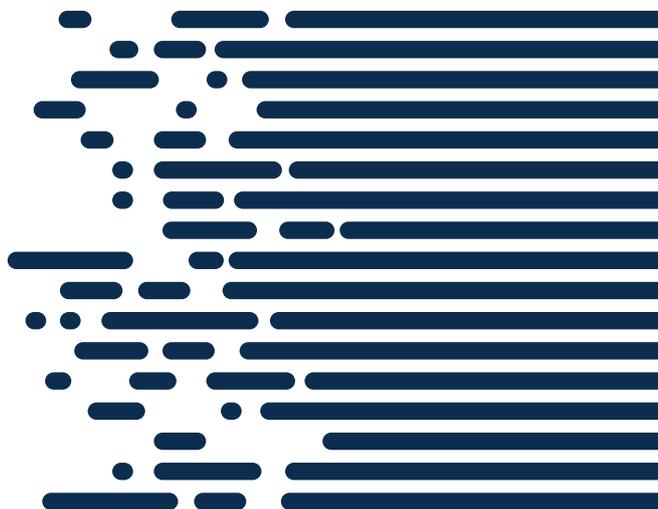


L'énergie : un projet structurant pour relancer l'Europe

Table des matières

A propos de l’auteur.....	3
A propos de l’Institut Sapiens.....	4
Introduction.....	5
Synthèse.....	6
I - Introduction.....	13
1 - La crise des “subprimes” et le pari raté d’un “agenda inversé”.....	14
2 - L’obsolescence de la “granulométrie européenne”.....	15
3 - Relancer l’Europe autour de grands projets fédérateurs.....	17
II. Les trois piliers de la transition énergétique.....	19
III - Le pilier climatique européen.....	22
1 - Consommation d’énergie primaire.....	22
2 - Emissions de Gaz à Effet de Serre.....	23
3 - L’équation de Kaya.....	24
4 - Les indicateurs énergétiques mondiaux et européen.....	25
5 - Positionnement des différents pays européens.....	27
6 - Les enjeux climatiques de l’Europe.....	30
7 - La génération électrique.....	31
8 - La rénovation de l’habitat.....	38
9 - Les transports.....	39
10 - L’industrie.....	43
IV - Le pilier sécurité énergétique européenne.....	44
1 - La dépendance endémique de l’Europe envers les énergies fossiles.....	44
2 - Les contraintes géopolitiques liées au gaz.....	45
3 - La guerre des métaux rares.....	48
V - L Le pilier compétitivité	50
1 - Fin du mois et fin du monde.....	50

2 - Balance des paiements, fiscalité et compétition intra-européenne.....	51
3 - Facture énergétique et dettes souveraines.....	53
4 - Impact des cours du pétrole sur le cours l’Euro.....	55
5 - Le marché européen du carbone.....	55
Conclusion.....	59
Annexe.....	62



À propos de l'auteur



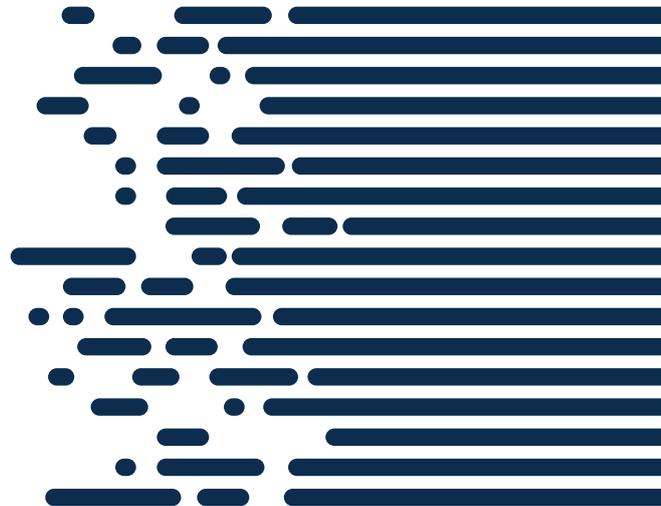
Philippe Charlez

Expert des questions énergétiques à l'Institut Sapiens

Ingénieur des Mines de l'École Polytechnique de Mons (Belgique) et Docteur en Physique de l'Institut de Physique du Globe de Paris, Philippe Charlez est actuellement conseiller technique auprès du directeur de la communication d'un grand groupe pétrolier.

Expert internationalement reconnu en énergie, il est l'auteur de plus de 70 articles sur l'énergie et de plusieurs ouvrages sur la transition énergétique dont « Croissance, énergie, climat. Dépasser la quadrature du cercle » paru en Octobre 2017 aux Editions De Boek supérieur.

Philippe Charlez enseigne à Science Po, Dauphine, l'INSEAD, Mines ParisTech, le Centre International de Formation Européenne et la Khalifa University (Abu Dhabi).



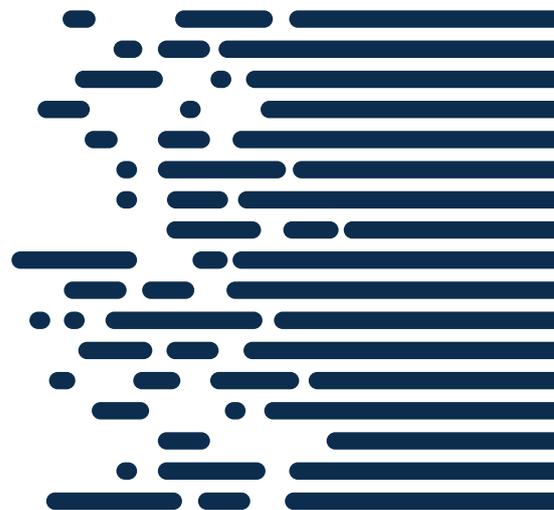
À propos de l'Institut Sapiens

L'Institut Sapiens est la première « think tech » française. Organisme indépendant à but non lucratif, sa vocation est de peser sur le débat économique et social français contemporain par la diffusion de ses idées et d'innover par ses méthodes, son ancrage territorial et la diversité des intervenants qu'il mobilise, afin de mieux penser les enjeux vertigineux du siècle.

Impulsé par Olivier Babeau, Laurent Alexandre et Dominique Calmels, en partenariat avec la chaire Capital Humain de l'université de Bordeaux, Sapiens a vocation à définir le rôle de l'humain dans une société bouleversée par le numérique. Son axe principal de travail est l'étude et la promotion des nouvelles formes d'écosystèmes favorables au développement économique et au bien-être social.

Sapiens fédère un large réseau d'experts issus de tous horizons, universitaires, avocats, chefs d'entreprise, entrepreneurs, hauts fonctionnaires, autour d'adhérents intéressés par le débat touchant aux grands enjeux actuels.

Plus d'informations sur <http://institutsapiens.fr>





Introduction

A l'heure où les technologies abolissent les frontières et concentrent le pouvoir économique entre les mains de quelques géants d'outre-Atlantique, les pays isolés semblent singulièrement impuissants. **Que pèseront les 65 millions de Français face aux 3 milliards d'asiatiques lorsque la bataille pour le contrôle de l'intelligence artificielle et des fournisseurs de services intégrés fera rage ?** L'Europe est aujourd'hui le premier marché commercial au monde. Elle est également l'échelon le plus pertinent pour affronter les mutations futures. Les prochaines échéances électorales européennes seront le moment-clé non seulement d'une prise de conscience de l'urgence européenne mais aussi de détermination des nouveaux chemins pour en parachever l'édification.

L'Institut Sapiens a entamé au printemps 2018 un cycle de travaux visant à proposer des pistes d'amélioration concrètes pour l'Union Européenne s'appuyant sur un état des lieux des différents enjeux politiques, économiques et sociaux. Notre première note proposait une synthèse des enjeux politiques entourant les élections européennes de 2019.

Pour cette deuxième note, nous proposons de s'appuyer sur le déploiement d'un projet énergétique commun pour relancer une Europe en panne.



Synthèse

Si l'Union Européenne a beaucoup de défauts, elle a la vertu d'avoir préservé le vieux continent de tout conflit durant plus de 70 ans. Mais, ravagée par les crises des subprimes et des dettes souveraines, elle s'est avérée dans sa mouture actuelle incapable de répondre aux grands enjeux économiques, sécuritaires et environnementaux du XXI^e siècle. Aussi, la relance de l'idéal européen doit-elle s'articuler autour de projets structurants rejoignant à la fois les préoccupations des peuples et les défis du futur. La transition énergétique représente l'un de ces projets majeurs.

Elle s'appuie sur trois piliers en parfaite bijection avec les trois piliers du développement durable : l'énergie doit être propre, abordable et disponible. Elle doit impérativement éviter d'en hypertrophier un ou deux par rapport au troisième sous peine de mettre en péril les fragiles équilibres de notre société de croissance.

Panorama 2017

L'humanité a consommé en 2017, 157PWh¹ d'énergie primaire toutes sources confondues dont 85% d'énergies fossiles. Les pays de l'OCDE en représentaient 40%. **Quant à la consommation européenne, elle comptait pour 13% de la consommation mondiale.**

La combustion des énergies fossiles a émis en 2017, 33 milliards de tonnes de CO2 dont 62% provenait des pays NON-OCDE. La poursuite de la tendance actuelle conduirait à l'horizon 2050 à un presque doublement des émissions. L'Europe est le troisième émetteur de la planète avec environ 11% des émissions mondiales.

Avec 1,3 MWh/k€, l'Européen possède l'intensité énergétique² la plus faible du monde bien en-dessous de la moyenne mondiale mais aussi de celle des pays de l'OCDE. Depuis le début du siècle l'intensité énergétique européenne a été divisée par deux.

