. La mondialisation a déclenché de [vastes recherches sur les énergies renouvelables](#) (EnR)⁽¹⁾ des années 70 aux années 2000.

À l'entrée du XXI^{ème} siècle, la France possède un avantage énergétique sur ses voisins européens notamment grâce à l'hydroélectricité que nous maîtrisons et exploitons grâce à un relief favorable et un savoir-faire ancestral.

En revanche, il n'y eut pas vraiment d'impulsion stratégique concernant les premières énergies renouvelables. Le lancement du Commissariat à l'Énergie Solaire en 1978 a surtout consisté à sensibiliser sur le thème des énergies renouvelables mais n'a pas du tout pris la dimension que le général de Gaulle, puis Georges Pompidou avaient donné au développement de l'énergie nucléaire. En août 2009, [la France et l'UE s'accordent sur un objectif](#)⁽²⁾ pour 2020 : les énergies renouvelables doivent concerner 23% de la consommation électrique européenne, soit 23% à échelle française. La France se trouve pour le moment en deçà de ces objectifs ; ces derniers sont [reportés à 30%](#)⁽³⁾ pour l'année 2030.

Toutefois, ces efforts ont des résultats limités, non pas à cause du manque d'investissements mais dû au manque de volonté de faire des énergies renouvelables un facteur de puissance.

3.2 Les énergies renouvelables, un atout dans la diversité des sources

3.2.1 Définitions générales

L'énergie produite à partir de sources renouvelables, également appelé [énergie renouvelable](#)⁽⁴⁾, est une *“énergie produite à partir de sources non fossiles renouvelables, à savoir l'énergie éolienne, l'énergie solaire thermique ou photovoltaïque, l'énergie géothermique, l'énergie ambiante, l'énergie marémotrice, houlomotrice et les autres énergies marines, l'énergie hydroélectrique, la biomasse, les gaz de décharge, les gaz des stations d'épuration d'eaux usées et le biogaz”*. Cette définition est donnée dans le Code de l'énergie, à l'Article L211-2, en vigueur depuis le 1er juillet 2021. Pour compléter, selon le géant de l'énergie français [EDF](#)⁽⁵⁾, *“une énergie est dite renouvelable lorsqu'elle provient de sources que la nature renouvelle en permanence, par opposition à une énergie non renouvelable dont les stocks s'épuisent.”* Ces énergies renouvelables sont à distinguer des énergies durables qui sont des énergies renouvelables et non polluantes.

3.2.2 Les différentes sources d'énergie renouvelables

Les énergies renouvelables, selon les procédés et technologies, produisent de la chaleur ou de l'électricité.

- L'hydroélectrique, ou énergie hydraulique, est la production d'électricité via la force des cours d'eau et, dans une autre mesure, via les courants marins, grâce aux barrages, aux STEP (stations de transfert de l'énergie par pompage), aux systèmes au fil de l'eau et les installations éclusées.
- L'hydrogène⁽⁶⁾ est un gaz, considéré comme un « vecteur énergétique » car il offre la possibilité, après avoir été produit, d'être stocké, transporté et utilisé. L'énergie contenue dans l'hydrogène peut être récupérée de deux manières : en le brûlant ou par une « pile à combustible ». 95% de l'hydrogène est à ce jour fabriqué à partir d'énergies fossiles. Les 5% restants concentrent les investissements pour un d'hydrogène décarboné c'est-à-dire produit par électrolyse de l'eau ; ce procédé a pour inconvénient de nécessiter beaucoup d'électricité et donc d'investissements.
- La biomasse⁽⁷⁾ est la fraction biodégradable des produits, des déchets et des résidus d'origine biologique, provenant de l'agriculture, de la sylviculture ou de l'industrie, par des procédés de combustion ou de méthanisation. La filière des bioénergies⁽⁸⁾ comprend la production de biogaz, de biocarburants, la valorisation de biocombustibles solides (bois énergie et autres solides) et des déchets (ménagers et papetiers).
- L'énergie éolienne⁽⁹⁾ convertit l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, grâce aux éoliennes (dynamos à grande échelle fonctionnant généralement avec 3 pâles à une hauteur allant de 15 à 200 mètres).
- L'énergie solaire est une énergie provenant du soleil, produite grâce au photovoltaïque (appelé également EPV), à partir de panneaux et de centrales solaires photovoltaïques, à la thermique, à la thermodynamique.
- La géothermie est l'énergie qui prend source dans la chaleur du sous-sol terrestre qui – à mesure que l'on se rapproche du noyau terrestre – augmente. Elle est donc issue de ce flux de chaleur naturel afin de le transformer en chaleur, principalement, à travers les pompes à chaleur, les installations hydro-thermiques ou les installations pétro-thermiques.

3.2.3 Des chiffres-clés, indicateurs d'une évolution de la transformation énergétique ?

Les énergies renouvelables représentent **24% des 1420 TWh d'énergie brute produite par la France en 2020⁽¹⁰⁾**, et **19% de la consommation finale brute d'énergie en France en 2020⁽¹¹⁾**.

Si l'on se réfère à la base de données d'Eurostat, la France peut paraître mauvaise élève sur sa **part d'énergies renouvelables dans la consommation finale⁽¹²⁾**, en comparaison à des pays comme l'Islande ou la Norvège. En revanche, il est à noter que ces pays n'ont guère la même démographie. La France connaît pourtant une part croissante puisque le ministère de la Transition écologique estime une **croissance de 84% entre 1990 et 2020 en France métropolitaine des EnR⁽¹³⁾** !

3.3 Les énergies renouvelables, un potentiel de la puissance énergétique française

On compte en France **une dizaine de filières d'énergies renouvelables⁽¹⁴⁾**. La puissance de la France sur le segment renouvelable du secteur énergétique se comprend par le contexte de développement de ces EnR et du choix stratégique des investissements dans certaines de ces filières sur le territoire français. Le choix politique actuel pousse par exemple vers l'éolien terrestre, l'hydrolien et les énergies marines. La production de certaines filières est non pilotable et intermittente car soumise à

des contraintes naturelles comme la pluviométrie, l'ensoleillement, le vent ou encore les variations du climat qui impacte la consommation d'énergie pour le chauffage. Ainsi la variation de la production est un inconvénient majeur de certaines filières.

Les investissements de l'État dans ces filières renouvelables **représentent**⁽¹⁵⁾ 5,7 milliards d'euros en 2019, montant auquel il faut ajouter le financement de la R&D dans ce domaine à hauteur de 123 millions d'euros.

3.3.1 L'hydroélectricité, un acteur qui s'affirme

L'hydroélectricité est un point fort de l'énergie en France puisque l'hydroélectricité est la seconde source de production électrique après le nucléaire et **la première source d'électricité renouvelable**⁽¹⁶⁾ en France ; elle compte en effet pour 50% de la part des EnR. Son rendement est pourtant soumis à la pluviométrie et au débit des cours d'eau.

Depuis son lancement au début du XXe siècle, avec la construction de vastes ouvrages et jusqu'à aujourd'hui cette filière fait l'objet d'un pilotage presque exclusif par la puissance publique. En 2015 puis 2019 les injonctions de la Commission européenne exigeaient que l'État **ouvre à la concurrence les concessions**⁽¹⁷⁾ des différents réseaux hydroélectriques français. Cependant l'Etat tient fermement à rester garant de la gestion du parc hydroélectrique national, de sa sécurité et de ses impacts sur la biodiversité. Il assure cette gestion au nom de l'intérêt public en lien avec des concessionnaires du réseau national comme EDF, qui produit 80% de l'hydroélectricité française, la Société hydroélectrique du midi (SHEM) et la Compagnie nationale du Rhône.

La France semble avoir maximisé son potentiel dans le domaine puisque l'ensemble des grands ouvrages comme les barrages et les retenues d'eau ont déjà été construits et sont exploités sur le territoire. Le bilan de la puissance française dans ce secteur est globalement positif grâce à la démonstration d'un savoir-faire dans la gestion du parc hydroélectrique, **le second plus grand en Europe**⁽¹⁸⁾ après la Norvège. En 2019 sa production hydroélectrique permet à la France d'être le troisième pays européen derrière la Norvège et la Suède. Grâce à l'énergie hydrique, la France possède **une position exportatrice**⁽¹⁹⁾ sur le marché continental.

Outre l'optimisation de l'existant (coût d'entretien et amélioration continue), l'amélioration d'un réseau au fil de l'eau constitué de petits ouvrages sur les cours fluviaux, mais à efficacité très limitée, permettrait éventuellement un gain marginal pour la puissance hydroélectrique française.

3.3.2 Éolien, photovoltaïque et géothermie

Les filières de l'éolien et du photovoltaïque, auxquels il faut ajouter la géothermie, constituent un autre groupe ayant parmi les EnR des incidences et traits communs en ce qui concerne la puissance énergétique française.

L'éolien et le solaire photovoltaïque arrivent largement après l'hydroélectrique et la biomasse dans la part de la production d'EnR en France. Largement promus comme outil principal de la transition

écologique, ils comportent cependant une multitude de limites. Elles sont d'abord liées à des contraintes naturelles car la dépendance au vent et au soleil induit nécessairement des périodes d'intermittence de production et de problème de stockage d'énergie.

Bien que d'une importance moindre dans le parc énergétique français et non porteur d'avantages concurrentiels certain, au regard par exemple de la dépendance aux minerais rares étrangers (chinois ou autres) dans le cas du photovoltaïque ces EnR font pourtant l'objet d'un soutien des politiques publiques. A titre d'exemple en 2019, **36,3% de la dépense publique de R&D**⁽²⁰⁾ dans les EnR (d'une enveloppe totale de 123 millions d'euros) était consacrée à l'énergie solaire soit le second poste de dépense, 43% étant alloué à la biomasse. Les géants de l'énergie comme Engie, EDF et Total Energies investissent dans l'éolien et le solaire.

L'énergie renouvelable issue de la géothermie ne participe pas de la puissance énergétique française. Le risque sismique est inhérent aux sites d'exploitation géothermique, situés géographiquement dans des zones de frottement de plaques terrestres. Ainsi le site de **GEOVEN de Reichstett-Vendenheim**⁽²¹⁾ en Alsace a fait l'objet d'une **guerre de l'information**⁽²²⁾ suite à un petit tremblement de terre en 2019 et a dû fermer. **L'usine de Bouillante en Guadeloupe**⁽²³⁾, dernier site de géothermie français a été vendu en 2016. En revanche, **la filière des pompes à chaleur**⁽²⁴⁾ est pertinente pour répondre à des besoins de chauffage urbains ou domestiques. Elle concentre **26,5% des dépenses d'investissements dans les EnR en 2018**⁽²⁵⁾, soit le second poste du budget total.

La pertinence de ces EnR s'exprime avant tout à l'échelle locale voire domestique pour des besoins de chauffage et d'électricité, en fonction du contexte géographique. Elles ne constituent pas à proprement parler un élément de puissance française et n'a pas forcément vocation à en constituer un.

3.3.3 La biomasse et hydrogène, des filières en plein développement

La biomasse produit de l'énergie pour différents usages comme la chaleur, l'électricité et la force motrice pour les déplacements c'est-à-dire des biocarburants pour le transport.

La biomasse-énergie est **la principale source d'énergie renouvelable en France**⁽²⁶⁾. Portée par la biomasse solide dont le bois, elle représente **plus de 55 % de la production d'énergie finale**⁽²⁷⁾ et contribue à réduire la dépendance de la France aux énergies fossiles. La facilité d'approvisionnement de la biomasse est due à la récupération locale de matières organiques. Sur le plan institutionnel, la **stratégie nationale de mobilisation de la biomasse**⁽²⁸⁾ a été mise en place par l'État français en déclinaison des programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE). Grâce aux **schémas régionaux biomasse**⁽²⁹⁾, l'État s'appuie sur les régions pour piloter les projets de valorisation de la biomasse, par exemple sur l'implantation d'unités locales de production d'énergie.

Les chiffres clés des énergies renouvelables 2021⁽³⁰⁾ du Ministère de la Transition écologique montrent que l'énergie dégagée par la biomasse solide, dont les déchets urbains, sert principalement pour les réseaux de chaleur. L'énergie biogaz issue de la biomasse permet une cogénération plus

importante c'est-à-dire que l'énergie produite pourra être affectée à l'électricité (34% de la production de 2020) et à la chaleur (42%). Enfin le biogaz peut aussi être épuré en biométhane pour être injecté dans le réseau de gaz naturel (24% de la production en 2020).

[La R&D dans la biomasse et les biocarburants](#)⁽³¹⁾ (le biodiesel représente 80% de la consommation finale de la filière) concentre l'essentiel des investissements publics dans les EnR devant le solaire. On note en parallèle que le biogaz et le biométhane font l'objet de nombreux investissements privés car il est une énergie renouvelable non intermittente et stockable.

Les acteurs privés français jouent un rôle central dans l'exploitation de la biomasse et du biogaz. Parmi les grands énergéticiens, on retrouve les producteurs et les exploitants de réseaux de chaleur et d'électricité comme, IDEX, [Dalkia \(Groupe EDF Energies Nouvelles\)](#)⁽³²⁾ ou [ENGIE BIOZ \(groupe Engie\)](#)⁽³³⁾ qui en 2018 avait annoncé un grand plan d'investissement. Ces groupes ouvrent des unités d'exploitation de biogaz ou « biométhane » en France. [Le rachat en 2021 de Fonroche Biogaz](#)⁽³⁴⁾ par le groupe Total montre aussi le caractère attractif du marché.

[Une étude d'intelligence économique sur ce marché](#)⁽³⁵⁾, sortie en mars 2021 quantifie et analyse cet engouement autour du marché français du biogaz. En plus des acteurs traditionnels cités ci-dessus, elle identifie deux spécialistes du biogaz français et bientôt européen : [Waga Energy](#)⁽³⁶⁾ et [Evergaz](#)⁽³⁷⁾ qui elles aussi mettent en fonction des unités de biogaz. Waga se base par exemple sur le recyclage et la valorisation des déchets organiques enfouis, en partenariat avec des sociétés comme Suez et Veolia qui gèrent ces sites de tri. Au total, les capacités de production du biométhane auraient [quasiment triplé en deux ans](#)⁽³⁸⁾ et « *le total des projets en attente avec contrat signé représentent désormais une production de 13 TWh, soit presque l'objectif bas de l'État français pour 2028. Mais reste à savoir comment elle se concrétisera et qui en profitera* ».

Ces filières offrent des opportunités de puissance non négligeables pour nos entreprises françaises du secteur. [En Europe](#)⁽³⁹⁾, l'Allemagne est la première productrice de biogaz devant le Royaume-Uni, l'Italie et la France. Sur le très long terme, l'Allemagne espère une indépendance vis-à-vis du gaz russe avec en toile de fond le projet de pipeline Nord Stream II. Plusieurs sociétés françaises ont bien saisi l'opportunité qui se présente à elles alors que la concurrence s'intensifie pour le leadership européen. En 2010 déjà, EnXco, la filiale américaine d'EDF EN réalisait [l'acquisition d'un spécialiste américain](#)⁽⁴⁰⁾ aux Etats-Unis, la société *Beacon Landfill Gas Holdings LLC*. De son côté, *Clean Energy*, [la filiale américaine de Total](#)⁽⁴¹⁾, contrôle en 2021 la moitié des stations de bioGNV et de bio-GNL (gaz naturel liquéfié) aux États-Unis.

Enfin, un fort enjeu de R&D se tisse autour de la filière renouvelable de l'hydrogène décarboné notamment comme énergie privilégiée du secteur des transports.

On trouve l'hydrogène en abondance presque partout, notamment dans la molécule d'eau mais presque jamais comme énergie primaire à l'exception notable de [gisements d'hydrogène naturels](#)⁽⁴²⁾ dit « hydrogène blanc ». Certains de ces gisements français sont localisés en Nouvelle-Calédonie et

sont à l'étude dans les Pyrénées⁽⁴³⁾ et le Graben du Rhin. A court terme ces gisements ne vont cependant pas faire l'objet d'une exploitation industrielle.

L'association France Hydrogène⁽⁴⁴⁾ fédère les acteurs de référence du secteur, presque 400 sociétés, dans l'objectif selon les propres mots de son rapport 2021 de créer un hydrogène décarboné "made in France"⁽⁴⁵⁾. Cette filière doit être au service de l'industrie et des transports. Les acteurs intéressés⁽⁴⁶⁾ par la filière hydrogène consentent déjà d'importants investissements et efforts de R&D. Air Liquide se distingue par son ancienneté puisqu'il est le leader français des gaz industriels et l'un des plus gros producteurs mondiaux d'hydrogène depuis 10 ans. Il produit principalement de l'hydrogène issu d'énergies fossiles mais se concentre de plus en plus sur le décarboné⁽⁴⁷⁾.

Enfin, les énergéticiens Engie et EDF et le pétrolier TOTAL⁽⁴⁸⁾ ont annoncé développer leur filière hydrogène. Les constructeurs et équipementiers dans le domaine des transports, comme Alstom, investissent dans l'hydrogène pour anticiper la demande croissante.

Du côté public, la stratégie vers un hydrogène propre de l'UE⁽⁴⁹⁾ est déclinée par le plan hydrogène France⁽⁵⁰⁾. Cependant la France accuse déjà un retard par rapport aux allemands et aux italiens mais aussi par rapport au Japon ou à la maturité stratégique sud-coréenne⁽⁵¹⁾. L'exemple le plus patent de ce retard concerne l'industrie automobile. Les constructeurs asiatiques ont sorti des modèles d'automobiles à hydrogène : Honda Clarity, Hyundai Nexa, Toyota Mirai. En Europe, l'industrie italienne et allemande font office de précurseurs à l'image des premiers modèles à hydrogène lancés par BMW.

3.4 Conclusion

La capacité des énergies renouvelables est très variable selon les filières étudiées. L'hydroélectrique permet par exemple à la France de s'affirmer comme une puissance énergétique européenne. De façon générale, les EnR sont un potentiel pour l'autonomie territoriale de la France, dans la production de chaleur, davantage que dans la production d'électricité.

Cependant, les EnR ne sont pas destinées à remplacer la part importante du nucléaire dans le modèle énergétique français. Les dispositions du territoire nous ouvrent de fortes capacités dans le secteur des énergies renouvelables. Des géants français de l'énergie comme Air Liquide, Total (à échelle internationale) ou encore Engie et EDF (à échelle européenne) consentent déjà des investissements majeurs dans les nouvelles énergies comme l'hydrogène et le biogaz. À l'image du biogaz et biométhane vis-à-vis du gaz et des carburants, ces filières servent de transition avec les énergies fossiles.

4 Les énergies fossiles, un dilemme cornélien

4.1 Introduction

Les énergies fossiles⁽¹⁾ sont les énergies les plus utilisées en France et dans le monde. Elles sont utiles au quotidien pour nous permettre notamment de nous chauffer, de nous éclairer et de nous déplacer. Elles sont très polluantes, mais cela n'empêche pas qu'elles soient utilisées à 86% en France et à 80% au niveau mondial. En effet, elles sont devenues indispensables, car ancrées dans nos

habitudes de consommation. De ce fait, elles représentent aujourd'hui un enjeu majeur pour la France. La question est de savoir si la stratégie utilisée en termes d'énergies fossiles affaiblit ou renforce la [puissance](#)⁽²⁾ globale française. Parmi les différentes énergies fossiles on retrouve le charbon, le gaz naturel et le pétrole, dont l'utilisation a évolué au cours des vingt dernières années.

4.2 Le charbon, grandeur et décadence

Le [charbon](#)⁽³⁾ est la plus polluante des énergies fossiles. Véritable ennemi de la transition écologique, il est de plus en plus [abandonné par les pays occidentaux](#)⁽⁴⁾. Celui-ci est produit à partir de matière organique et possède une haute teneur en carbone. Une fois brûlé, c'est ce même carbone qui permet de dégager l'énergie thermique détenue dans le charbon. Autrefois, le charbon était une ressource économique fiable et abondante. L'énergie alors dominante en Europe est aujourd'hui en déclin, notamment en France. De nos jours, différentes utilisations du charbon existent encore. Pour l'électricité, le charbon thermique est utilisé. Dans la métallurgie, il s'agit en revanche du charbon sidérurgique ou à coke. Le charbon peut également avoir une application industrielle et faire partie des éléments de fabrication de l'acier et du ciment.

4.2.1 Le symbole d'un déclin français

La Chine est le plus grand producteur de charbon et détient 47% de la production mondiale, l'Allemagne est l'État de l'Union Européenne qui en consomme le plus et l'Indonésie est le plus gros exportateur de charbon avec 32% du marché mondial exporté en 2019 ; mais qu'en est-il de la France ? À l'origine, le charbon a aussi une place prépondérante sur le territoire français. La participation de la France à la création de la [Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier](#)⁽⁵⁾ en 1952 en est la preuve. On assiste effectivement au pic de la production du charbon en France en 1960. Il en est de même avec le [Bassin Minier](#)⁽⁶⁾ situé dans les Hauts-de-France. Cette région est en effet le témoin d'une puissance passée : la révolution industrielle. Même si une faible activité minière survit dans cette zone, avec les quelques 390 000 emplois industriels qu'a créé le bassin en 2016, l'exploitation intensive du charbon relève désormais plus de l'Histoire de France que de la réalité. Le Bassin Minier a d'ailleurs intégré le patrimoine mondial de l'Unesco en 2012 en tant que "paysage culturel". Ce haut lieu de l'industrie française regroupe des trésors techniques et architecturaux, ainsi que le [Centre Historique Minier](#)⁽⁷⁾ inauguré en 1984. L'héritage minier y est mis en valeur dans des films, des musées et autres galeries d'art. Cependant, les sites qui faisaient autrefois la richesse de la région et qui voyaient défiler des tonnes de ce qu'on appelait déjà avant l'arrivée du pétrole « l'or noir », sont aujourd'hui à l'abandon ou complètement réhabilités. Les usines, carrières d'extractions et entrepôts sont devenus des lieux de culture, mais aussi et notamment des centres scientifiques. À Lewarde par exemple, le Centre de Culture Scientifique de l'énergie (CCSE) a élu domicile. Il travaille sur les énergies d'aujourd'hui et demain. Aussi, dans la même région, la base du 11-19 est devenue le Pôle de Référence du Développement Durable. Ces initiatives montrent clairement la stratégie française en termes d'énergies fossiles. La place des énergies renouvelables augmente, obligeant les énergies non-renouvelables à se réinventer ou à disparaître. L'état semble affirmer par ce biais sa volonté

d'aller vers une transition énergétique ou du moins vers un mix énergétique [Annexe 3], tout en essayant de camoufler les traces laissées par le passage du charbon en France pendant trois siècles.

4.2.2 *Le boulet noir hexagonal*

Le charbon en tant qu'élément de puissance n'est donc plus une priorité pour la France. Cependant, ce choix a un impact notoire sur le pays, notamment en termes de guerre économique. S'il ne s'agissait pas d'une ressource d'énergie en cours d'épuisement en France, il aurait été intéressant sur un plan économique de poursuivre la production. En effet, de nombreux états, notamment des pays émergents, sont très demandeurs de charbon [Annexe 4]. La réalité est cependant différente et seulement quatre centrales thermiques sont encore actives en France [Annexe 5]. Celles-ci assurent majoritairement l'import et l'utilisation du charbon et produisent à peine. Deux de ces centrales ne sont en outre pas françaises, mais allemandes (groupe UNIPER), ce qui remet en cause la souveraineté française à ce sujet. Le manque de ressources et de capacités à produire obligent la France à [importer le charbon](#)⁽⁸⁾ qu'elle utilise encore à 27%. Ce charbon est importé majoritairement de Russie, d'Australie, des Etats-Unis et de Colombie [Annexe 6], amenant avec lui des enjeux de sécurité énergétique préoccupants. Certains pays comme l'[Allemagne](#)⁽⁹⁾, les États-Unis ou le [Canada](#) ont un management de cette ressource totalement différent. Ils sont en tête, en Europe et dans le monde, des plus grandes réserves, de la plus grosse production et de l'exportation du charbon [Annexe 7]. De ce fait, ils concurrencent et remportent la bataille face à la France, sur le marché mondial du charbon. La Chine quant à elle impose son modèle de production et son savoir-faire dans les pays d'Asie, chose que la France n'a pas su faire. Le drapeau tricolore semble s'avouer vaincu sur ce terrain et quitte à être dépendant, affirme vouloir sortir totalement de l'ère du charbon. Emmanuel Macron s'est effectivement engagé à fermer toutes les centrales à charbon d'ici 2022 [Annexe 8]. La France fait par ailleurs partie du [Power Past Coal](#)⁽¹⁰⁾, qui est un groupe réunissant les pays qui souhaitent sortir de l'utilisation du charbon. De plus, le gouvernement français a pour objectif la [neutralité carbone d'ici 2050](#)⁽¹¹⁾. De ce fait, il y a un souhait de réduction de 75% de la consommation de charbon dans les secteurs industriels d'ici là. Enfin, les directives européennes poussent elles aussi à l'abandon des énergies fossiles et du charbon, afin de prioriser les énergies renouvelables. La taxe sur le CO2 en est un parfait exemple.

Malgré une France membre d'une Europe, initialement créée autour d'un marché commun du charbon, les changements sociétaux, géologiques et climatiques ont amené l'Union Européenne à lutter contre ce même marché jugé trop polluant, vétuste et non-renouvelable. En conséquence, le charbon n'est aujourd'hui plus un élément de puissance français et il est même sur le point d'être totalement abandonné. Il s'avère que cette source d'énergie affaiblit la France, qui se retrouve dépendante d'autres grandes puissances concurrentes. La question est de savoir si le charbon pourra être remplacé et par quoi.

4.3 Le gaz

4.3.1 Une ressource aujourd'hui indispensable

Avec une consommation française moyenne d'environ 500 TWh PCS depuis les années 2000, le gaz naturel est devenu un élément majeur du quotidien des Français. Que cela soit pour les milieux résidentiels (représentants 31% de la consommation totale), le domaine de l'industrie (28%), sans compter le domaine de la production d'électricité et de chaleur (19%) et enfin le tertiaire (avec 17%).

Dans les années 70, la France avait une production locale de gaz naturel valant environ 80 TWh PCS. En 2000 cette production fut en chute libre avec environ 60 TWh PCS de moins qu'en 1970. Et aujourd'hui qu'en est-il ? Tout simplement rien, ou presque ! La production de cette énergie fossile se résume désormais à environ 5 TWh PCS, ne couvrant ainsi que 1% de la consommation totale de gaz naturel en France.

Force est de constater que notre pays se retrouve sous dépendance étrangère sur cet aspect.

4.3.2 Une France dépendante

Avant 1980 le tiers des besoins français était couvert par notre production française de gaz naturel. Depuis, cette production n'a fait que décroître et nos importations ont augmenté en corrélation avec la consommation.

Parallèlement au pétrole, la France est depuis longtemps [dépendante d'autres nations sur le plan du gaz naturel](#). 99% du gaz naturel en France est importé depuis 2013, avec l'arrêt de la commercialisation du gaz de Lacq. Ce principalement de la Norvège (36%), de la Russie (17%), de l'Algérie (8%) ainsi que des Pays-Bas, du Nigeria (7%) et enfin du Qatar (2%). Cette volonté de diversification s'inscrit dans la tactique française de limiter le risque de rupture d'approvisionnement. À l'avenir la France devra être vigilante sur son portefeuille d'importations, car certains pays comme les Pays-Bas produisent en moins grande quantité depuis 2013, sans compter que la France n'est pas la seule à importer. L'Algérie a également atteint son pic de production en 2003 et nous ne savons si depuis, elle a connu une relance de sa production. Il faudra donc être vigilant sur ces pays dont la France dépend pour ces importations.

Une dépense qui coûte cher mais un prix en retrait depuis plusieurs années. Avec, en 2019 20,5 milliards d'euros en opposition avec 2013, pour la même quantité de gaz importé 24,9 milliards.

De plus, des coûts de production accrus sont à noter pour nos productions locales restantes, avec des coûts d'entretiens ainsi qu'un coût de distribution que l'Etat sous-traite avec ses entreprises privées détenant le monopole en France. Celles-ci ne détiennent pas que la distribution mais sont également chargées de la constitution de stocks prévisionnels, ayant utilité notamment en cas de crise majeure afin de permettre à la France de vivre sur celles-ci dans le cas où les fournisseurs étrangers ne pourraient satisfaire leurs obligations. Deux opérateurs français (ENGIE et TOTAL) gèrent un stock utile de 11,7 milliards de mètres cubes de gaz naturel en France. ENGIE, EDF ainsi que TOTAL ENERGIE sont les trois principaux acteurs détenant la souveraineté énergétique en France (distribution).