Mais au sein de l'Europe, les anciens pays du Pacte de Varsovie ont tous une intensité énergétique bien supérieure aux membres historiques de l'Union. Ce résultat reflète un PIB plus faible mais aussi un modèle énergétique moins performant. Avec 1,1 MWh/k€, la France se situe dans le premier tiers.

L'Europe possède également l'un des MWh les plus décarbonés du monde. L'européen émet légèrement plus que le Chinois, mais trois fois moins que l'Américain. Au sein de l'Europe, le contenu carbone et les émissions par habitant dépendent toutefois de la part d'énergies fossiles dans le mix. **Grâce au nucléaire, la France est vice-championne d'Europe alors que la Pologne et l'Allemagne restées très charbonnières sont en queue de peloton.**

Enfin, les données européennes confirment que la transition énergétique est « *un sport de riches* » : l'intensité énergétique décroît rapidement avec l'augmentation du PIB.

Le pilier climatique

Pour satisfaire l'objectif 2°C 2050³, l'Europe devra réduire ses émissions cumulées de 34 GtCO₂ et ramener sa part d'énergies fossiles à 42% (contre 76% aujourd'hui). Pour atteindre cet objectif il faut bien sûr déplacer les énergies fossiles vers les énergies décarbonées (ENR et nucléaire) mais aussi et surtout continuer de réduire l'intensité énergétique. Les principaux leviers sont les suivants :

Rationaliser l'utilisation des énergies renouvelables : 100% d'énergies renouvelables est une chimère idéologique. Les ENRi ne peuvent se satisfaire à elles-mêmes et ont besoin d'un « ami » thermique, gaz ou nucléaire. Les énergies renouvelables sont des énergies de proximité qui doivent être consommées localement là où se trouvent les meilleurs gisements éoliens ou solaires. Il est par contre illusoire de vouloir électrifier de grandes régions, des nations ou des continents entiers à l'aide d'ENRi. La montée en puissance à 30% d'ENRi devra s'appuyer sur des petites unités gazières ou nucléaires (quelques MW à quelques dizaines de MW).

Améliorer le rendement de génération électrique : la chaleur fatale dissipée dans la génération électrique européenne représente près de 4000 TWh. Deux technologies existent pour améliorer le rendement. La cogénération valorise la chaleur fatale pour produire de l'eau chaude. Elle ne compte que pour 12% de la puissance installée en Europe alors qu'elle permettrait aisément de couvrir ses besoins en chaleur et d'économiser 65 Mds €. Le cycle combiné couple en cascade une turbine à gaz avec une turbine à vapeur et atteint un rendement de 60%. Les cycles combinés représentent 30% de la puissance totale installée en Italie, au Royaume Uni et en Hollande mais seulement 5% en Allemagne et en France. Ils permettraient à l'Europe d'économiser 500 TWh de gaz et 50 Mds €.

Augmenter les échanges intra-européens d'électricité : malgré une libéralisation des marchés de l'électricité, le prix du kWh reste très hétérogène au sein de l'Union. Ces prix imposés par les gouvernements reflètent des transitions nationales non coordonnées. L'électricité reste pour l'instant des « affaires nationales » organisées autour de « monopoles naturels » publics. Aussi, les échanges au sein de la grille sont plus que limités et n'ont pas permis de développer un grand marché européen de l'électricité. Augmenter ces échanges est un point critique quant au futur des ENRi.

Rénover les « passoires énergétiques » encore très nombreuses en Europe est l'une des principales sources d'économies d'énergie. Ainsi, en France, une isolation basique de ces passoires énergétiques coûterait 80 milliards d'euros mais permettrait une économie annuelle de 12 milliards d'euros. Le retour sur investissement est de 7 ans. Un grand plan de rénovation de l'habitat devrait être la première priorité du projet européen intégrant des normes communes mais aussi des mécanismes de financement adaptés.

Optimiser les transports au sein desquels 93% de l'énergie utilisée est du pétrole. Réduire la consommation pétrolière de l'Europe requiert soit de réduire la consommation des véhicules thermiques soit de les déplacer vers le gaz et l'électricité.

Compte tenu de la puissance requise, l'électricité n'est pas une option crédible pour les camions au contraire du gaz qui dans ses versions comprimée et liquéfiée représente une option attrayante. Elle nécessitera de déployer un réseau de distribution européen suffisamment dense.

En ce qui concerne les voitures individuelles, l'électricité est l'alternative la plus crédible. Mais, compte tenu de l'autonomie et de la durée de recharge c'est en ville que la voiture électrique deviendra l'urbaine incontestée. Pour les longues distances nous lui préférons la voiture thermique basse consommation. Il existe en effet de nombreux leviers (vitesse, poids, frottements, digital) pour réduire à 2l/100km la consommation moyenne des voitures thermiques.

Nous ne sommes pas favorables aux biocarburants. A quantité d'énergie équivalente, ils demandent beaucoup de surface au sol, d'eau et d'autoconsommation d'énergie. Cultivés sur des terres paysannes, ils entrent en concurrence avec l'agriculture alimentaire. Cultivés sur d'anciennes terres forestières leur développement réduit la capacité d'absorption du carbone.

Enfin, remplacer le gaz naturel européen par de l'hydrogène produit à partir de l'électrolyse de l'eau nécessiterait de mobiliser le double de la consommation actuelle d'électricité. L'hydrogène représentera une source d'appoint en utilisant les surplus d'électricité renouvelable non consommés.

L'industrie européenne a vu depuis le début du XXIe siècle, sa part du PIB se contracter de 3% alors que les services augmentaient d'autant. L'industrie représentant grosso modo le quart de la consommation d'énergie de l'UE, la délocalisation a finalement joué un rôle mineur sur la réduction de l'intensité énergétique dont la partie principale résulte bien

d'une amélioration de l'efficacité énergétique.

Depuis une trentaine d'années, les procédés et les organisations des secteurs énergétiques ont beaucoup évolué. On n'entrevoit pas aujourd'hui de réelle rupture technologique hormis peut-être l'utilisation de l'hydrogène comme oxydo-réducteur à la place du coke dans la sidérurgie. Compte tenu des températures requises, la plupart des industries énergétiques ne peuvent s'accommoder de l'électricité et continueront d'utiliser des énergies fossiles. La transition énergétique dans l'industrie repose donc essentiellement sur des améliorations incrémentales des procédés et des organisations.

Le pilier sécurité énergétique

Le mix énergétique européen reste profondément dépendant de ses importations d'énergies fossiles : 90% de son pétrole, 76% de son gaz et 47% de son charbon. Si ses fournisseurs de pétrole et de charbon sont relativement nombreux et diversifiés, il n'en est pas de même des fournisseurs gaziers. L'Europe est approvisionnée en gaz par l'Algérie, la Norvège mais surtout la Fédération de Russie.

Diversifier les approvisionnements gaziers est donc l'une des clés de la sécurité énergétique européenne. D'autant que pour les anciens pays du Pacte de Varsovie la dépendance énergétique vis-à-vis de la « Grande Russie » est un obstacle de taille. Et cet obstacle n'a pas qu'une connotation énergétique. Il a aussi un double sens historique et émotionnel.

Ainsi le projet de doublement du Nord Stream devait permettre à terme de marginaliser le Brotherhood qui traverse l'Ukraine. Mais sa construction se heurte à une vive opposition de la Pologne, la Slovaquie et la Tchéquie. La stratégie américaine n'est pas désintéressée et cherche à conquérir les marchés européens pour y vendre son Gaz Naturel Liquéfié qu'elle exporte pour l'instant essentiellement vers le sud-est asiatique.

L'Europe ne relancera pas sa production domestique via le développement de ses ressources en gaz de schistes. Blocages sociétaux et prix de production non compétitifs ont refermé le dossier gaz de schiste en Europe qui, à moyen terme, n'a aucune chance d'aboutir.

Mais, la dépendance énergétique de l'Europe ne s'arrête pas aux hydrocarbures. A l'instar des énergies fossiles, les réserves d'uranium (pour le nucléaire) et de métaux rares (batteries, éoliennes et panneaux solaires) sont inégalement réparties. Ainsi la moitié des réserves mondiales

de cobalt sont situées en RDC et près de 60% des réserves de lithium au Chili et en Argentine. Quant aux terres rares, la Chine recèle plus du tiers des réserves mondiales. Contrairement à une idée reçue, les renouvelables ne résolvent donc en rien le problème de l'indépendance énergétique de l'Union Européenne.

Le pilier économique

La vie quotidienne mais aussi la compétitivité des entreprises sont largement conditionnées par les prix de l'énergie. Des prix à la fois mondiaux (pétrole), régionaux (charbon, gaz) et nationaux (électricité) dont l'éclatement de la facture conduit à des calculs économiques souvent déphasés des intérêts climatiques, politiques ou sociétaux.

En 2017, les importations d'énergie fossiles ont coûté à l'Europe environ 300 milliards d'euros. Même si elle ne compte que pour 2% de son PIB, la facture fossile est un contributeur majeur parfaitement corrélée à sa dette souveraine. Bien au-delà de la problématique climatique, réduire la consommation d'énergies fossiles représente pour l'Europe un levier majeur de réduction de sa dette et donc de réserve de croissance économique. **Le schéma 2°C permettrait à l'Europe d'épargner sur la période 2020 à 2050 la bagatelle de 3120 milliards d'euros.**

Pour essayer de pousser le privé à utiliser des énergies décarbonnées, l'UE a mis en place un marché du carbone. Quinze mille installations industrielles y sont désormais astreintes. Mais, suite aux deux crises mondiales, le marché européen n'a jamais fonctionné avec une tonne de carbone restée sous les 10 euros depuis 2008. Fin 2017 l'Union a décidé de modifier les règles en baissant les quotas et en mettant en place une « *réserve de stabilité* ». L'objectif est de 40€/tonne en 2030. C'est un premier pas mais il est insuffisant pour changer la stratégie globale des entreprises vis-à-vis des énergies fossiles en général, du charbon en particulier.

Conclusion

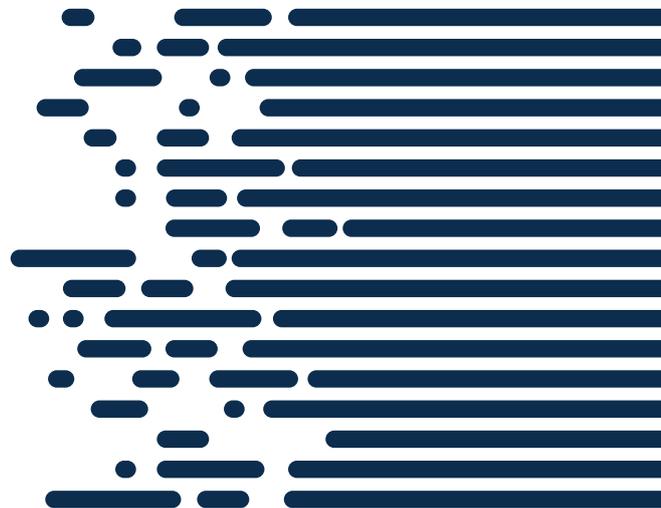
Pour être complémentaires, les trois piliers se doivent aussi d'être indépendants. Avant la prise de conscience climatique, l'autorité de tutelle de l'énergie était le Ministère de l'Industrie. Pour donner davantage de poids aux politiques environnementales, la plupart des pays européens ont rapproché l'énergie et l'environnement. Il est rapidement apparu que ce rapprochement était un peu « l'impossible mariage de la carpe et du lapin » conduisant à des politiques environnementales plus « militantes » que « rationnelles ». Depuis 2010, on observe une inversion de tendance.

L'énergie est à nouveau considérée comme l'aliment incontournable de la croissance économique et du développement social.

En fait bien plus que le pétrole le gaz ou le charbon, la transition énergétique a deux ennemis masqués.

Le premier est l'écologie politique « punitive » qui hypertrophie le pilier climat aux dépens de la sécurité énergétique et de la compétitivité économique. Son idéal est la décroissance économique

Le second est le nationalisme qui par nature dispropotionne les piliers économiques et surtout indépendance énergétique aux dépens du pilier climatique.





I - Introduction

Les « baby boomers » européens ont eu une double chance. La première est d'avoir grandi dans une société de croissance et de plein emploi. La seconde est d'avoir vécu dans un espace de paix. Car, si l'Union Européenne a beaucoup de défauts, elle a au moins une vertu, celle d'avoir préservé le vieux continent de tout conflit durant plus de 70 ans. Une première dans l'Histoire pour cette « Europe des Nations » qui s'est déchirée à tout-va durant plus de quinze siècles laissant toujours derrière elle oppression, violence, ravage et désolation.

C'est dans ce contexte, celui d'un continent dévasté par un conflit qui fit plus de 50 millions de morts, qu'est née l'Union Européenne. Fondée sur le traité de Paris (1951), elle rassembla à l'origine six nations (France, République Fédérale d'Allemagne, Italie et Benelux). Son but était « de rendre la guerre en Europe matériellement impossible en créant un marché unique du charbon et de l'acier (la CECA⁴), les deux principaux ingrédients requis pour fabriquer des chars et des canons ⁵ ». Des premiers pas réussis grâce à un projet structurant, celui de rechercher la paix et la stabilité.

1.1 La crise des « subprimes » et le pari raté d'un « agenda inversé »

Régulièrement élargie aux pays anglo-saxons, aux pays du sud, aux pays scandinaves puis aux anciens pays du pacte de Varsovie, l'Union Européenne fût graduellement consolidée d'abord sur le plan économique (traité de Rome de 1957, Acte Unique Européen de 1986) puis sur le plan monétaire (traité de Maastricht de 1992). **Tous deux européens convaincus, François Mitterrand et Helmut Kohl spéculèrent sur l'inversion des agendas en pariant sur le fait qu'une Union Monétaire engendrerait à terme une Union Politique.** Aussi, malgré une disparité⁶ des richesses et des dettes souveraines, les principales locomotives économiques de l'Union (Italie, France, Allemagne, Benelux) scellèrent un pacte de stabilité avec les moins riches pays du Sud (Espagne, Grèce, Portugal). **Chacun promit d'encadrer son déficit pour ne pas laisser filer sa dette** à travers les fameux « *critères de convergence* ».

Les débuts de l'Euro furent une réussite. Malgré l'hétérogénéité des revenus et des dettes, les marchés perçurent l'Euroland comme un espace économique solidaire et responsable. Contrairement au passé, quand la disparité des taux souverains reflétait la santé économique et financière individuelle des nations, les marchés prêtèrent indifféremment aux pays membres à des taux très faibles (Figure 1 - gauche). Et, **durant les toutes premières années du XXIe siècle, les écarts de richesse entre la locomotive allemande et les pays du sud diminuèrent de façon spectaculaire.** Ainsi début 2008, le Grec avait réduit de moitié son retard par rapport à l'Allemand et celui de l'Espagnol n'était plus que de 20% inférieur (Figure 1 - droite).

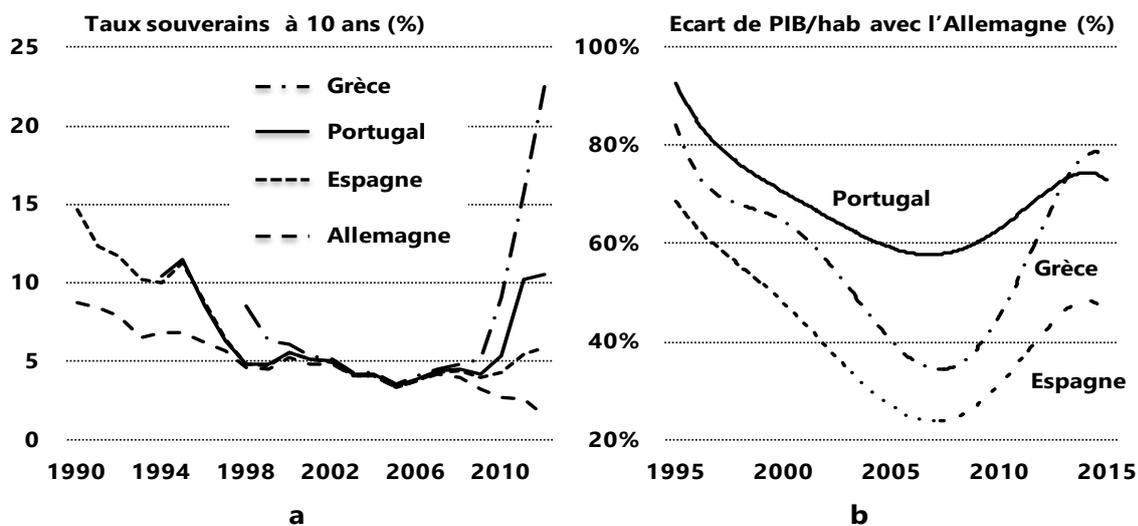


Figure 1 - Evolution des taux souverains depuis 1990
Ecart de PIB/ habitant avec l'Allemagne depuis 1992
<http://www.les-crises.fr/historique-des-taux-souverains>

Source des données : World Bank

6 - En 2001, il existe 20% d'écart entre les revenus de l'espagnol et de l'italien, et 40% entre ceux de l'allemand et du portugais

Hélas, le « non » des Français et des Hollandais au traité d'Union Politique de 2005 mais surtout la terrible crise des « subprimes » venue d'outre Atlantique qu'il fallut encadrer en laissant filer les dettes souveraines firent vaciller de façon paroxysmique une mécanique bien fragile. **Les crises agirent comme de véritables détonateurs et démontrèrent la légèreté avec laquelle les critères de convergence avaient été appliqués. Elles furent aussi révélatrices d'un manque de solidarité au sein de la zone euro**, les plus vertueux rechignant de porter secours aux mauvais élèves qui avaient laissé filer leur dette. Cet individualisme s'est immédiatement fait ressentir sur les taux directeurs qui se remirent à diverger (**Figure 1 - gauche**). Début 2011, l'Allemagne empruntait à 2,5%, le Portugal à 10% et la Grèce à 22%. Quant à l'écart de PIB/hab, il s'inversa presque instantanément et, les pays du sud se paupérisèrent à nouveau face à l'Allemagne. Ainsi, en 2015 la Grèce et le Portugal étaient-ils pratiquement revenus à la situation de la fin des années 1990. Leur PIB/hab était à nouveau de 80% inférieur à celui de l'Allemagne.

Contrairement à la CECA, la monnaie unique n'aura donc pas été pour l'Europe un projet structurant permettant de réduire les inégalités économiques entre les pays du nord et ceux du sud. **La promesse originelle de prospérité a laissé place à la déception** et n'aura en rien consolidé cette « *communauté de destin* » dont avaient rêvé Giscard, Schmitt, Mitterrand, et Kohl. Au contraire elle fut révélatrice de la faillite d'un modèle sans leadership et sans moyen⁷ dégageant une image d'impuissance : une structure technocratique produisant une batterie de normes souvent inutiles, un parlement sans réel pouvoir agissant surtout dans « *l'occupationnel* », un conseil⁸ incapable de gérer collectivement les grands problèmes de société et ne représentant finalement qu'une « somme d'égoïsmes nationaux »⁹.

1.2 L'obsolescence de la « granulométrie européenne »

Bien que les frontières politiques européennes soient aussi le fruit de la géographie et de l'histoire, le concept nationaliste rassemble les citoyens autour de critères identitaires communs culturels, linguistiques ou raciaux.