4.3.3 Et un risque d'asservissement...

À savoir que Monsieur Nicolas Hulot, ministre de la transition écologique, dans son plan climat prévoit une interdiction de production de gaz et de pétrole en France [d'ici 2040](#). Ce qui nous amène à penser que la dépendance étrangère en matière de gaz naturel sera désormais totale (il indique également vouloir une baisse des importations par la volonté de réduire nos dépenses en matière de gaz naturel).

Concrètement, la France doit rester vigilante sur ses importations de gaz naturel, notamment en diversifiant ses sources. De plus, celle-ci doit surveiller ses contrats long terme avec ses fournisseurs.

Vouloir supprimer totalement la production française réduit certes l'impact carbone mais tends d'autant plus vers la complexité des positions géopolitiques françaises. La clef de l'indépendance française réside peut-être dans la production de Biométhane.

4.4 Le pétrole

Élément central dans les affrontements économiques de la fin du XIX^{ème} siècle jusqu'au XXI^{ème} siècle, mais aussi devenu indispensable à la vie quotidienne, le pétrole est plus que jamais l'élément central de notre société. On a vu des émeutes parfois violentes dans certains pays suite à des hausses de prix, liées au pétrole. Le meilleur exemple restant les deux chocs pétroliers dans les 70. Pour résumer, le pétrole est devenu l'un des éléments cruciaux de la stabilité de nos sociétés.

4.4.1 Une utilisation omniprésente

Outre que le pétrole est utilisé dans toutes les industries mécanisées comme énergie de base et pour le transport, ses dérivés chimiques sont utilisés pour la fabrication de tous types de produits, qu'ils soient alimentaires, de protection de contenant (matière plastique), hygiéniques (shampooing), tissus, etc... Les produits pétroliers représentaient plus d'un tiers de la consommation finale (37,0 %) d'énergie (voir annexe 1, énergie fossile). Ce faisant, le pétrole est devenu indispensable et par conséquent très sensible stratégiquement. En 2019, la France importait **48,7 millions de tonnes de pétrole**. Ces importations venaient majoritairement de Russie et du Golfe. La dépendance est donc assez claire sur cette question. En France, les gisements de pétrole représentent 1% de la consommation. Donc si l'un de ces pays producteurs coupait ces robinets, la France dispose d'un stock d'urgence, que l'UE préconise à, environ, 90 jours d'importations.

4.4.2 Un réveil très tardif

Contrairement à certaines grandes puissances, que ce soit la Grande-Bretagne, les États-Unis et la Russie, la France, elle, s'est réveillée très tardivement sur la question du pétrole. Il a fallu attendre 1958 et l'arrivée du général De Gaulle pour que la question des énergies et plus précisément du pétrole soit prise au sérieux. Ce qui est assez peu étonnant sachant que la prise en main de la question de l'énergie est étroitement liée à la question de puissance, qui est culturellement assez tabou en France.

4.4.3 Et des jours comptés...

Cette dépendance, la France, doit vite s'en débarrasser, car récemment un cabinet de conseil norvégien [Rystad Energy](#), dans un rapport expliquait que sur l'ensemble des seize producteurs qui assurait en 2018, 95% des approvisionnements des vingt-sept pays membres de l'Union européenne, le déclin de leur production au-delà de 2030 « *devrait présenter un caractère irréversible* » jusqu'à l'horizon 2050[1]. Si l'on prend l'exemple de la Russie, la production risque de subir un gros ralentissement lors des prochaines décennies : 10,5 millions de barils/jour en 2019, 7,5 millions en 2030, 2,5 millions en 2050. Une baisse éloquent (voir annexe 2, énergie fossile).

5 Conclusion

La puissance globale dans le domaine de l'énergie est vitale, nécessitant une indépendance, en plus d'être stratégique à l'international. Il ne s'agit plus seulement de produire de la chaleur mais aussi de l'électricité en quantité croissante et exponentielle. La puissance globale de ce domaine est en réalité intrinsèquement soumise à la capacité de la France à protéger ses innovations et approvisionnements énergétiques et à les produire de manière autonome – du moins, autant que faire se peut.

La France se voit confronter à des défis énergétiques liés à l'environnement, et tente de compenser par la R&D dans les énergies renouvelables. Elle essaie ainsi de s'imposer politiquement, dans le cadre d'accords internationaux, tel que par l'objectif « [neutralité carbone 2050](#) ». Si les énergies fossiles sont polluantes et rendent dépendante la France, les énergies renouvelables sont un potentiel pour une autonomie territoriale de la France, dans la production de chaleur, mais guère dans la production d'électricité à grande échelle. Certaines EnR servent de transition vis-à-vis du gaz et des carburants, grâce au biogaz et au biométhane, mais ne sont pas encore représentatives.

Reste le nucléaire, qui demeure l'atout capital et incontestable de la puissance française en termes d'énergie pour satisfaire les besoins de la population française et même avoir un argument de poids envers les pays voisins puisque la France est le premier pays exportateur d'électricité en Europe. Le risque de déperdition des savoirs dans le domaine est cependant à déplorer.

6 Sources

6.1 L'énergie nucléaire, une histoire d'amour complexe

(1)INA. (2010, Octobre 20). *De Gaulle et le nucléaire civil, un enjeu politique*. Récupéré sur INA: <https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/de-gaulle-et-le-nucleaire-civil-un-enjeu-politique>

(2)Gros, G. L. (2021, Septembre 28). *La naissance du parc nucléaire français : le plan Messmer*. Récupéré sur RGN: <https://new.sfen.org/rgn/naissance-parc-nucleaire-francais-plan-messmer>

(3)EDF. (s.d.). *Les différents types de réacteurs nucléaires*. Récupéré sur EDF: <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/les-differents-types-de-reacteurs-nucleaires>

(4)INA. (2021, Février 26). *Le lancement du nucléaire civil en France en 1974* . Récupéré sur INA: <https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/le-lancement-du-nucleaire-civil-en-france-en-1974>

(5)Noël, R. (2018, Janvier 18). *Fessenheim : près de 50 années de divisions entre anti et pro-nucléaires*. Récupéré sur France Bleu: <https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/fessenheim-pres-de-50-annees-de-divisions-entre-anti-et-pro-nucleaires-1515778553>

(6)Visionscarto, W. N. (2021, Septembre 21). *nuclear-reactors-constructions-2021*. Récupéré sur visionscarto: <https://visionscarto.net/maps/tests-previews/nuclear-reactors-constructions-2021/#tab=iso>;

(7)Fischer-Herzog, C. (21, Mai 2021). *Le nucléaire dans la transition bas carbone de l'Europe, une entente difficile*. Récupéré sur Encyclopédie de l'énergie: <https://www.encyclopedie-energie.org/nucleaire-dans-transition-bas-carbone-europe-entente-difficile/>

(8)Deboutte, G. (2021, Février 16). *L'Energiewende, ou comment l'Allemagne compte sortir du nucléaire et du charbon*. Récupéré sur Usine nouvelle: <https://www.usinenouvelle.com/article/l-energiewende-ou-comment-l-allemande-compte-sortir-du-nucleaire-et-du-charbon.N1045394>

(9)Klein, E. (2020, Septembre 7). *L'ultracréditarisme, l'art de parler de ce qu'on ne connaît pas*. (Brut, Intervieweur)

(10)Harbulot, C. (2021). *Comment l'Allemagne tente durablement d'affaiblir la France sur la question de l'énergie?* Paris.

(11)Pierucci, F. (2019, Juillet 9). *Alstom : la France vendue à la découpe ?* (Thinkerview, Intervieweur)

<https://www.youtube.com/watch?v=dejeVuL9-7c>

- (12) Bernard Accoyer. (2021, Août 27). Récupéré sur Twitter:
<https://twitter.com/BernardAccoyer/status/1431211759403212804>
- (13) Framatome. (s.d.). *Taishan 1 & 2*. Récupéré sur Framatome:
<https://www.framatome.com/FR/businessnews-320/framatome-grands-projets--taishan-1-et-2.html>
- (14) Lemaître, F. (2021, Juillet 06). « Le rêve chinois d'EDF semble bel et bien terminé ». *Le Monde*.
https://www.lemonde.fr/idees/article/2021/07/06/le-reve-chinois-d-edf-semble-bel-et-bien-termine_6087130_3232.html
- (15) Raynal, J. (2021, Juin 16). Production nucléaire : et incognito, la Chine dépasse pour la première fois la France. *La Tribune*.
<https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/production-nucleaire-et-incognito-la-chine-depasse-pour-la-premiere-fois-la-france-886954.html>
- (16) Seibt, S. (2021, Septembre 10). Nucléaire : pourquoi la Chine veut se doter d'un réacteur au thorium. *France 24*.
<https://www.france24.com/fr/%C3%A9co-tech/20210910-nucl%C3%A9aire-pourquoi-la-chine-veut-se-doter-d-un-r%C3%A9acteur-au-thorium>
- (17) Mallapaty, S. (2021, Octobre 01). *La Chine va tester un réacteur nucléaire au thorium*. Récupéré sur Pour la science: <https://www.pourlascience.fr/sd/energie/la-chine-va-tester-un-reacteur-nucleaire-au-thorium-22488.php>
- (18) Lemaître, F. (2021, 06 Juillet). « Le rêve chinois d'EDF semble bel et bien terminé ». *Le Monde*.
https://www.lemonde.fr/idees/article/2021/07/06/le-reve-chinois-d-edf-semble-bel-et-bien-termine_6087130_3232.html
- (19) Vallejo, L. (2021, Mars 17). *14e Plan quinquennal de la Chine: un démarrage ambigu sur la route vers la neutralité carbone*. Récupéré sur Institut du développement durable et des relations internationales: <https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/billet-de-blog/14e-plan-quinquennal-de-la-chine-un-demarrage-ambigu-sur>
- (20) *Qu'est ce que la production en économie*. (2019, Septembre 26). Récupéré sur Cours de droit.net: <https://cours-de-droit.net/qu-est-ce-la-production-en-economie-a149253424/>
- (21) IRSN. (25/03/1957). *Traité EURATOM*. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur: https://non-prolifération.irsn.fr/Nucleaire/Legislation-reglementation/Documents/Traite_EURATOM_25_03_1957.pdf
- (22) IRSN. (Mars 2021). *Déroulement de l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi en mars 2011*. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur :

https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/deroulement-accident-fukushima-2011/Pages/1-deroulement-accident-centrale-fukushima-daiichi-2011.aspx?dId=ec69f4a3-5efc-4c1a-a5d5-27d95bc118b7&dwId=47d64bce-75be-4284-850a-5f762ae259a0

(23)ASN. (Mars 2021). ASN. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur : <https://www.asn.fr/>

(24)ASN. (06/12/2021). *LES ASSOCIATIONS EUROPÉENNES D'AUTORITÉS DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE RADIOPROTECTION*. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur : <https://www.asn.fr/tout-sur-l-asn/rerelations-internationales/les-rerelations-au-sein-de-l-europe#les-associations-europeennes-d-autorites-de-surete-nucleaire-et-de-radioprotection>

(25)US Nuclear Regulatory Commission. (2021). *International Organizations*. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur : <https://www.nrc.gov/about-nrc/ip/intl-organizations.html#INRA>

(26)AIEA. (2005). *Generic procedures for medical response during a nuclear or radiological emergency*. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur : https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/EPR-MEDICAL-2005_web.pdf

(27)IRSN. (31/07/2020). *EFFETS DE LA CANICULE SUR LA PRODUCTION ET LA SÛRETÉ DES CENTRALES NUCLÉAIRES*. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur : https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI-canicule-et-centrales-nucleaires_31072020.pdf

(28)AIEA. (1994). *INES*. [En Ligne] Consulté le 11/12/21 sur : https://www.iaea.org/sites/default/files/ines_fr.pdf

(29)AIEA. (06/21). *SMR Regulators' Forum Phase 2 Summary Report*. [En Ligne] Consulté le 10/12/21 sur : https://www.iaea.org/sites/default/files/21/06/smr_regulators_forum_phase_2_summary_report.pdf

(30)Nugenia. (2013). *Roadmap*. [En Ligne] Consulté le 11/12/21 sur : https://snetp.eu/wp-content/uploads/2020/06/NUGENIA_roadmap.pdf

(31)IRSN. (2021). *Le système de logiciels ASTEC*. [En Ligne] Consulté le 11/12/21 sur : https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_NI-canicule-et-centrales-nucleaires_31072020.pdf

(32)SGDSN. (02/2014). *PLAN NATIONAL DE RÉPONSE*. [En Ligne] Consulté le 11/12/21 sur : https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/risques/pdf/plannational_parties1et2_270114.pdf

(33)Gouvernement luxembourgeois. (18/06/2013). *Phase 3 de l'exercice transfrontalier de gestion de crise en cas de problèmes au CNPE de Cattenom*. [En Ligne] Consulté le 12/12/21 sur :

https://gouvernement.lu/dam-assets/fr/actualites/communiqués/2013/06-juin/18-exercice-cattenom/Communiqué_de_presse.pdf

(34)EDF. (18/06/2013). *PRÉSENTATION DE LA FORCE D'ACTION RAPIDE NUCLÉAIRE*. [En Ligne] Consulté le 12/12/21 sur : https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Nucleaire_et_societe/expertise-pluraliste/IRSN-ANCCLI/Documents/Sem13/4_presentation_FARN_P-Renoux_19juin2013.pdf

(35)AIEA. (18/11/1986). *CONVENTION SUR L'ASSISTANCE EN CAS D'ACCIDENT NUCLÉAIRE OU DE SITUATION D'URGENCE RADIOLOGIQUE*. [En Ligne] Consulté le 12/12/21 sur : https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/documents/infcircs/1986/infcirc336_fr.pdf

(36)EDF-Cyclife. (2021). *Notre organisation*. [En Ligne] Consulté le 13/12/21 sur : <https://www.cyclife-edf.com/cyclife/notre-organisation>

(37)CEA. (2021). *Généralités sur les procédés de traitement*. [En Ligne] Consulté le 13/12/21 sur : <https://www.cea.fr/Documents/monographies/Proc%C3%A9d%C3%A9-PUREX.pdf>