Ainsi la « Nation France » s'est-elle construite autour d'une culture judéo-chrétienne et d'une langue commune. La cartographie actuelle du territoire européen remonte pour certaines Nations à plusieurs siècles. La Grande-Bretagne, l'Espagne, le Portugal, la Hollande et la France ont pratiquement figé leurs frontières à la fin du Moyen Age, la Belgique en 1831 tandis que l'Allemagne de Bismark et l'Italie de Garibaldi se sont unifiées durant la seconde moitié du XIX^e siècle. Le dernier grand découpage de l'Europe remonte au Congrès de Versailles de 1919 qui sonna le démantèlement des

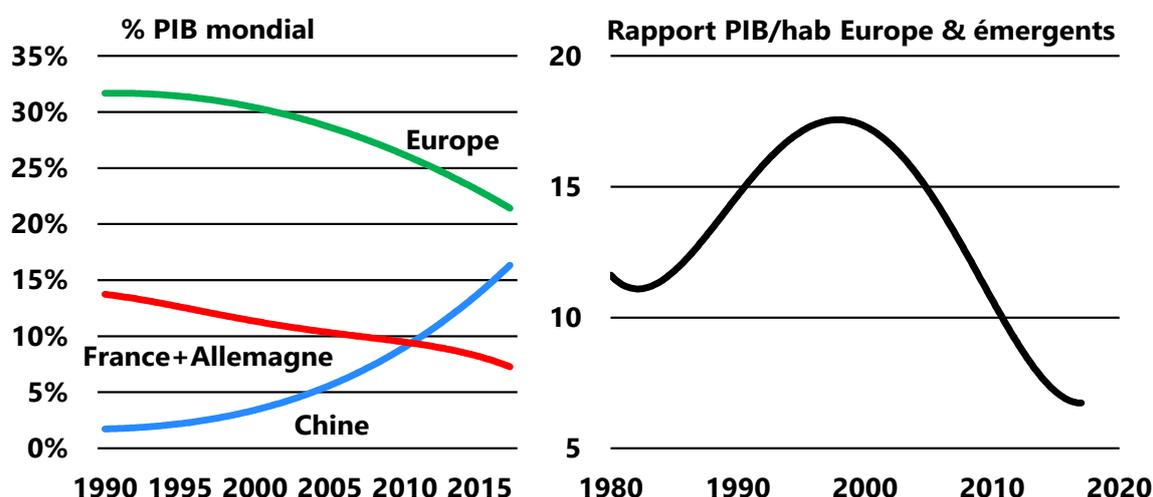
7 - Le budget annuel de l'Union est de 150 milliards d'Euros soit 1% de son PIB

8 - Le conseil Européen rassemble les Chefs d'Etat des différents pays membres

9 - J. Arthuis (2016) Discours personnel. Club Perspectives et Réalités – L'Île aux Moines 27 août 2016

Empires Russe, Ottoman et Austro-Hongrois. La carte européenne n'a que très peu évolué après le dernier conflit mondial. Les redécoupages les plus récents sont la scission administrative de la Tchécoslovaquie et l'éclatement de la Yougoslavie dont la plupart des Etats ne sont d'ailleurs pas encore membres de l'Union.

Mais, le débat européen dépasse largement les récurrents clivages identitaires, culturels et linguistiques. La problématique est ailleurs. Les évolutions implacables de la démographie¹⁰ et de la distribution de la richesse mondiale au cours des 20 dernières années aussi communément appelée « mondialisation » ont profondément « *affaibli les formes classiques d'organisation intermédiaire et en particulier les Etats Nations¹¹* ». Elles ont rendu de facto obsolète la granulométrie des Etats Européens qui, individuellement, n'ont plus, comme par le passé, les moyens de peser sur l'organisation du monde.



En 1965, les Etats Unis et l'Europe représentaient 67% de la richesse mondiale, en 2017 ils ne comptaient plus que pour 45%. En 1990, le PIB cumulé de l'Allemagne et de la France comptait pour 13,5% du PIB mondial alors que celui de la Chine ne représentait que 1,5%. Les courbes se sont croisées en 2010. Aujourd'hui la Chine compte pour 15% du PIB mondial, la France et l'Allemagne pour la moitié (Figure 2 - gauche).

Face à la Chine et aux Etats-Unis, la France ou l'Allemagne n'ont plus qu'un poids négligeable. Par contre l'Europe, même si son poids relatif s'est

10 - La population européenne représentait en 1970 12,5% de la population mondiale. Elle compte aujourd'hui pour moins de 7%. Source des données : Banque Mondiale

11 - E. Macron (2016) « Révolution. C'est notre combat pour la France » Editions XO

réduit significativement, pesait toujours en 2017 pour 22% de la richesse mondiale soient 7 points de plus que la Chine.

Signalons au passage que la mondialisation souvent présentée comme un fléau endémique pour l'humanité est pourtant une machine fantastique à réduire « naturellement » (c'est-à-dire sans aucune loi ni aucun décret) les inégalités entre les pays riches et les pays pauvres. Ainsi, le PIB par habitant des européens qui, durant les années 1970, était dix fois supérieur à celui des pays émergents a continué de s'accroître jusqu'à la fin du siècle dernier. Depuis que la mondialisation s'est mise en place, les écarts se sont réduits de façon spectaculaire passant en 25 ans d'un rapport de 17 à un rapport inférieur à 7. Contrairement à une idée reçue, la mondialisation n'est donc pas une « souffrance » pour tous les citoyens du monde (Figure 2 - droite).

1.3 Relancer l'Europe autour de grands projets fédérateurs

Bien qu'archaïque et ne pouvant en aucune façon répondre aux défis technologiques, économiques et démographiques du futur, l'Europe des Nations reste dans l'imaginaire collectif un expédient protecteur que les leaders populistes ne se privent pas d'utiliser. Selon eux, le redressement d'une Nation résiderait dans une gestion souveraine de sa fiscalité, de sa politique énergétique, de sa défense mais aussi de sa monnaie. Le contrôle des frontières serait l'antidote du terrorisme, le protectionnisme le remède à la mondialisation de l'économie tandis que le retour à la monnaie nationale donnerait, grâce au levier de la dévaluation, un regain de compétitivité aux entreprises. Une grande constante historique. **Egyptiens, Grecs, Romains ou Byzantins ont tous essayé de solder leurs comptes en se refermant sur eux-mêmes et en cherchant des boucs-émissaires. A court terme ils ont échoué, à moyen terme ils ont disparu !**

Mais, ravagée par les crises des subprimes et des dettes souveraines, l'Union, dans sa mouture actuelle, s'est avérée incapable de répondre aux grands enjeux économiques (mondialisation), sécuritaires (montée de l'intégrisme, problème des migrants) et environnementaux (transition énergétique) du XXI^e siècle. Exaspérés par une « *technocratie Bruxelloise* » stérile et sans légitimité démocratique, inquiets pour leur avenir dans un monde en pleine mutation, les Européens ne sont pas mûrs pour abandonner leur souveraineté et plonger tête baissée dans une Europe Fédérale. Aussi, comme le firent à une autre époque Jean Monnet, Robert Schumann, Paul-Henri Spaak et Alcide de Gasperi avec la CECA, la relance de l'idéal Européen doit s'articuler autour de projets structurants rejoignant à la fois les préoccupations des peuples et les défis du futur.

De par ses conséquences socio-économiques, **la transition énergétique s'inscrit de facto comme un des projets structurants capables de relancer une Europe en panne.** Le dessein est gigantesque car la désunion énergétique de L'Europe est tout aussi frappante que sa désunion politique.

La Norvège (premier producteur européen de pétrole et de gaz) n'a jamais adhéré à l'Union Européenne. Le Royaume-Uni (second producteur) après avoir adhéré à l'Union du bout des lèvres en 1973, a voté ce funeste Brexit le 21 Juin 2016. Et le Danemark (troisième producteur) s'est toujours refusé à rejoindre l'Euroland. Pourquoi les seules nations pétrolières et gazières européennes (en dehors des Pays-Bas) ont-elles toujours préféré le « *one man show* » à la communauté ?

Sous prétexte d'héritages séculaires, chaque Etat Membre continue de construire sa propre stratégie sans réelle volonté de consolider une politique énergétique commune. Entre la mise en œuvre agressive des renouvelables, la sortie du nucléaire, le renouveau du charbon et une possible entrée dans les gaz et pétroles de schistes, inquiétudes environnementales et promesses d'une énergie à bas coût rivalisent souvent jusqu'à la caricature. Pendant que l'Allemagne donne des gages à ses puissants lobbies écologistes en se retirant du nucléaire mais reconstruit des centrales à charbon, que la France referme définitivement le dossier « *gaz de schistes* » en excluant même toute phase exploratoire, la Grande-Bretagne adopte « *la fiscalité la plus favorable au monde pour encourager sur son sol le développement des hydrocarbures non conventionnels* »¹².

Le projet d'Union de l'Energie lancé en février 2015 par Donald Tusk, a remis au premier plan les questions de sécurité d'approvisionnement, de R&D et de bon fonctionnement des marchés de l'énergie. Espérons qu'il débouchera rapidement sur la création d'un ministère Européen de l'Energie mutualisant à son compte les politiques énergétiques discordantes des différents Membres de l'Union.





II - Les trois piliers de la transition énergétique

Bien que contemporain de 15 ans du célèbre rapport du Club de Rome « *The limits to Growth* »¹³, « *Notre avenir à tous* », produit par la Commission Brundtland¹⁴ en 1987 a été le premier document officiel expliquant à un large public les limites naturelles de la croissance économique. Il a ouvert la voie au concept de «développement durable» reposant sur la gestion simultanée de trois piliers complémentaires mais non substituables : l'environnemental, le sociétal et l'économique (Figure 3).