(38)ICSM. (2021). *Généralités sur les procédés de traitement*. [En Ligne] Consulté le 14/12/21 sur : https://www.icsm.fr/index.php?pagendx=app_61

(39)IRSN. (06/2017). *Le programme PRISME*. [En Ligne] Consulté le 14/12/21 sur : <https://www.irsn.fr/FR/Larecherche/Organisation/Programmes/Prisme/Pages/programme-Prisme.aspx>

(40)La Lettre A. (06/12/2021). *Une fronde sociale inédite gagne le CEA*. [En Ligne] Consulté le 15/12/21 sur : https://www.lalettrea.fr/entreprises_energie-et-environnement/2021/12/06/une-fronde-sociale-inedite-gagne-le-cea,109709255-art

(41)Amazon. (/2021). *Calcul haute performance*. [En Ligne] Consulté le 15/12/21 sur : <https://aws.amazon.com/fr/hpc/>

(42)ANDRA. (06/2017). *Les documents généraux de présentation du projet*. [En Ligne] Consulté le 15/12/21 sur : <https://www.andra.fr/cigeo/les-documents-de-referance>

(43)CEA. (2021). *De la recherche à l'industrie*. [En Ligne] Consulté le 15/12/21 sur : <https://www.cea.fr/Pages/surete-securite/Information-du-public.aspx>

6.2 Les énergies renouvelables ou EnR, un élément encore trop léger

Introduction

(1)Total Energies. (2015, Avril 20). *TotalEnergies Fondation*. Consulté le Décembre 2021, sur TotalEnergies: <https://www.planete-energies.com/fr/medias/sagas-des-energies/l-histoire-de-l-energie-en-france>

(2) Agence de la transition écologique. (2019, Janvier 10). *ademe*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Ademe: <https://www.ademe.fr/expertises/energies-renouvelables-enr-production-reseaux-stockage/elements-contexte/politiques-vigueur>

(3) Vie publique. (2021, Août 20). *vie-publique*. Consulté le Décembre 2021, sur vie publique: <https://www.vie-publique.fr/en-bref/281197-energies-renouvelables-2020-191-de-la-consommation-finale-denergie>

Les énergies renouvelables ou EnR, un atout dans la diversité des sources

(4) Légifrance. (2021, Mars 3). *Légifrance*. Récupéré sur site web Légifrance : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043213358/

(5) EDF. (2021). *EDF*. Récupéré sur Site Web EDF: <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/le-developpement-durable/qu-est-ce-qu-une-energie-renouvelable>

(6) Ministère de la transition écologique. (2021, Février 23). *Ministère de la transition écologique*. Récupéré sur Ministère de la transition écologique: <https://www.ecologie.gouv.fr/lhydrogene-et-avantages>

(7) Légifrance. (2021, Mars 3). *Légifrance.gouv*. Récupéré sur site web Légifrance : https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043213358/

(8) RTE. (2021, Novembre 15). *RTE*. Récupéré sur Site RTE : <https://www.rte-france.com/eco2mix/la-production-delectricite-par-filiere>

(9) Ministère de la transition écologique. (2021, Février 5). *Ministère de la transition écologique*. Récupéré sur site web Ministère de la transition écologique : <https://www.ecologie.gouv.fr/eolien-terrestre>

(10) Ministère de la transition écologique. (2021, Septembre 16). *Ministère de la transition écologique*. Récupéré sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-de-lenergie-edition-2021?rubrique=18>

(11) Ministère de la transition écologique . (2021, Juillet 23). *Ministère de la transition écologique*. Récupéré sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-des-energies-renouvelables-edition-2021?rubrique=18>

(12) eurostat. (2021, Juillet 20). *eurostat*. Récupéré sur site web eurostat: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_31/default/bar?lang=fr

(13)Ministère de la transition écologique . (2021, Juillet 23). *Ministère de la transition écologique*. Récupéré sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-des-energies-renouvelables-edition-2021?rubrique=18>

Les EnR, un potentiel nouveau de la puissance énergétique française

(14)Ministère de la transition écologique . (2021, Juillet 23). *Ministère de la transition écologique*. Récupéré sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-des-energies-renouvelables-edition-2021?rubrique=18>

(15)Ministère de la transition écologique . (2021, Juillet 23). *Ministère de la transition écologique*. Récupéré sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/chiffres-cles-des-energies-renouvelables-edition-2021?rubrique=18>

(16)Ministère de la transition écologique. (2021, Janvier 29). *Ministère de la transition écologique*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.ecologie.gouv.fr/hydroelectricite>

(17)Dorothee, L. (2019, Mars 8). *Actu Environnement*. Consulté le 13 Décembre 2021, sur Site web Actu Environnement : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/Concessions-hydroelectriques-France-mise-demeure-UE-33040.php4>

(18)Ministère de la transition écologique. (2021, Janvier 29). *Ministère de la transition écologique*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.ecologie.gouv.fr/hydroelectricite>

(19)RTE. (2021, Mars 3). *rte-france*. Consulté le 14 Décembre 2021, sur Site web RTE : <https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-francais-2020>

(20)Ministère de la transition écologique. (2021). *Datalab : Chiffres clés des énergies renouvelables édition 2021*. Ministère de la transition écologique, Service des données et études statistiques (SDÉS). Nanterre. p.26.

[chiffres-cles-des-energies-renouvelables-2021.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

(21)Michel, L. (2021, Avril 15). *ege*. Consulté le 12 Décembre 2021, sur Site web EGE : <https://www.ege.fr/infoguerre/la-guerre-informationnelle-apres-les-tremblements-de-terre-en-alsace>

(22)Bapt, V. (2020, Décembre 4). Chronique d'une aventure industrielle mise en suspens. *Dernières Nouvelles d'Alsace*, 1-5.

[Vendenheim-Reichstett | Géothermie profonde. Chronique d'une aventure industrielle mise en suspens \(dna.fr\)](#)

(23)EDF. (2018, Mars 7). EDF. Consulté le 13 Décembre 2021, sur Site web EDF : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/la-geothermie-en-chiffres>

(24)Jancovici, J.-M. (2019, Mai 16). Audition Assemblée Nationale : Impact des EnR. *Impact des énergies renouvelables : Auditions diverses*. Paris, 75, Île-de-France : Assemblée Nationale.

[Jancovici : Audition Assemblée Nationale : Impact des EnR - 16 Mai 2019 - YouTube](#)

(25)Ministère de la transition écologique. (2021). *Datalab : Chiffres clés des énergies renouvelables*. Ministère de la transition écologique, SEDS. Nanterre : SDES.p.24.

[chiffres-cles-des-energies-renouvelables-2021.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

(26)Ministère de la transition écologique. (2021). *Datalab : Chiffres clés des énergies renouvelables*. Ministère de la transition écologique, SEDS. Nanterre : SDES.p.24.

[chiffres-cles-des-energies-renouvelables-2021.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

(27)Ministère de la transition écologique. (2021). *Datalab : Chiffres clés des énergies renouvelables*. Ministère de la transition écologique, SEDS. Nanterre : SDES.p.16.

[chiffres-cles-des-energies-renouvelables-2021.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

(28)Ministère de la transition écologique. (2016, Août 19). *Ministère de la transition écologique*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Ministère de la transition écologique : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Stratégie%20Nationale%20de%20Mobilisation%20de%20la%20Biomasse.pdf>

(29)Ministère de la transition écologique. (2016, Juin 12). *Ministère de la transition écologique*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Ministère de la transition écologique : http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DECRET_noxxx_du_xx_xxx_2016__SNMB_et_SRB.pdf

(30)Ministère de la transition écologique. (2021). *Datalab : Chiffres clés des énergies renouvelables*. Ministère de la transition écologique, SEDS. Nanterre : SDES.p.49.

[chiffres-cles-des-energies-renouvelables-2021.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

(31)Ministère de la transition écologique. (2021). *Datalab : Chiffres clés des énergies renouvelables*. Ministère de la transition écologique, SEDS. Nanterre : SDES.p.26.

[chiffres-cles-des-energies-renouvelables-2021.pdf \(ecologie.gouv.fr\)](#)

(32)Dalkia Biogaz. (2018, Mars 24). *Dalkia Biogaz*. Consulté le 13 Décembre 2021, sur Site web Dalkia Biogaz : <https://www.dalkiabiogaz.com/implantations>

(33)Engie. (2021, Septembre). *Engie biogaz-biométhane*. Consulté le 14 Décembre 2021, sur Site web Engie bioz-biomethane : <https://bioz-biomethane.com/nos-centrales/>

(34)Expertise énergie. (2021, Mai 19). *Expertise énergie*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Expertie énergie : <https://www.expertise-energie.fr/total-a-rachete-le-plus-grand-producteur-de-biogaz-en-france/>

(35)xerfi. (2021, Mai 5). *xerdi*. Consulté le 14 Décembre 2021, sur Site web xerfi : https://www.xerfi.com/presentationetude/Biogaz-intensification-de-la-concurrence-sur-un-marche-en-plein-essor_21SCO38

(36)Waga-energy. (2020, Septembre 2). *waga-energy*. Consulté le 13 Décembre 2021, sur Site web waga energy : <https://waga-energy.com/projets/>

(37)Evergaz. (2021, Septembre 3). *evergaz*. Consulté le 15 Décembre 2021, sur site web evergaz : <https://evergaz.com/nos-sites/>

(38)xerfi. (2021, Mai 5). *xerfi*. Consulté le 13 Décembre 2021, sur site web xerfi : https://www.xerfi.com/presentationetude/Biogaz-intensification-de-la-concurrence-sur-un-marche-en-plein-essor_21SCO38

(39)Evergaz. (2020, Décembre). *Evergaz*. Consulté le 14 Décembre 2021, sur Site web Evergaz : <https://evergaz.com/le-biogaz-le-marche/>

(40)Lutzky, A. (2010, Juin 23). *EDF EN rachète un américain spécialiste du biogaz*. Consulté le Décembre 2021, sur usine nouvelle : <https://www.usinenouvelle.com/article/edf-en-rachete-un-americain-specialiste-du-biogaz.N134337>

(41)Guichard, G. (2021, Janvier 12). *Le Figaro*. Consulté le 15 Décembre 2021, sur Site web Le Figaro : <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/total-rachete-le-plus-gros-producteur-francais-de-biogaz-20210111>

(42)Connaissances des énergies. (2015, Avril 9). *Connaissances des énergies*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Connaissances des énergies : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/hydrogene-energie>

(43)Fenech, Q. (2021, Juin 29). *industrie-techno*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web industrie-techno : <https://www.industrie-techno.com/article/de-nouveaux-resultats-scientifiques-confirment-la-presence-d-hydrogene-naturel-dans-les-pyrenees.65909>

(44) France hydrogène. (2021, Décembre 2021). *France hydrogène*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web France hydrogène : <https://www.france-hydrogene.org/les-membres/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1>

(45) France-hydrogène. (2021, Décembre 1). *L'hydrogène en France en 2021*. Consulté le Décembre 2021, sur france-hydrogène, p.8 : https://s3.production.france-hydrogene.org/uploads/sites/4/2021/12/France-Hydrogene_H2-en-2021_BD_planche.pdf

(46) Observ'H2. (2010, Novembre 1). *Observ'H2*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Observ'H2 : https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/009/43009399.pdf

(47) Air Liquide. (2018, Octobre 8). *Air Liquide*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Air Liquide : <https://energies.airliquide.com/fr/cap-lhydrogene>

<https://energies.airliquide.com/fr/file/6466/download?token=eGkLmU8H>

(48) Les Echos. (2020, Juillet 9). *Les Echos*. Consulté le 15 Décembre 2021, sur Site web Les Echos : <https://www.lesechos.fr/industrie-services/automobile/hydrogene-les-industriels-francais-dans-les-starting-blocks-1222429>

(49) Commission Européenne. (2020, Juillet 8). *Commission Européenne*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Commission Européenne : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=EN>

(50) Ministère de l'écologie. (2020, Septembre 8). *Ministère de l'écologie*. Consulté le Décembre 2021, sur Site web Ministère de l'écologie : <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP%20-%20Stratégie%20nationale%20pour%20le%20développement%20de%20l%27hydrogène%20décarboné%20en%20France.pdf>

(51) Kan, S. (2018, Mars 25). *Ifri*. Consulté le 14 Décembre 2021, sur Site web Ifri : https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/sichao_kan_hydrogen_korea_2020_1.pdf

6.3 Les énergies fossiles, un dilemme cornélien

(1) *Énergies fossiles : Définition, utilisation, impact et épuisement*. (2020, février 20). Selectra. Consulté 12 décembre 2021, à l'adresse : <https://selectra.info/energie/guides/comprendre/energies-fossiles>

(2) *Portail-ie.fr. Puissance*. (s. d.). Consulté 15 décembre 2021, à l'adresse : <http://portail-ie.fr/resource/glossary/41/puissance>

(3) Canada, R. naturelles. (2017, octobre 6). *Faits-charbon*. Ressources naturelles Canada. Consulté 12 décembre 2021, à l'adresse : <https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/faits-mineraux-metiaux/faits-charbon/20082>

(4) *Consommation de charbon : Les bons et mauvais élèves dans le monde*. (2018, décembre 3). France Culture. Consulté 12 décembre 2021, à l'adresse : <https://www.franceculture.fr/ecologie-et-environnement/consommation-de-charbon-les-bons-et-mauvais-eleves-dans-le-monde>

(5) *Définition—Communauté européenne du charbon et de l'acier / CECA / CECA | Insee*. (s. d.). Consulté 14 décembre 2021, à l'adresse : <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c2081>

(6) *Un paysage culturel – Bassin minier Nord-Pas de Calais – Patrimoine mondial*. (s. d.). Consulté 14 décembre 2021, à l'adresse : <https://bassinminier-patrimoinemondial.org/connaitre/un-paysage-culturel/>

(7) *Reconversion des grands sites – Bassin minier Nord-Pas de Calais – Patrimoine mondial*. (s. d.). Consulté 12 décembre 2021, à l'adresse : <https://bassinminier-patrimoinemondial.org/les-cinq-grands-sites-miniers/>

(8) *D'où vient le charbon importé en France ?* (2014, août 5). Consulté 12 décembre 2021, à l'adresse : <https://www.connaissancedesenergies.org/d-ou-vient-le-charbon-importe-en-france-140804>

(9) *Guerre de l'information autour du volet énergétique du Green New Deal Européen : Taxonomie et énergie nucléaire*. (s. d.). École de Guerre Economique. Consulté 16 décembre 2021, à l'adresse : <https://www.egc.fr/infoguerre/guerre-de-linformation-autour-du-volet-energetique-du-green-new-deal-europeen-taxonomie-et-energie-nucleaire>

(10) *PPCA Members | Powering Past Coal Alliance*. (s. d.). Powering Past Coal Alliance (PPCA). Consulté 12 décembre 2021, à l'adresse : <https://www.poweringpastcoal.org/members>

(11) *ADEME - Transition(s) 2050*. (s. d.). Consulté 14 décembre 2021, à l'adresse : <https://transitions2050.ademe.fr/>

(12) « *Une pénurie de pétrole en Europe après 2030 pourrait être une aubaine pour le climat* », Slate, 15 juin 2021.