La transition énergétique s'inscrit dans ce concept et s'appuie sur trois piliers en parfaite bijection avec les trois piliers du développement durable : l'énergie doit être propre, abordable et disponible.

Le pilier environnemental correspond à la problématique climatique. Il demande une réduction impérative et rapide de notre consommation d'énergie en général et des énergies fossiles en particulier, principale cause des émissions anthropiques de gaz à effet de serre.

13 - <https://www.clubofrome.org/report/the-limits-to-growth/>

14 - En reconnaissance au premier ministre Norvégien Gro Harlem Brundtland qui présida la commission mondiale de l'environnement et du développement.

Le second pilier est sociétal. Il se réfère à la sécurité énergétique et plus particulièrement à l'équité énergétique. 1,3 milliards d'individus n'ont pas aujourd'hui accès à l'électricité. La moitié se trouve en Afrique¹⁵. C'est un droit élémentaire pour chaque consommateur de sécuriser son approvisionnement énergétique. C'est un devoir élémentaire pour un fournisseur de ne pas utiliser sa position de force à des fins politiques.

Le troisième pilier est économique et concerne la compétitivité des entreprises qui, selon les secteurs d'activité, est largement conditionnée par les prix de l'énergie. Ces prix sont à la fois mondiaux (pétrole), régionaux (charbon, gaz) et nationaux (électricité). Le kWh vendu à un entrepreneur peut ainsi varier de un à cinq suivant qu'il est américain, européen ou chinois, charbonnier, gazier, nucléaire ou renouvelable. Cet éclatement de la facture énergétique conduit inévitablement à des calculs économiques qui ne seront pas nécessairement en phase avec les intérêts climatiques, politiques ou sociétaux.

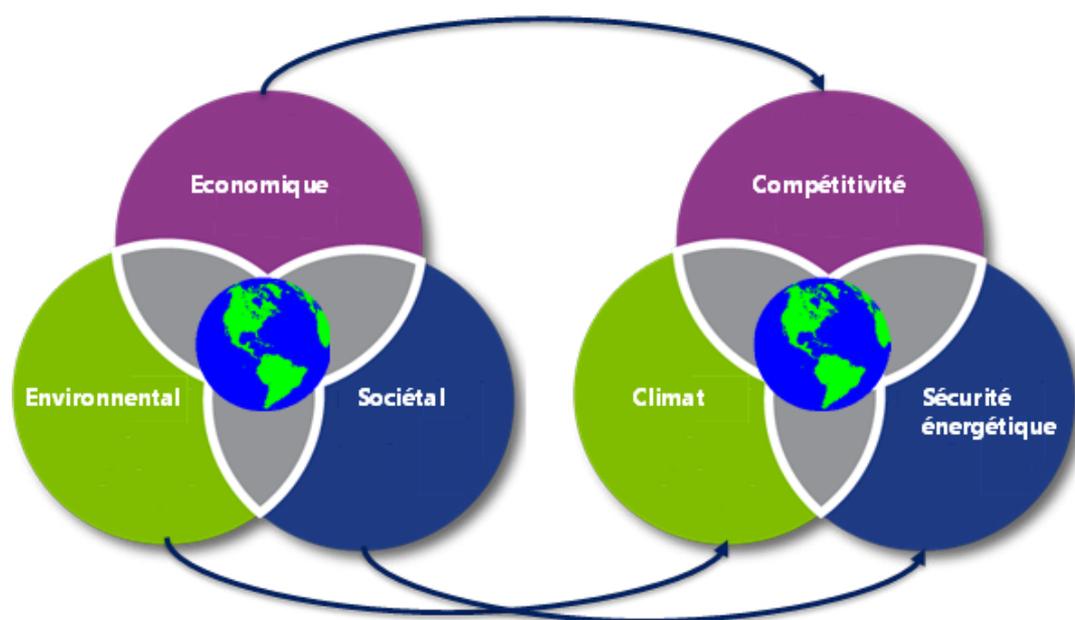


Figure 3 - Bijection entre les piliers du développement durable et les piliers de la transition énergétique

La transition énergétique doit donc se construire autour de ces trois piliers en évitant impérativement d'en hypertrophier un ou deux par rapport au troisième sous peine de mettre en péril les fragiles équilibres socio-économiques fortement corrélés aux indicateurs énergétiques.

Ainsi, par exemple, l'espérance de vie augmente-t-elle avec la richesse et la consommation d'énergie (Figure 4). Toutefois, la relation fortement non linéaire met en évidence un double seuil économique et énergétique (environ 15 k\$/hab pour le PIB et 20 MWh/an pour l'indice de sobriété énergétique).

Au-delà de ces valeurs, l'espérance de vie croît de façon beaucoup plus marginale. La croissance économique et son corollaire qu'est l'accès à l'énergie restent donc les meilleurs garants du développement à condition de s'appuyer sur une consommation d'énergie aussi raisonnable que possible.

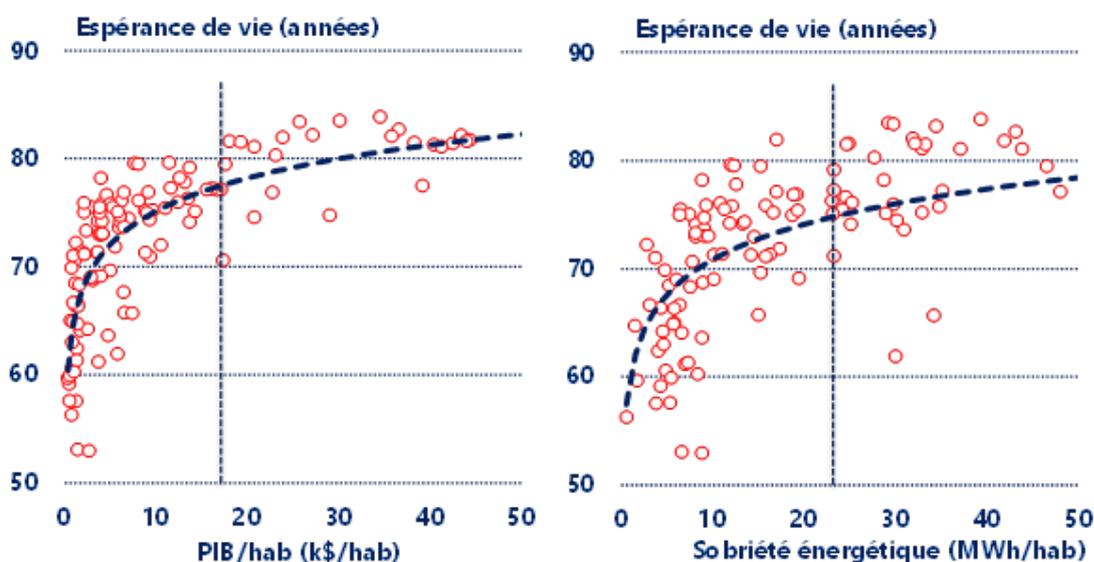


Figure 4 - Espérance de vie en fonction de la richesse produite et de l'énergie consommée - Chaque point représente un pays
Source des données : World Bank et BP Statistical review 2017



III - Le pilier climatique européen

3.1 Consommation d'énergie primaire

En 2017, l'humanité a consommé 157 PWh¹⁶ d'énergie primaire toutes sources confondues. 85% de ces 157 PWh, étaient d'origine fossile (pétrole + charbon + gaz naturel). C'est seulement 10% de moins qu'au début des années 70. Le mix mondial 2017 contenait 34% de pétrole, 28% de charbon et 23% de gaz naturel.

En 2017, les pays NON-OCDE consommaient 60% de l'énergie primaire mondiale contre 40% pour les pays de l'OCDE. En 1970, le rapport était de 70/30 en faveur des pays de l'OCDE. Géographiquement, le mix OCDE (81% de fossiles) est un peu moins carboné que celui des pays NON-OCDE (88% de fossiles). Qualitativement, les pays émergents consomment 52% du pétrole, 54% du gaz mais 76% du charbon mondial.

En 2017, la consommation européenne représentait 20 PWh soit 13% de la consommation mondiale. Elle s'est accrue de 9% entre 2000 et 2017. La période peut se scinder en trois périodes reproduisant en filigrane l'évolution du PIB européen (Figure 5 - gauche) :

16 - Un Peta Watt heure est égal à 1000 TerraWatheure ou à un milliard de MégaWatheure.