<http://www.slate.fr/story/210800/petrole-penurie-fournisseurs-europe-apres-2030-aubaine-acceler-er-transition-energetique-changement-climatique>

(13) Nouschi, A. (2001). *La France et le pétrole de 1924 à nos jours*. Éditions Picard.

(14) Murat, D. (1969). *L'intervention de l'État dans le secteur pétrolier en France*. Éditions Technip.

(15) Ministère de la transition écologique . (2021, Juillet 23). *Ministère de la transition écologique* . Récupéré sur Site web Ministère de la transition écologique : [Gaz naturel | Chiffres clés de l'énergie - Édition 2021 \(developpement-durable.gouv.fr\)](https://developpement-durable.gouv.fr)

(16) Selectra source d'information: La France et le marché du gaz naturel : [Le marché du gaz naturel en France et dans le monde \(selectra.info\)](https://selectra.info)

7 Annexes

7.1 L'énergie nucléaire, une histoire d'amour complexe

ANNEXE 1 : LE PARC NUCLEAIRE EUROPEEN

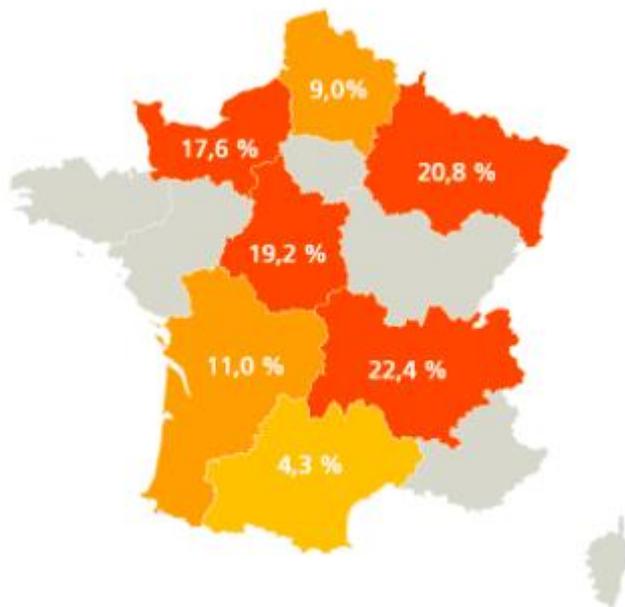
Tableau 1. Parc nucléaire de l'Europe (UE et autres) en 2019. [Source : © AIEA, Rapport annuel 2019, p. 133.]

Pays	Nombre de réacteurs	Puissance installée (MW)	% de la production électricité nationale
France	56	61 400	70,6
Royaume-Uni	15	8 923	15,6
Espagne	7	7 121	21,4
Belgique	7	5 930	47,6
Allemagne	6	8 113	-
Suède	6	6 869	34,0
République Tchèque	6	3 932	35,2
Suisse	4	2 960	36,1
Finlande	4	2 794	34,7
Hongrie	4	1 902	49,2
Slovaquie	4	1 814	53,9
Bulgarie	2	2 006	37,5
Roumanie	2	1 300	18,5
Slovénie	1	688	37,0
Pays-Bas	1	482	3,1

Source : [HTTPS://WWW.ENCYCLOPEDIE-ENERGIE.ORG/NUCLEAIRE-DANS-TRANSITION-BAS-CARBONE-EUROPE-ENTENTE-DIFFICILE/](https://www.encyclopedie-energie.org/nucleaire-dans-transition-bas-carbone-europe-entente-difficile/)

ANNEXE 2 : PRODUCTION PAR REGION DU NUCLEAIRE EN 2019

Source : <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/le-nucleaire-en-chiffres>

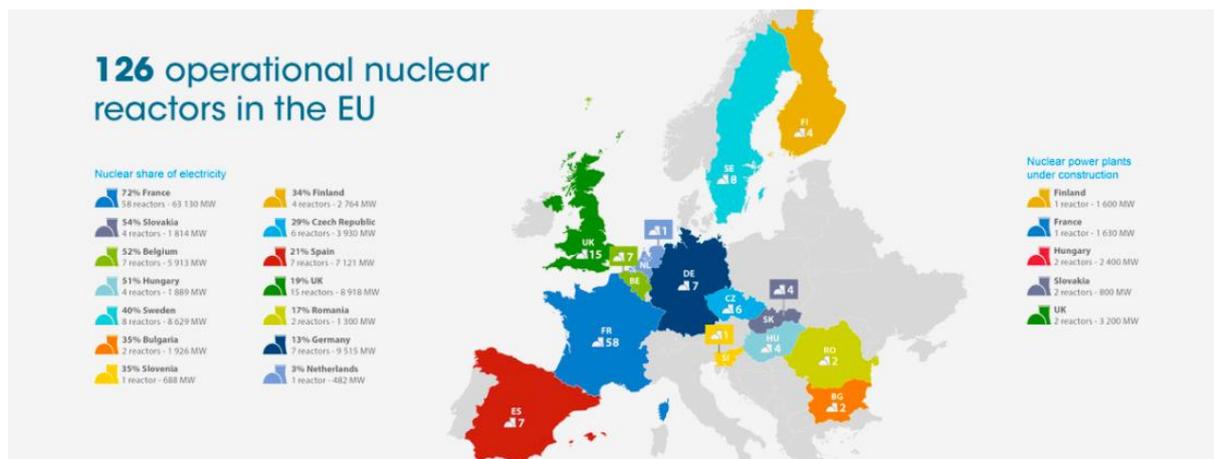


Nucléaire : production par région en 2019

Source RTE - Bilan électrique 2019

© EDF

ANNEXE 3 : LES REACTEURS NUCLEAIRES DE L'UNION EUROPEENNE



La part de l'énergie nucléaire dans le mix électrique des différents pays (Source : FORATOM)

Source : Bilan annuel Foratom 2019

ANNEXE 4 : LES EMPLOIS LIES AU NUCLEAIRE EN EUROPE

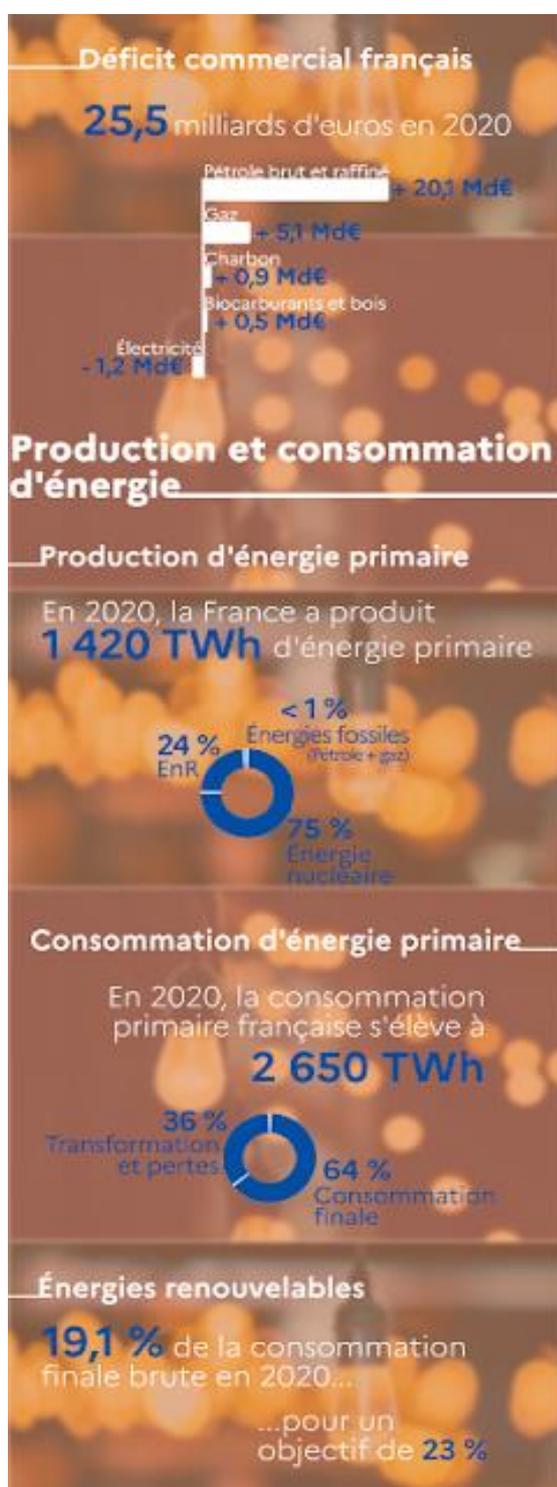


Les emplois directs, indirects et dérivés dans l'industrie nucléaire européenne (Source : FORATOM)

Source : Bilan annuel Foratom 2019

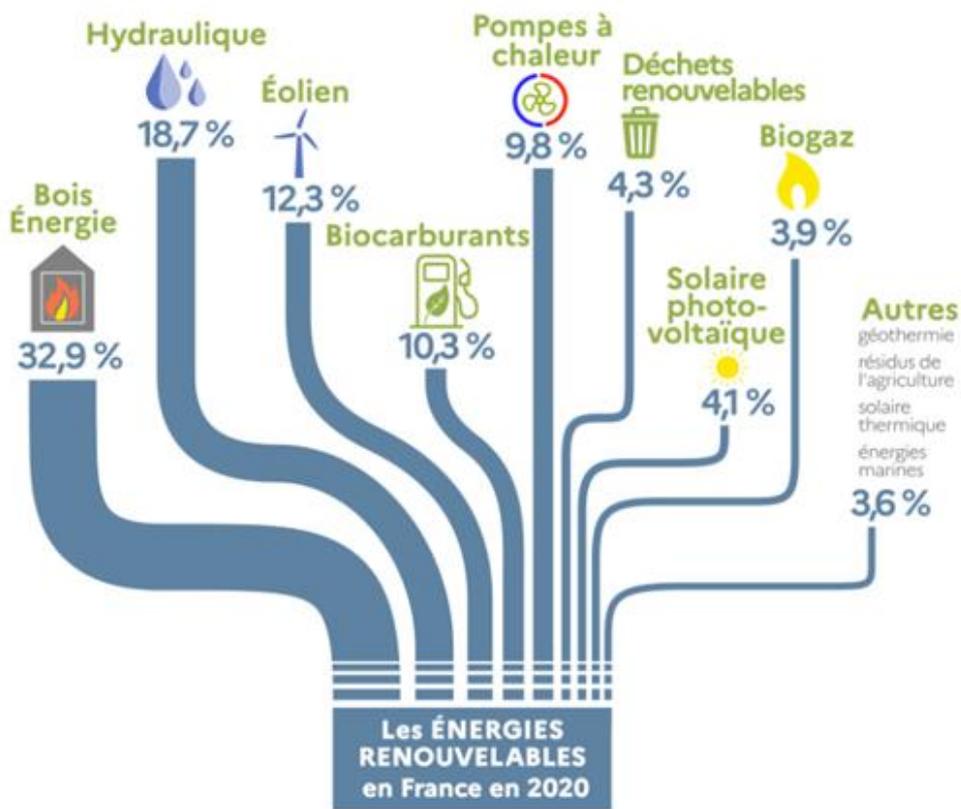
7.2 Les énergies renouvelables ou EnR, un élément encore trop léger

ANNEXE 1 : CHIFFRES CLES DE L'ÉNERGIE - ÉDITION 2021



Source : CHIFFRES CLES DE L'ÉNERGIE - ÉDITION 2021 | DONNÉES ET ÉTUDES STATISTIQUES (DEVELOPPEMENT-DURABLE.GOUV.FR)

ANNEXE 2 : LES ENERGIES RENOUVELABLES EN FRANCE EN 2020



* EnR : énergies renouvelables.

extrait de : Chiffres clés des énergies renouvelables — Édition 2021

Chiffres Clés des énergies renouvelables - Édition 2021 - © CGDD / SDES

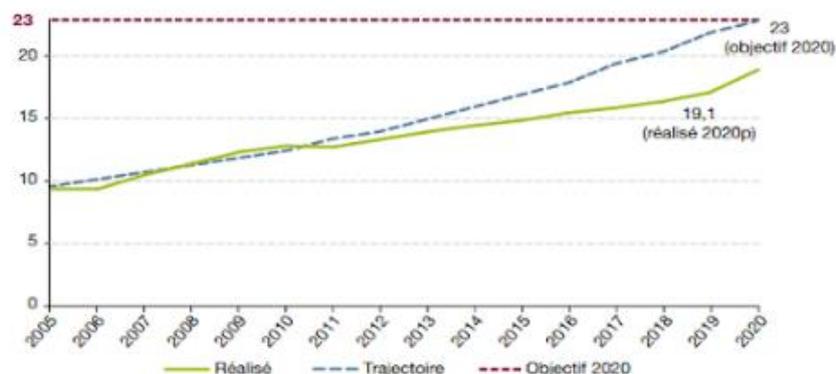
● MTE/Service des données et études statistiques, 2021 - Bertrand Gallot

Source : Chiffres clés des énergies renouvelables - Édition 2021 | Données et études statistiques (developpement-durable.gouv.fr).

ANNEXE 3 : LA PART DES ENR DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ÉNERGIE EN FONCTION DES OBJECTIFS DE L'UE.

PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ÉNERGIE

En %



p : données provisoires susceptibles d'être révisées.

Note : la trajectoire est issue du plan national d'action en faveur des énergies renouvelables (PNA), prévu par la directive 2009/28/CE et remis à la Commission européenne à l'été 2010.

Source : calculs SDES

ANNEXE 3 BIS : LES OBJECTIFS EUROPEENS DE LA PRODUCTION PLURIANNUELLE DE L'ÉNERGIE (PPE) DE PRODUCTION D'ELECTRICITE ET DE CHALEUR RENOUVELABLE

OBJECTIFS, EN MATIÈRE D'ÉLECTRICITÉ ET DE CHALEUR RENOUVELABLES, DANS LE CADRE DE LA PPE (2018-2028)

	Unité	Réalisé			Objectifs	
		2018	2019	2020	2023	2028
La chaleur et le froid renouvelables et de récupération						
Biomasse	TWh	112	113	106	145	157 à 169
Pompes à chaleur y compris PAC géothermiques	TWh	28	32	33	39,6	44 à 52
Géothermie profonde	TWh	2	2	2	2,9	4 à 5,2
Solaire thermique	TWh	1,19	1,20	1,21	1,75	1,85 à 2,5
Quantité de chaleur renouvelable et de récupération livrée par les réseaux de chaleur	TWh	13,9	14,6	nd	24	31 à 36
Le gaz renouvelable						
Biogaz injecté dans les réseaux	TWh	0,7	1,2	2,2	6	14 à 22
L'électricité renouvelable						
Hydroélectricité (yc Step* et énergie marémotrice)	GW	25,5	25,6	nd	25,7	26,4 à 26,7
Éolien terrestre	GW	15,2	16,6	17,5	24,1	33,2 à 34,7
Photovoltaïque	GW	8,4	9,3	10,2	20,1	35,1 à 44,0
Électricité à partir de méthanisation	MW	178	214	235	270	340 à 410
Éolien en mer	GW	0	0	0	2,4	5,2 à 6,2

nd : données non disponibles.

* Step : stations de transfert d'énergie par pompage.

Champ : France métropolitaine continentale (champ défini par la PPE).

Source : calculs SDES

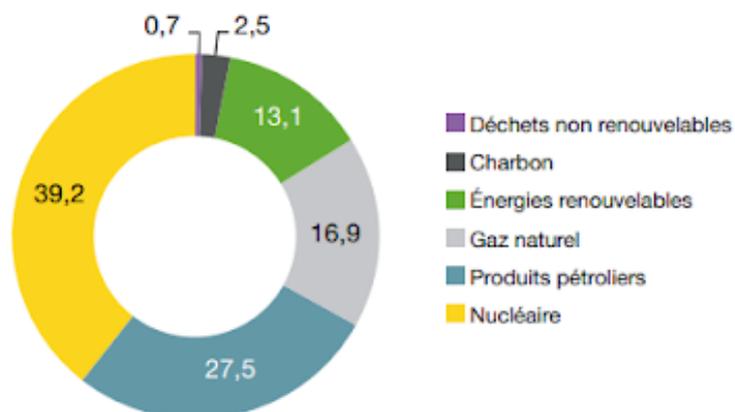
Source : chiffres-clés-des-énergies-renouvelables-2021.pdf (ecologie.gouv.fr), p.15 et 21.

ANNEXE 4 : CONSOMMATION D'ÉNERGIES PRIMAIRES EN FRANCE EN 2020

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE PAR TYPE D'ÉNERGIE EN 2020

TOTAL : 2 651 TWh, dont 348 TWh pour les énergies renouvelables

En % (données corrigées des variations climatiques)



Source : calculs SDES

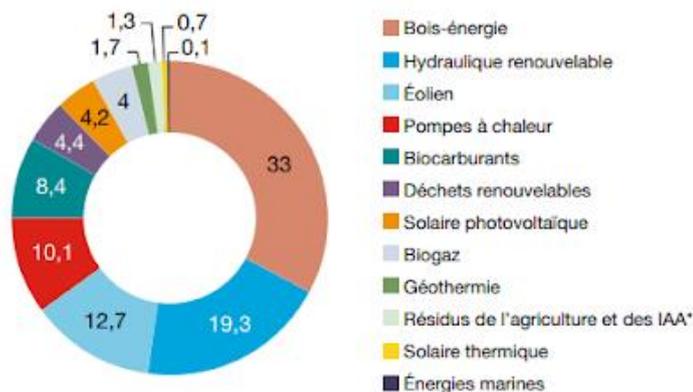
Source : chiffres-clés-des-énergies-renouvelables-2021.pdf (ecologie.gouv.fr), p.6.

ANNEXE 4 : PRODUCTION PRIMAIRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES EN 2020 ET SON ÉVOLUTION ENTRE 1990 ET 2020.

PRODUCTION PRIMAIRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES PAR FILIÈRE EN 2020

TOTAL : 322 TWh

En %

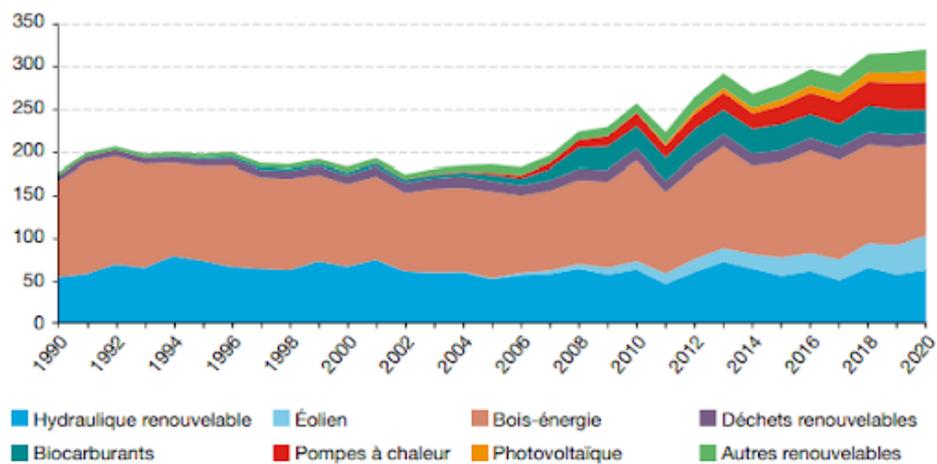


* IAA : industries agroalimentaires.

Source : calculs SDES

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES PAR FILIÈRE

En TWh

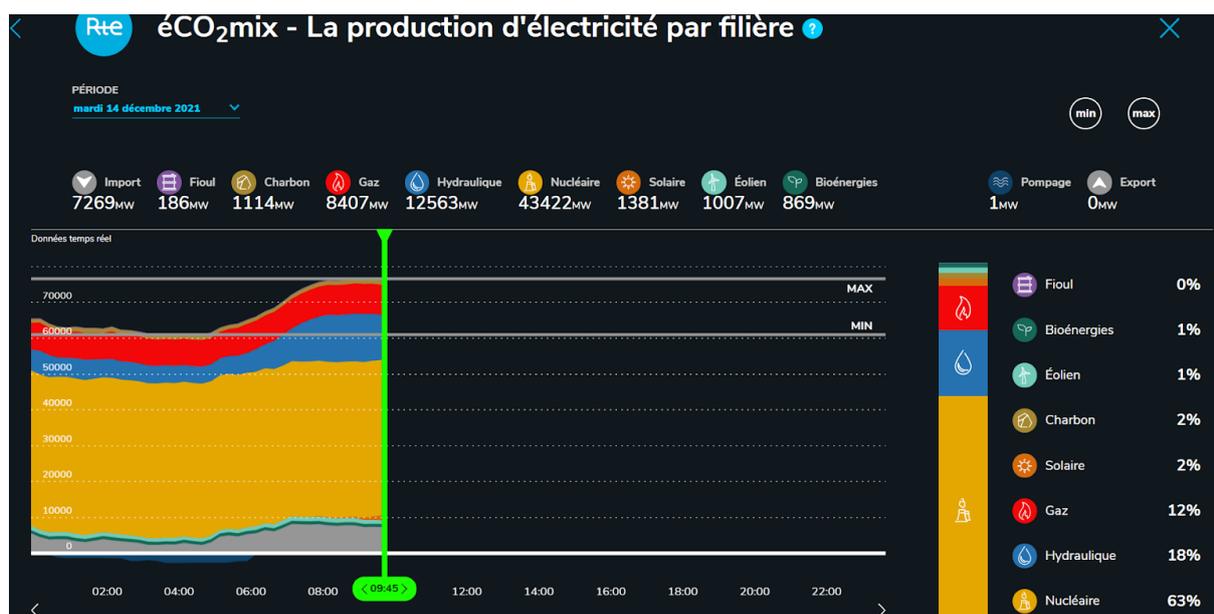


Champ : jusqu'à l'année 2010 incluse, le périmètre géographique est la France métropolitaine. À partir de 2011, il inclut en outre les cinq DROM.

Source : calculs SDES

Source : chiffres-clés-des-énergies-renouvelables-2021.pdf (ecologie.gouv.fr), p.7-8.

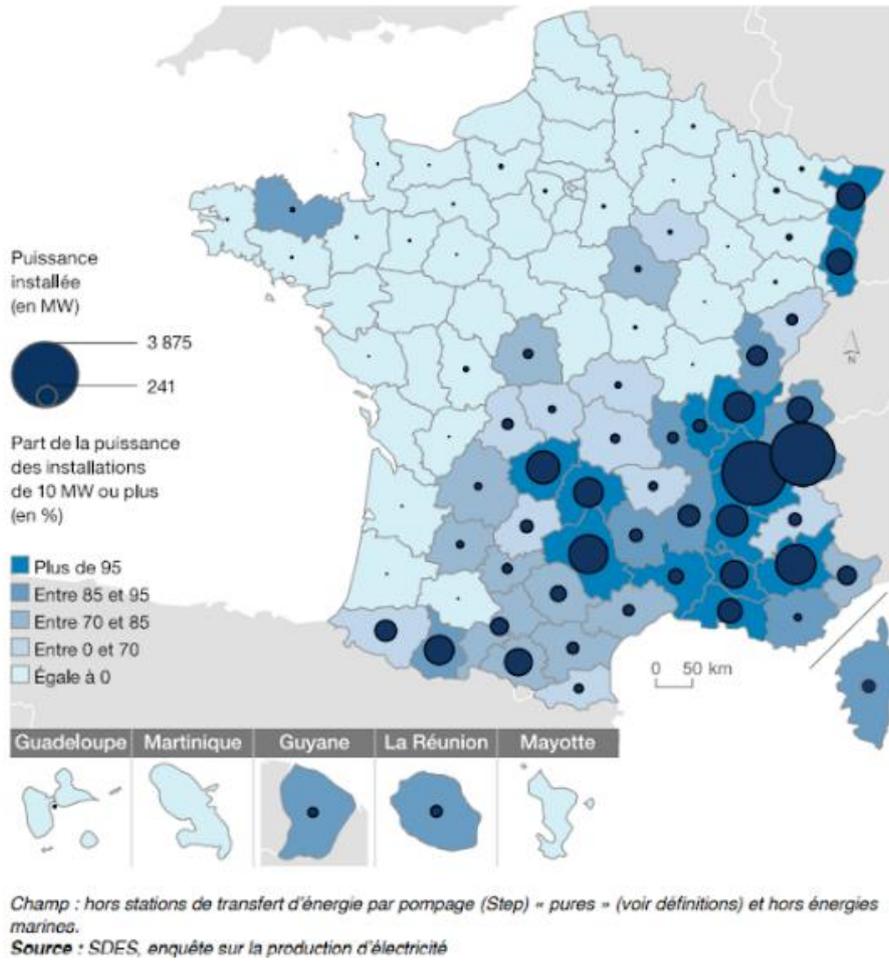
ANNEXE 5 : LA PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR FILIERE D'ENR



Source : Eco2mix – Production d'électricité par filière en France | RTE (rte-france.com).

ANNEXE 6 : CARTE DE LA PUISSANCE DES INSTALLATIONS HYDRAULIQUE PAR DEPARTEMENT FIN 2019

PUISSANCE DES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES PAR DÉPARTEMENT FIN 2019



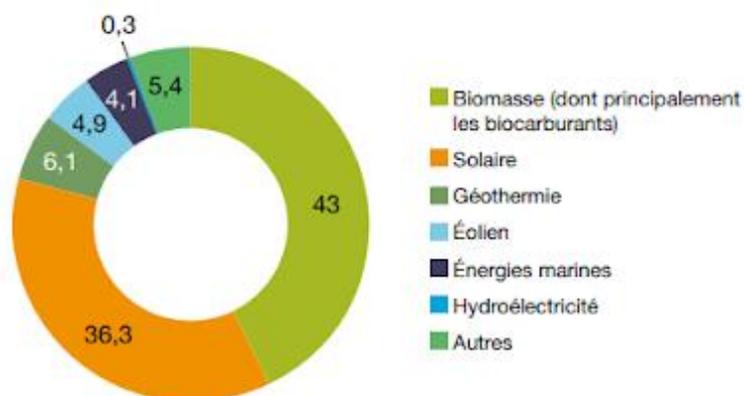
Source : chiffres-clés-des-énergies-renouvelables-2021.pdf (ecologie.gouv.fr), p.36.

ANNEXE 7 : LES DEPENSES PUBLIQUES DE R&D DANS LES ENERGIES RENOUVELABLES EN 2019

DÉPENSES PUBLIQUES DE R&D DANS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN 2019

TOTAL : 123 M€

En %



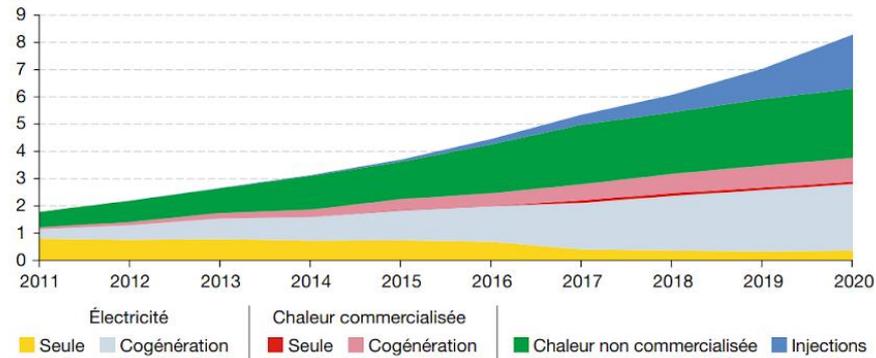
Source : SDES, Les dépenses publiques de R&D en énergie en 2019

Source : chiffres-clés-des-énergies-renouvelables-2021.pdf (ecologie.gouv.fr), p.26.