- une forte croissance économique entre 2000 et 2008; la consommation d'énergie primaire s'accroît de 13%,
- une croissance atone entre 2009 et 2013 faisant suite aux crises des subprimes et des dettes souveraines; la consommation d'énergie primaire décroît de 10%,
- une nette reprise à partir de 2014; la consommation d'énergie primaire progresse de 5%,

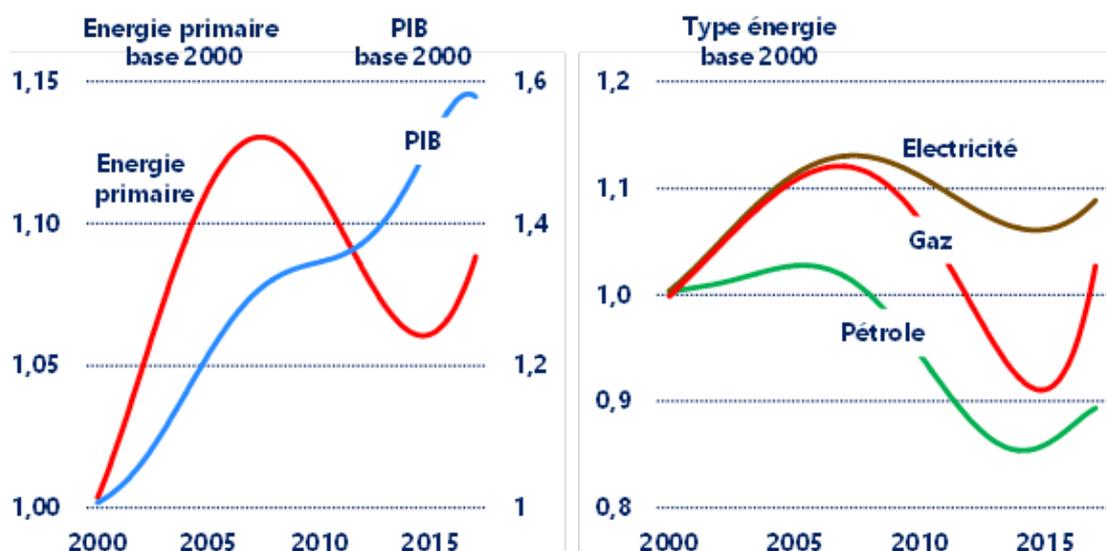


Figure 5 - Evolution de la consommation d'énergie en Europe

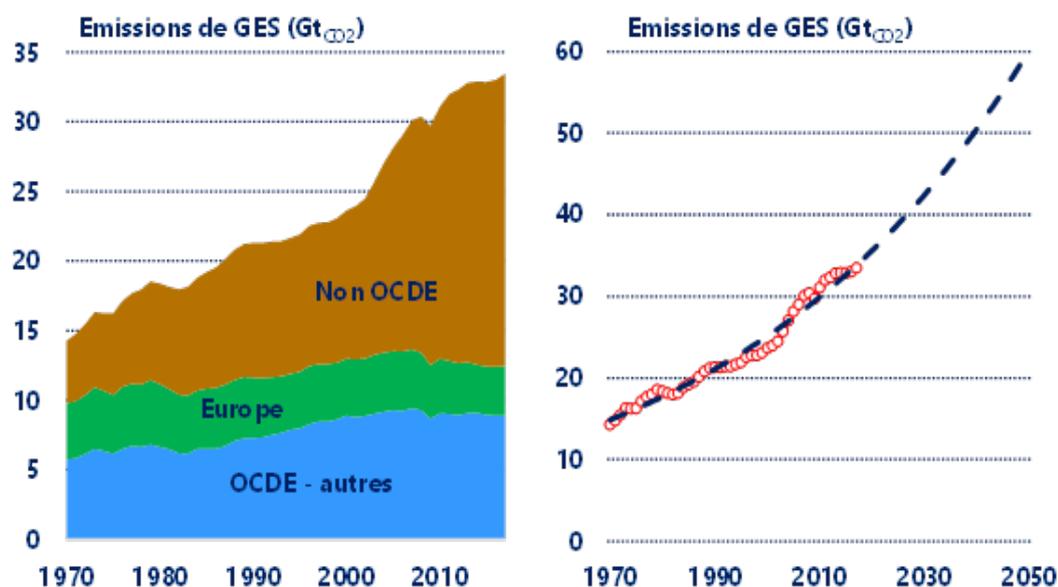
Source des données : Eurostats et BP statistical review 2018

Si toutes les sources d'énergie sont en parfaite homothétie avec l'évolution globale de l'énergie primaire sur l'ensemble de la période (Figure 5 – droite), les variations sont toutefois nettement plus marquées pour les hydrocarbures que pour l'électricité. Ainsi, la consommation de gaz qui avait progressé de 14% entre 2000 et 2008, s'est ensuite contractée de 26% entre 2009 et 2014. Ceci est lié à la fois à la croissance atone mais aussi aux prix élevés du gaz européen, indexés sur les prix du pétrole, durant cette période. Quant à la consommation européenne de pétrole elle a globalement baissé de 10% depuis le début du XXI^e siècle.

3.2 Emissions de Gaz à Effet de Serre

La combustion des énergies fossiles émettait en 2017 environ 33 milliards de tonnes de CO₂ (Figure 6 - gauche) dont 38% pour les pays de l'OCDE et 62% pour les pays émergents.

C'est 2,3 fois plus qu'en 1970. La surproduction des pays émergents résulte principalement de l'utilisation massive du charbon dans la génération électrique et le chauffage domestique. **Le déplacement du charbon vers d'autres sources d'énergie représente donc la priorité numéro un de la transition énergétique.** Une poursuite de la tendance actuelle (« *business as usual* ») conduirait à l'horizon 2050 à un presque doublement des émissions. Elles atteindraient alors 60 milliards de tonnes de CO₂ (Figure 6 – droite).



**Figure 6 – Evolution des émissions de GES depuis 1970
Extrapolation des émissions actuelles à l'horizon 2050**
Source des données : BP statistical review 2018

3.3 L'équation de Kaya

La qualité d'un pilier climatique peut s'apprécier à partir d'un certain nombre d'indicateurs obtenus en décomposant les émissions de GES d'une région ou d'un pays en facteurs technologiques, économiques, environnementaux et démographiques. Ils sont issus de **l'équation dite de Kaya**¹⁷ qui s'écrit :

$$CO_2 = \frac{CO_2}{MWh} \times \frac{MWh}{k\text{€}} \times \frac{k\text{€}}{\text{hab}} \times \text{hab}$$

De droite à gauche, les quatre indicateurs sont :

17 - Yoichi Kaya et Keiichi Yokobori, Environment, energy, and economy : strategies for sustainability : Tokyo conference on Global Environment, Energy and Economic Development (1993), United Nations Univ. Press, Tokyo, 1997, 381 p.

hab représente la croissance démographique

k€/hab représente la croissance économique

MWh/k€ est l'intensité énergétique c'est-à-dire la quantité d'énergie requise pour produire 1000 euros de richesse. Plus elle est faible plus l'économie est performante puisqu'elle nécessite moins d'énergie pour produire une quantité équivalente de richesses. On estime aujourd'hui que l'intensité énergétique asymptotique (valeur minimum compatible avec une société de croissance économique) est de l'ordre de 0,7 MWh/k€.

CO₂/MWh est le contenu carbone d'une énergie (ou d'un mix énergétique donné). Plus le contenu carbone est faible plus le mix est décarbonné.

Le premier membre peut être normé par la démographie. On fait alors apparaître CO₂/hab qui est un quatrième indicateur. Enfin, on peut aussi calculer l'indice de sobriété énergétique qui est la quantité d'énergie primaire consommée annuellement par habitant déjà introduit dans la Figure 4. Elle s'exprime en MWh/hab.

3.4 Les indicateurs énergétiques mondiaux et européens

Les indicateurs énergétiques dans différentes régions du monde sont présentés sur la Figure 7. Les chiffres montrent que les pays non-OCDE ont une intensité énergétique au-dessus de la moyenne mondiale alors que les pays de l'OCDE sont au contraire systématiquement en-dessous. Avec 1,3 MWh/k€, l'Européen apparaît comme le meilleur élève du monde bien en dessous de la moyenne mondiale mais aussi de la moyenne des pays de l'OCDE et en particulier des Etats-Unis.

Région	Intensité énergétique	Contenu carbone	Emissions par habitant	Sobriété énergétique
	MWh/k€	kg _{CO₂} /MWh	CO ₂ /hab	MWh/hab
Monde	2,2	213	4,4	20,9
OCDE	1,5	191	9,6	50,1
Non-OCDE	3,3	228	3,4	15,0
Chine	3,4	253	6,7	26,3
US	1,5	196	15,6	79,8
Europe	1,3	180	6,9	38,3

Figure 7 – Indicateurs énergétiques mondiaux
(Source des données : BP statistical review 2018 et World bank)

Depuis le début du siècle, l'intensité énergétique européenne a été divisée par presque 2 (**Figure 8 - gauche**). Cette amélioration spectaculaire est liée à la fois à une forte croissance du PIB durant les premières années 2000, à une amélioration de l'efficacité énergétique dans les transports, l'habitat et l'industrie mais aussi à une délocalisation modérée de l'activité industrielle vers les pays émergents.

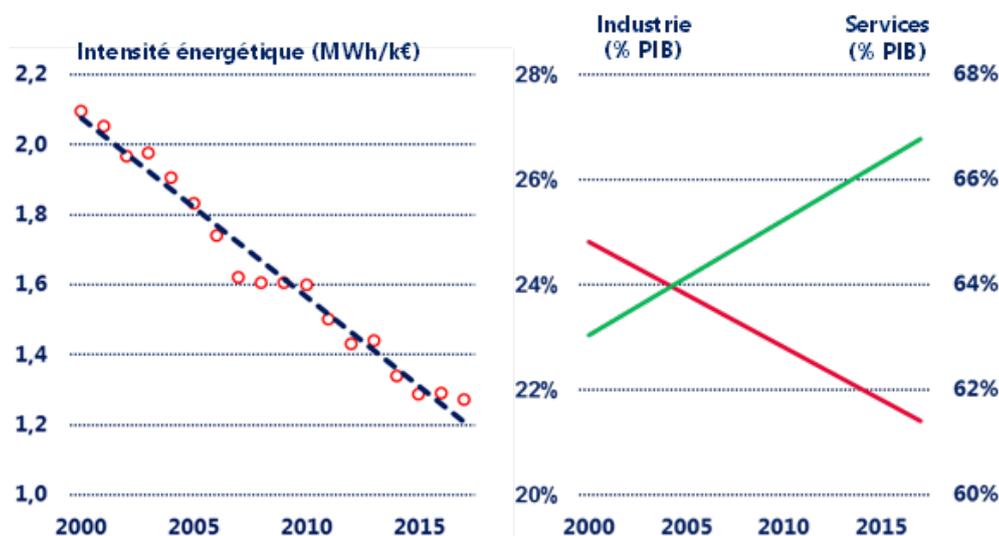


Figure 8 - Evolution de l'intensité énergétique européenne depuis 2000
Europe : transfert industrie vers services

Source des données : World Bank, Eurostats et BP statistical review 2018

Ainsi, entre 2000 et 2017 la part de l'industrie dans le PIB européen s'est contractée de 4% alors que celle des services augmentait en proportion (**Figure 8 - gauche**). L'amélioration de l'efficacité énergétique apparaît donc largement prépondérante dans la réduction spectaculaire de l'intensité énergétique.

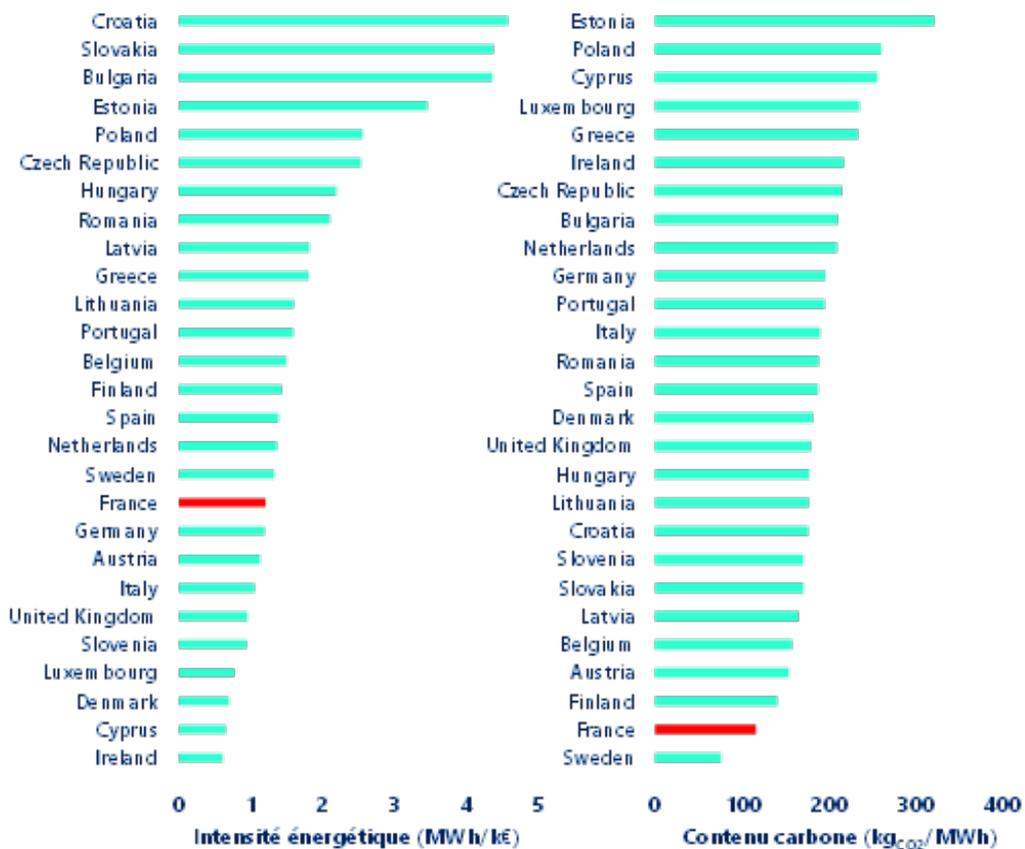
Bien que les mêmes conclusions se retrouvent au niveau du contenu carbone, les différences entre les pays de l'OCDE et les pays NON-OCDE sont moins marquées. En effet, si le mix OCDE est moins carboné (et surtout beaucoup moins « charbonnier ») que celui des pays NON-OCDE, il reste quand même largement dominé par les énergies fossiles. Elles représentaient en 2017 81% de leur consommation d'énergie primaire (contre 88% pour les pays émergents). Avec 180 kgCO₂/MWh, l'Europe est à nouveau sous la moyenne mondiale mais aussi sous la moyenne OCDE (Figure 7).

On peut aussi noter l'excellente valeur de l'Europe en termes d'émissions par habitant par rapport à l'OCDE. Si, l'européen se situe au-dessus de la moyenne mondiale et émet légèrement plus que le chinois, il émet annuellement presque trois fois moins que l'américain dont les émissions « gargantuesques » proviennent surtout des transports.

Les mêmes conclusions sont obtenues pour l'indice de sobriété énergétique. L'Américain consomme en moyenne deux fois plus d'énergie que l'Européen qui lui-même en consomme deux fois plus que le terrien moyen. Mais, avec 38MWh/hab, l'Européen se situe bien en dessous de la moyenne de l'OCDE (50 MWh/hab). **La moyenne des pays NON-OCDE est trois fois inférieure à celle de l'OCDE.** Il ne s'agit plus cette fois de sobriété énergétique mais d'accès au développement (Figure 4).

3.5 Positionnement des différents pays européens

Comme la moyenne mondiale, la moyenne européenne cache une très forte disparité entre pays membres. Une hétérogénéité qui reflète souvent l'histoire énergétique mais aussi politique. Ainsi, sans surprise, les anciens pays du Pacte de Varsovie ont tous une intensité énergétique bien supérieure aux membres historiques de l'Union (Figure 9). Certains comme l'Estonie, la Bulgarie ou la Croatie ont même des intensités énergétiques supérieures à la moyenne mondiale. Ceci reflète leur retard économique : un PIB plus faible mais aussi un modèle énergétique peu performant. Avec 1,1 MWh/k€, la France est bien placée dans le premier tiers supérieur.



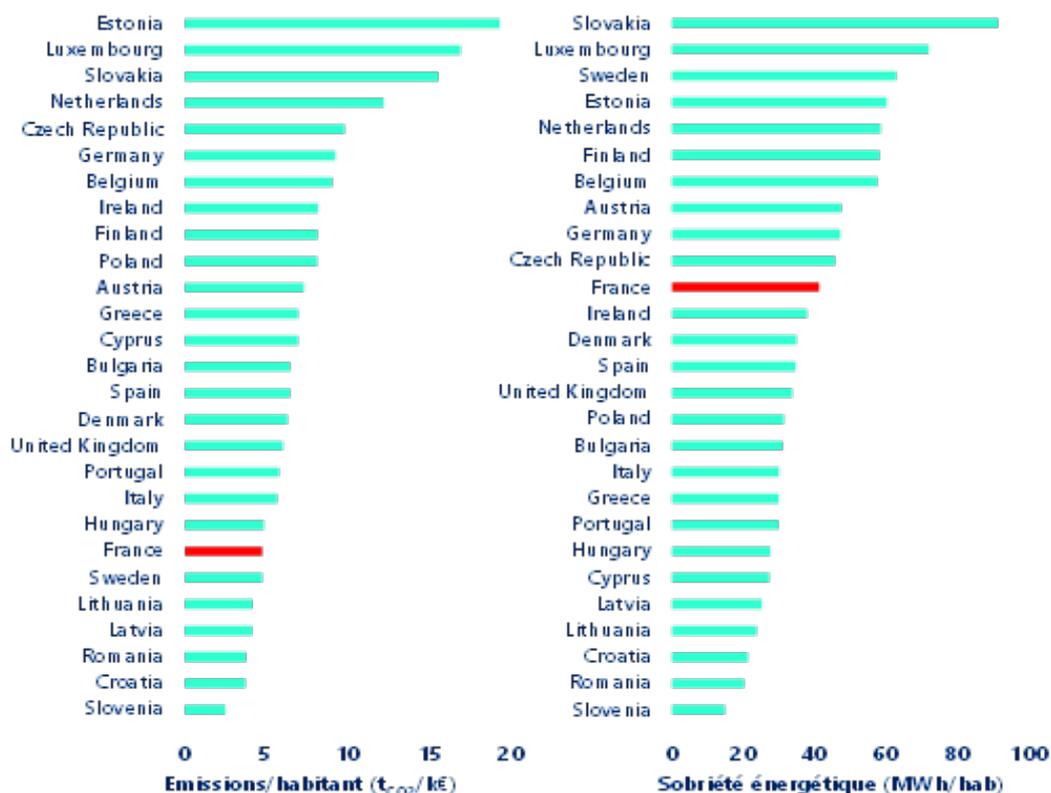


Figure 9 – Indicateurs énergétiques des différents pays de l’Union Européenne
Source des données : BP statistical review 2018 & World Bank

Le contenu carbone et les émissions par habitant dépendent de la part d’énergies fossiles dans le mix. Grâce à son nucléaire, la France est vice-championne d’Europe alors que la Pologne et l’Allemagne restées très charbonnières sont en queue de peloton.

Ainsi, le MWh¹⁸ allemand est presque deux fois plus émetteur que le français. Même constatation pour le citoyen allemand qui émet annuellement en moyenne 9,5 tCO₂/an contre moins de 5 pour le français. Ces chiffres battent aussi en brèche certaines idées reçues. Ainsi par exemple, le danois dont plus de 40% de la production électrique est renouvelable a pourtant un MWh presque deux fois plus carboné que le français dans la mesure où l’autre partie de sa génération électrique est charbonnière.

Enfin, en ce qui concerne l’indice de sobriété énergétique, les échelles sont inversées. Les habitants des anciens pays du pacte de Varsovie qui sont économiquement les moins développés sont nettement moins consommateurs d’énergie que les membres historiques. Ainsi, un Croate ou un Roumain consomme seulement 20 MWh/an [limite du seuil de développement (Figure 4)] c’est-à-dire deux fois moins qu’un Français, trois fois moins qu’un Belge et un Neerlandais et 3,5 fois moins qu’un Luxembourgeois.