ANNEXE 8 : ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE À PARTIR DU BIOGAZ ENTRE 2011 ET 2020

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIE À PARTIR DE BIOGAZ

En TWh

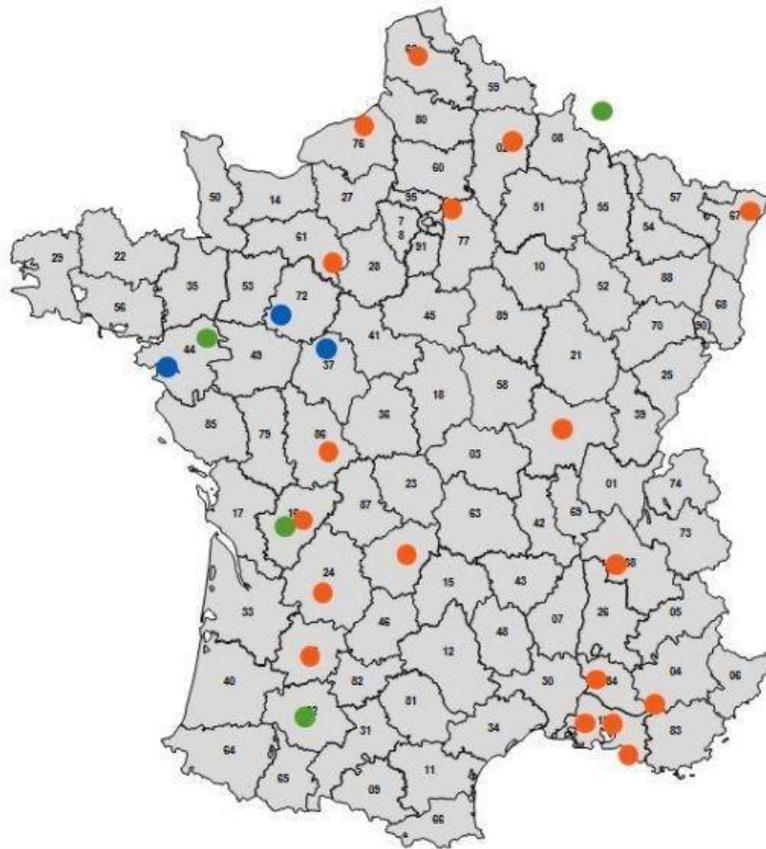


Note : l'énergie est comptabilisée ici sous sa forme finale lorsqu'il s'agit d'électricité ou, lorsqu'elle est vendue, de chaleur, mais sous sa forme primaire avant conversion (énergie contenue dans le biogaz) lorsque l'énergie finale produite correspond à de la chaleur non commercialisée ou à des injections dans le réseau de gaz.

Sources : SDES, enquête sur la production d'électricité ; Ademe, Itom ; GRTgaz

Source : chiffres-clés-des-énergies-renouvelables-2021.pdf (ecologie.gouv.fr), p.57.

ANNEXE 9 : LES 25 SITES EN EXPLOITATION DE DALKIA BIOGAZ (FILIALE D'EDF) POUR LA VALORISATION DU BIOGAZ



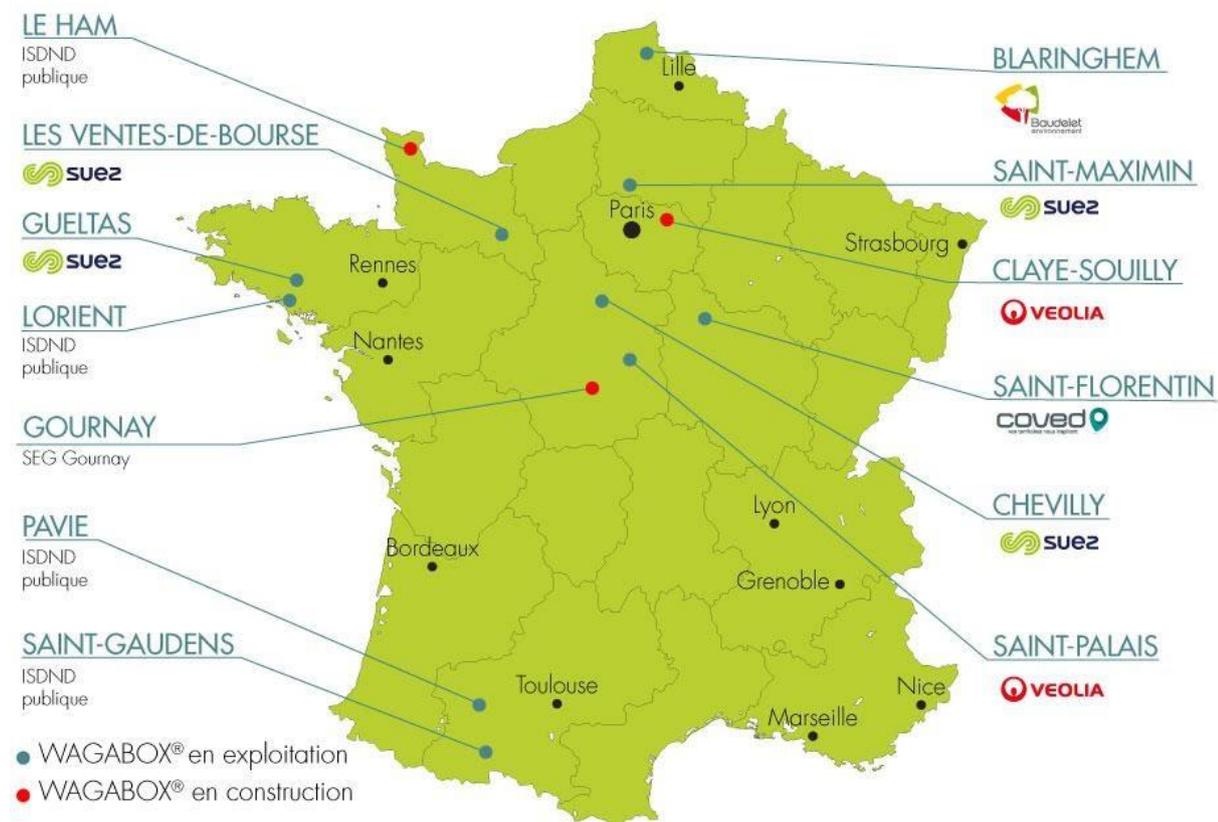
25 sites en opération pour 27 Mwé

- METHA
- ISDND
- STEP

1. ISDND Claye-Souilly/Bouqueval (77): 17 MW
2. ISDND Gizay (86): 800kW + ORC 125 kW
3. ISDND Gardanne (13): 835 kW
4. ISDND Chagny (71): 1,2 MW
5. ISDND Nicole (47): 465 kW
6. ISDND Fresnoy (76): 1 375 kW
7. STEP Sablé/Sarthe (72): 265 kW
8. ISDND Calitom (16): 800 kW
9. ISDND Orange (84): 1 MW + ORC 125 kW
10. METHA Cognac (16): 800 kW
11. ISDND La Ciotat (13): 1,17 MW
12. ISDND Lely environnement (38): 1,8 MW
13. ISDND Valensole (04): 600 kW
14. ISDND IkosBimont (62): 1 MW
15. STEP Stereau (44): 95 kW
16. ISDND SNN (61): 400 kW
17. ISDND SMD3 (24): 800 kW + ORC 125 kW
18. METHA Valdis (44): 2,1 MW
19. METHA BGA (32) : 1 065 kW
20. METHA Libramont (Belgique): 3 192 kW
21. ISDND Perbousie (19) : 635 kW
22. ISDND CUMPM (13) : 5,2 MW
23. ISDND Edival (02): 845 kW
24. ISDND Wintzenbach (67): 600 kW
25. STEP Tours (37): 100 Nm3/h

Source : Implantations | DALKIA BIOGAZ.

ANNEXE 10 : LA SYNERGIE VALORISATION DES DECHETS EN ENR : L'EXEMPLE DE LA SOCIETE FRANCAISE WAGA ENERGY QUI EXPLOITE DES UNITES DE BIOMETHANE A PROXIMITE DE SITES D'ENFOUISSEMENT



Source : Projets - Waga Energy (waga-energy.com).

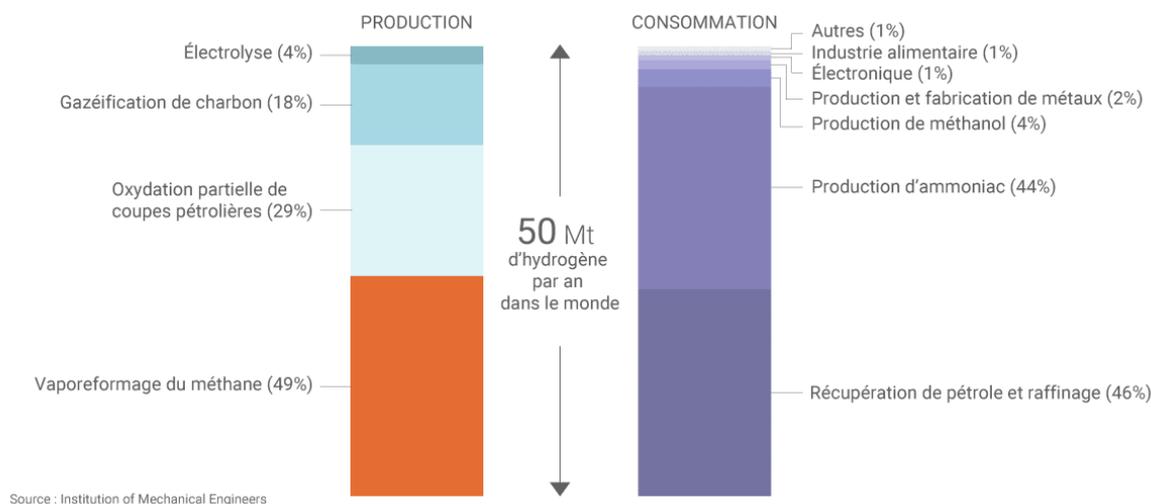
ANNEXE 10 : PART DE L'HYDROGENE DANS LA CONSOMMATION MONDIALE D'ENERGIE EN 2018 ET PERSPECTIVES DE L'HYDROGENE



Source : [Tout savoir sur l'hydrogène | IFPEN \(ifpenergiesnouvelles.fr\)](http://tout-savoir-sur-lhydrogene.fr)

ANNEXE 11 : 95% DE LA PRODUCTION MONDIALE D'HYDROGENE EST ENCORE ISSUS DE L'ENERGIE FOSSILE

Hydrogène Production et consommation dans le monde



Source : Institution of Mechanical Engineers. ©Connaissance des Énergies, [Hydrogène énergie : définition, production, application, enjeux, sécurité \(connaissancedesenergies.org\)](http://connaissancedesenergies.org). 2015.

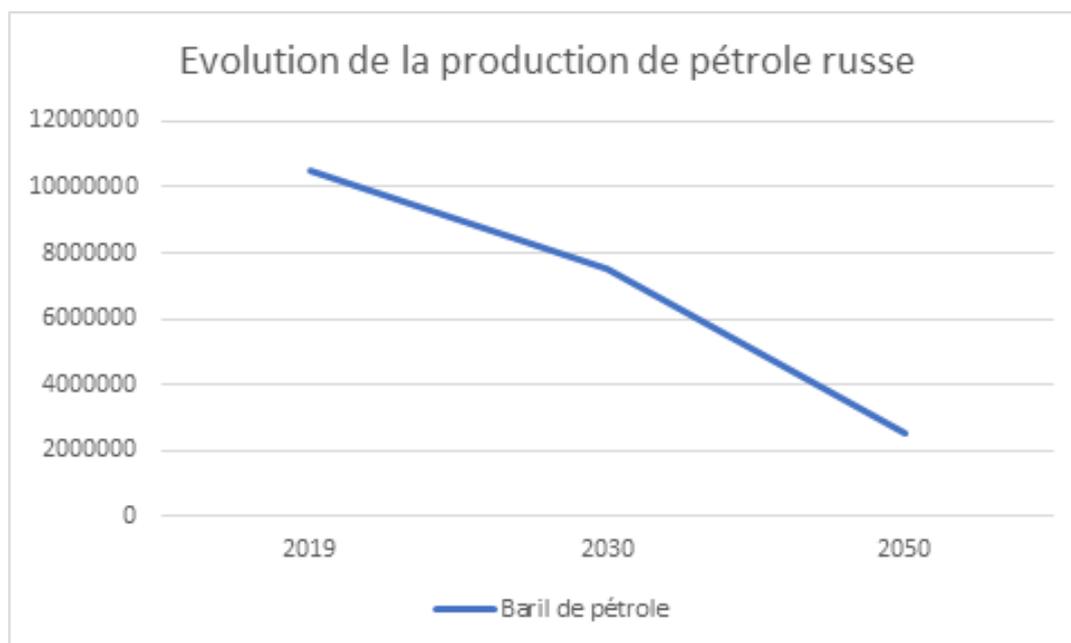
7.3 Les énergies du fossile, un dilemme cornélien

ANNEXE 1 : UTILISATION DU PÉTROLE

Bien produit	Quantité de pétrole utilisé ou équivalent
Nourriture consommée par une personne en une année	1 500 litres
Voiture	6 700 litres
Micro-ordinateur	10 fois son poids
Micro-processeur	1,5 kg

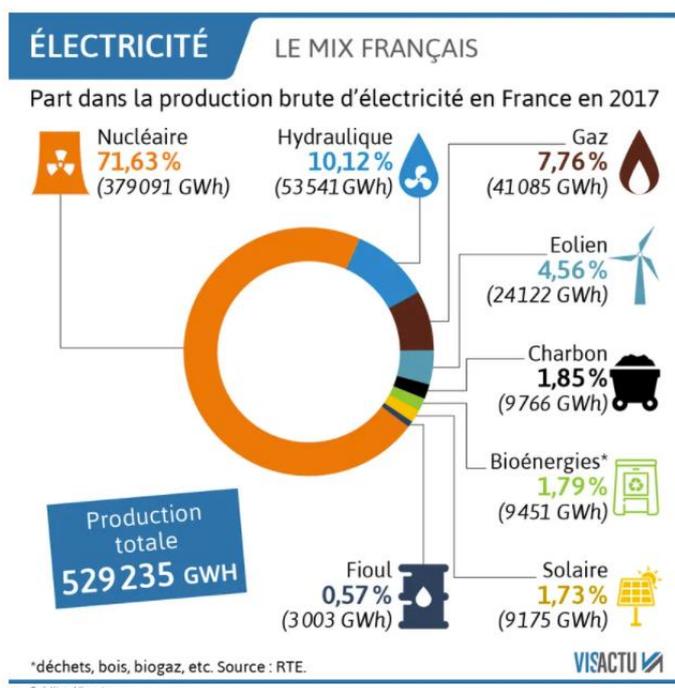
Source : Jean-Stanislas Bareth

ANNEXE 2 : UN DECLIN DU PETROLE



Source : Jean-Stanislas Bareth

ANNEXE 3 : UN MIX ENERGETIQUE



Source : <https://www.franceculture.fr/ecologie-et-environnement/consommation-de-charbon-les-bons-et-mauvais-eleves-dans-le-monde>

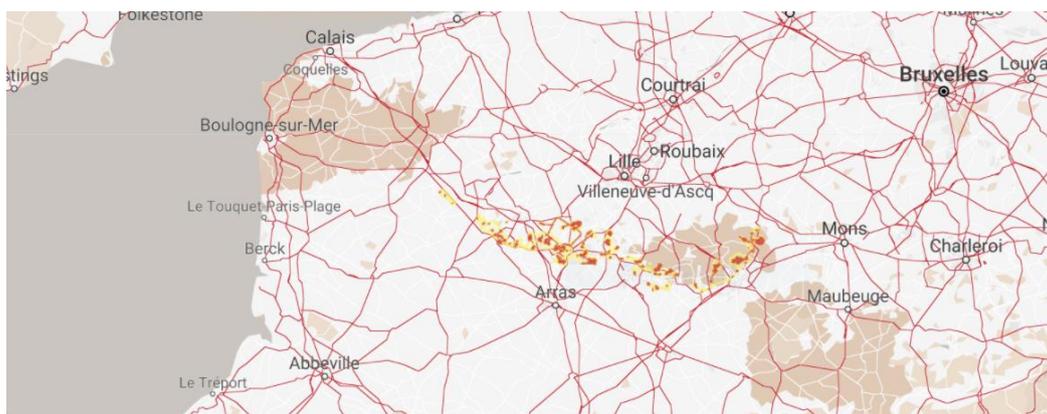
ANNEXE 4 : LES PAYS IMPORTATEURS DE CHARBON

Importations mondiales, 2019 (dpr)

Classement	Pays/région	Millions de tonnes	Pourcentage du total
1	Chine	298	21 %
2	Inde	247	17 %
3	Japon	185	13 %
4	Corée du Sud	130	9 %
5	Taiwan	67	5 %
-	Autres pays	495	35 %
-	Total	1 424	100 %

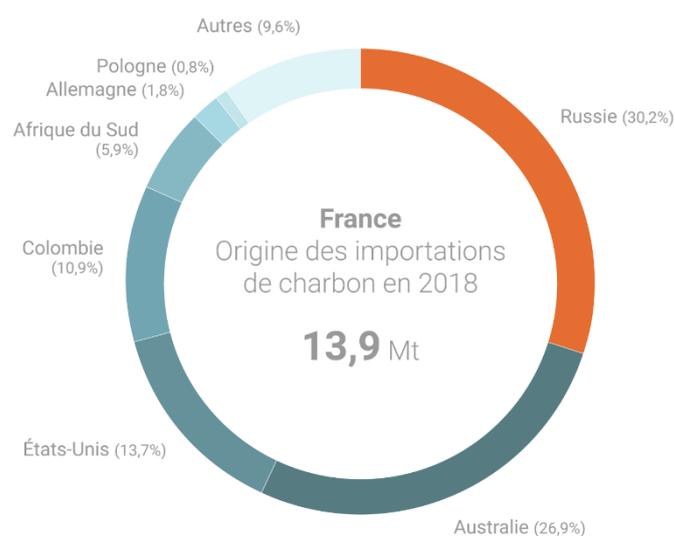
Source : Gouvernement du Canada <https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/faits-mineraux-metaux/faits-charbon/20082>

ANNEXE 5 : CARTE DU BASSIN MINIER DU NORD PAS DE CALAIS



Source : Bassin Minier du Nord Pas de Calais <https://bassinminier-patrimoine mondial.org/cartographie-interactive/>

ANNEXE 6 : ORIGINE D'IMPORTATION DU CHARBON EN FRANCE



Source : Service des données et études statistiques, Ministère de la Transition écologique.

Source : Service des données et études statistiques, Ministère de la Transition écologique

ANNEXE 7 : PAYS PRODUCTEURS, EXPORTATEURS ET RESERVES DE CHARBON

Production mondiale de charbon, de 2019 (dpr)

Classement	Pays/région	Millions de tonnes	Pourcentage du total
1	Chine	3 693	47 %
2	Inde	769	10 %
3	États-Unis	640	8 %
4	Indonésie	616	8 %
5	Australie	503	6 %
13	Canada	57	1 %
-	Autres pays	1 643	21 %
-	Total	7 921	100 %

Exportations mondiales, 2019 (dpr)

Classement	Pays/région	Millions de tonnes	Pourcentage du total
1	Indonésie	455	32 %
2	Australie	393	27 %
3	Russie	217	15 %
4	États-Unis	84	6 %
5	Afrique du Sud	81	6 %
7	Canada	36	3 %
-	Autres pays	170	12 %
-	Total	1 436	100 %

Réserves mondiales prouvées, en 2019 (dpr)

Classement	Pays/région	Millions de tonnes	Pourcentage du total
1	États-Unis	250 219	23 %
2	Russie	162 166	15 %
3	Australie	149 079	14 %
4	Chine	141 595	13 %
5	Inde	105 931	10 %
16	Canada	6 582	1 %
-	Autres pays	254 746	24 %
-	Total	1 069 636	100 %

Source : Gouvernement du Canada <https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/faits-mineraux-metiaux/faits-charbon/20082>

ANNEXE 8 : FERMETURES DES DERNIERES CENTRALES A CHARBON



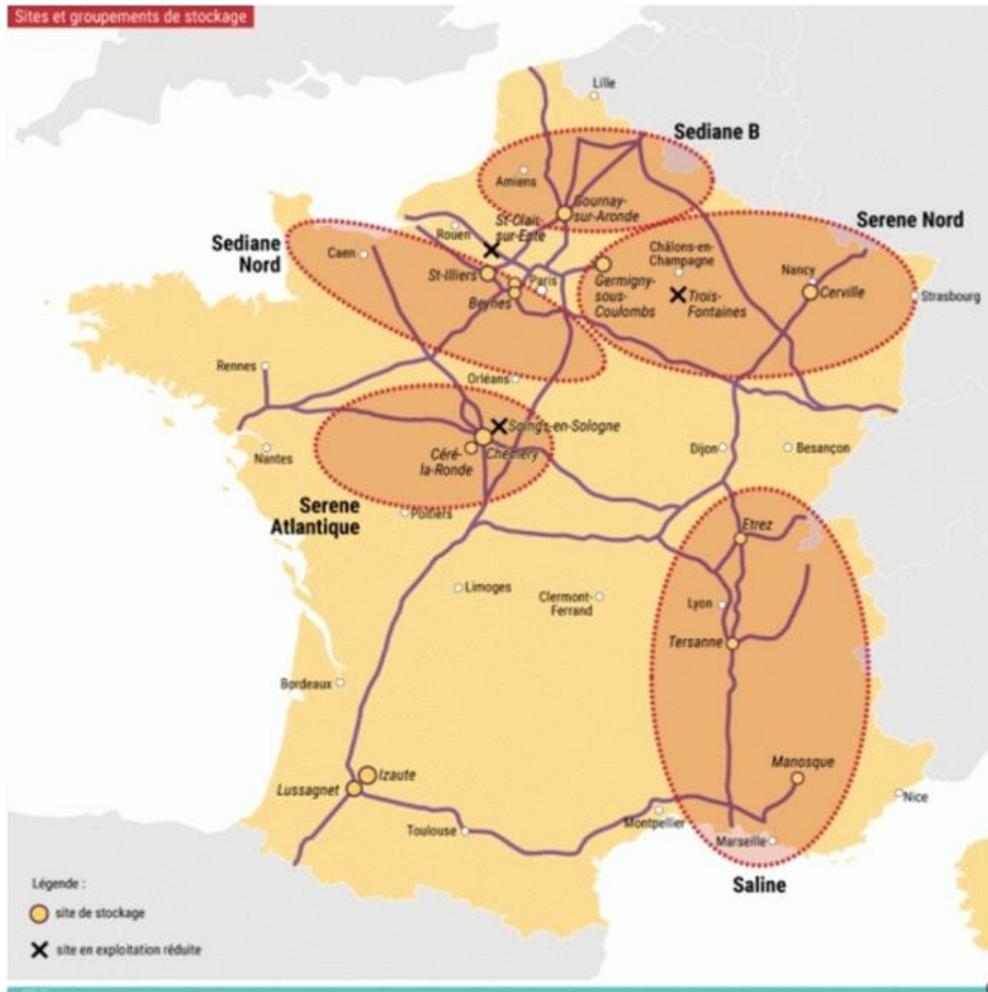
Source : Twitter, Emmanuel MACRON

ANNEXE 9 : RESEAUX DE TRANSPORT PAR GAZODUCS



Source : CRE (Commission de Régulation de l'énergie)

ANNEXE 10 : SITE ET GROUPEMENTS DE STOCKAGE DE GAZ NATUREL EN FRANCE

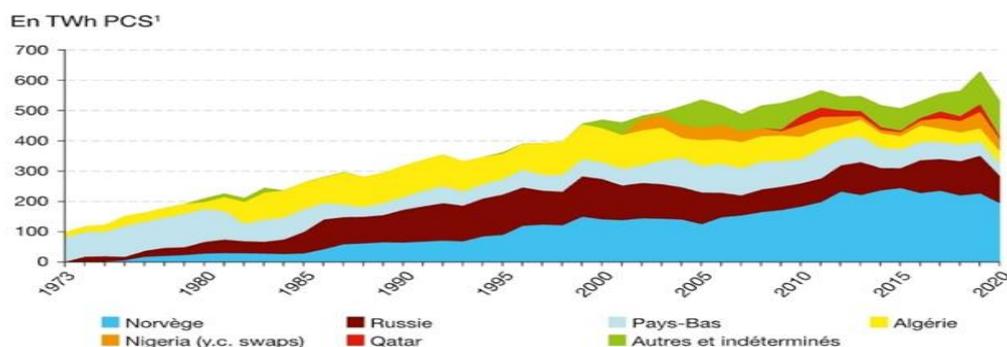


Source : CRE, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-energie-2021/14-gaz-naturel>

ANNEXE 11 : CHIFFRES CLES DU GAZ NATUREL EN FRANCE

IMPORTATIONS DE GAZ NATUREL PAR PAYS D'ORIGINE

Total : 534 TWh PCS en 2020



¹ 1 TWh PCS = 1 milliard de kWh en pouvoir calorifique supérieur (voir définitions).

Champ : France entière (y compris DROM).

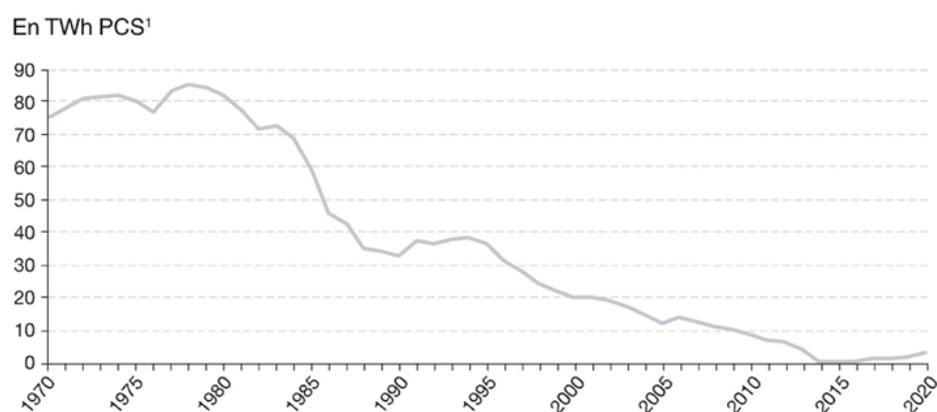
Source : SDES, Bilan énergétique de la France

Source : Gouvernement, <https://selectra.info/energie/guides/comprendre/gaz>

ANNEXE 12 : PRODUCTION NATIONALE COMMERCIALISEE EN FRANCE DE GAZ NATUREL

PRODUCTION NATIONALE COMMERCIALISÉE DE GAZ NATUREL

Total : 2,4 TWh PCS en 2020

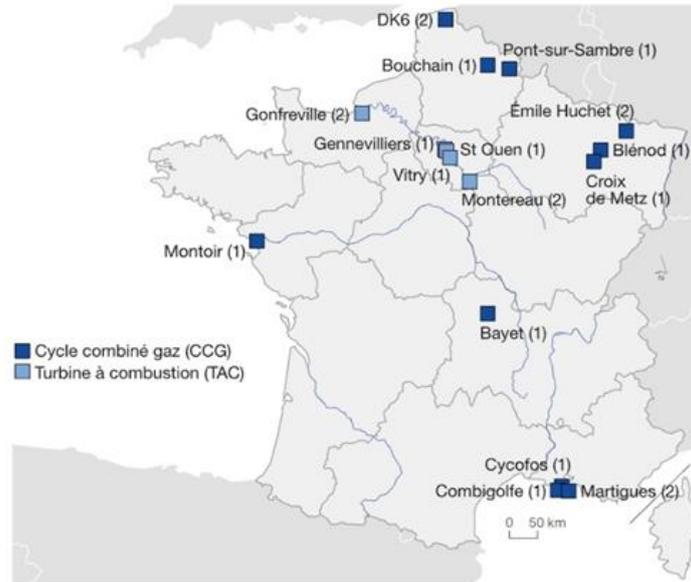


Source : Gouvernement, <https://selectra.info/energie/guides/comprendre/gaz>

ANNEXE 13 : EMBLACEMENT DES CENTRALES A GAZ EN FRANCE

LES CENTRALES À GAZ EN FRANCE

Situation au 31 décembre 2020



Source : RTE

Source : RTE, <https://selectra.info/energie/guides/comprendre/gaz>