18 - Il s’agit bien du MWh global (incluant transports, habitat et industrie) et non pas du seul MWh électrique.

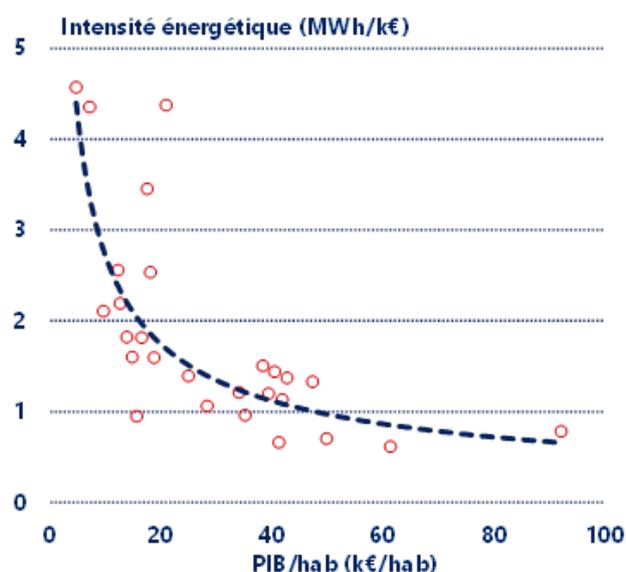


Figure 10 - Intensité énergétique en fonction du PIB/hab
 Source des données : BP statistical review 2018 et World Bank

Les données européennes montrent enfin que la transition énergétique est « *un sport de riches* » dans la mesure où l'intensité énergétique décroît rapidement avec l'augmentation du PIB. De façon tout aussi nette que pour les indicateurs de développement, on retrouve le point d'inflexion de la Figure 4, une valeur que la plupart des anciens pays du Pacte de Varsovie (pays Baltes, Slovénie, Croatie, Pologne, Hongrie, Roumanie, Bulgarie) n'ont pas encore atteint. La France se situe sur la ligne moyenne. On peut donc considérer qu'elle utilise au mieux sa richesse pour optimiser son intensité énergétique (Figure 10).

3.6 Les enjeux climatiques de l'Europe

Bien que le mix énergétique européen contienne nettement moins d'énergies fossiles (76% en 2017 - Figure 11) que celui de ses confrères Américain (84%) et Chinois (86%), l'Europe reste le troisième émetteur de la planète avec environ 11% des émissions mondiales.

Poursuivre la politique actuelle conduirait à un mix énergétique 2050 contenant 67% de combustibles fossiles. Par contre, pour satisfaire l'objectif 2°C 2050¹⁹, l'Europe devra réduire ses émissions cumulées de 34 GtCO₂ et ramener sa part d'énergies fossiles à 42% (Figure 11).

19 - Sur la base des chiffres de la COP15 (Copenhague 2008 : 2°C en 2050) et non de de la COP21 (1,5°C en 2100).

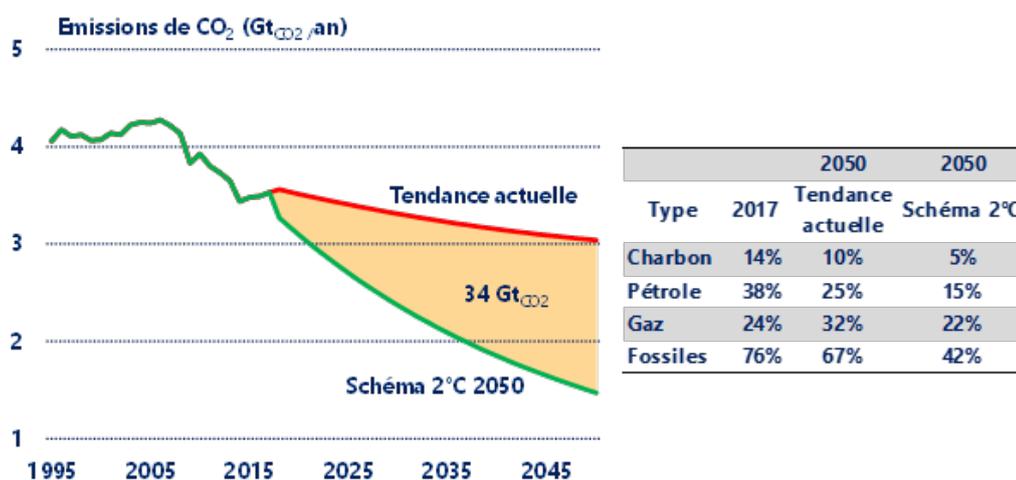


Figure 11 – Emissions historiques de GES en Europe et prédictions futures. Scénario « politiques actuelles » versus scénario « 2°C 2050 »

Source des données : AIE et BP statistical review 2018

Sans toucher ni à la démographie ni à la société de croissance, l'équation de Kaya montre que le pilier climatique repose sur deux leviers principaux : (1) diminuer le contenu carbone du MWh (180 kgCO₂/MWh en 2017 - **Figure 7**) en déplaçant les énergies fossiles les plus émettrices de CO₂ (charbon et pétrole) vers des énergies moins émettrices (gaz) ou non émettrices (nucléaire et renouvelables) (2) réduire l'intensité énergétique (1,3 MWh/k€ en 2017 - **Figure 7**). Compte tenu des valeurs minima observées dans la **Figure 9** (0,70 MWh/k€ et 76 kgCO₂/MWh) les marges d'amélioration pour l'Europe sont considérables.

Bien que multiples, les usages de l'énergie primaire peuvent se décomposer en quatre grandes catégories : les transports, l'habitat (au sens large domestique et tertiaire, public et privé), l'industrie et la génération électrique. Un projet de transition énergétique doit agir de façon duale (« déplacer » et « réduire ») sur chacun de ces usages.

3.7 La génération électrique

La désunion énergétique de l'Europe se lit à travers les mix électriques des différents membres de l'Union (**Figure 12**). L'Allemagne restée profondément charbonnière sort du nucléaire et fonce tête baissée dans les renouvelables, la Grande Bretagne surtout gazière maintient son nucléaire, l'Italie hyper-gazière est complètement sortie du nucléaire et la France reste tout nucléaire.

	France	Allemagne	Italie	Espagne	UK
Pétrole	1%	1%	3%	6%	1%
Gaz naturel	4%	13%	49%	23%	40%
Charbon	4%	37%	11%	16%	7%
Nucléaire	73%	12%	0%	21%	21%
Hydro	9%	3%	12%	7%	2%
Renouvelables	6%	22%	15%	23%	18%
Autres (dont biogaz)	3%	12%	10%	3%	12%

Figure 12 – Production électrique par sources dans les principaux pays Européens en 2017

Source des données : BP Statistical Review 2018

En termes de renouvelables (solaire et éolien), la Grande Bretagne, l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne sont les plus avancées avec en moyenne 20% de leur production électrique provenant de l'éolien et du solaire photovoltaïque. Au contraire la France, bien au chaud sous son « *édredon nucléaire* », n'en compte que 6%. Mais, comparée à ses confrères européens, la France peut par contre se glorifier de posséder « *le mix le plus dé-carboné du monde* ». Des stratégies aux antipodes peu favorables à une transition cohérente et efficace. D'autant que le débat entre partisans et ennemis des renouvelables est devenu très passionnel. Ainsi en France, arrive-t-on à un taux de recours de 70% contre les projets éoliens²⁰. Quelques chiffres simples permettent de cadrer aisément comment les énergies renouvelables (ENRi) doivent être utilisées à moyen terme.

3.7.1 Déplacer le thermique vers les énergies renouvelables

Les ENRi²¹ sont des énergies intermittentes dont le taux de charge (moyenne de production annuelle - **Figure 13**) est en Europe de 23% pour l'éolien et de 12% pour le solaire photovoltaïque (contre 80% à 90% pour le thermique et le nucléaire). Autrement dit, en lissage annuel, **supprimer une unité de puissance thermique ou nucléaire demande de rajouter entre 4 et 6 unités de puissance renouvelables. Ainsi, 1GW supprimé de nucléaire devra être remplacé par 4 GW d'éolien terrestre soit l'équivalent de...2000 éoliennes terrestres de 2MW.** Mais, même en augmentant de façon démesurée le nombre d'éoliennes et de panneaux solaires il y aura toujours des périodes de l'année sans vent ni soleil.

20 - Pierre Dumont et Denis de Kergolay (2018) « Eoliennes : chronique d'un naufrage annoncé » Editions François Bourin
 21 - L'hydroélectricité est une énergie renouvelable non intermittente.

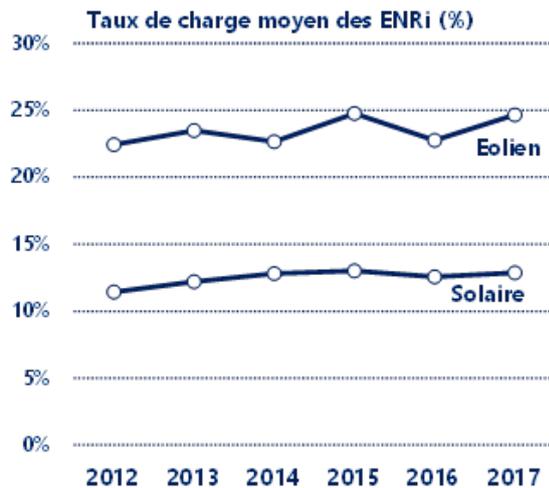


Figure 13 – Taux de charge moyen de l'éolien et du solaire en Europe

Source des données : BP Statistical review 2018

Un mix 100% renouvelable est donc une « chimère idéologique ». Les ENRi ne peuvent se satisfaire à elles-mêmes et ont besoin d'un « ami » thermique : charbon, gaz ou nucléaire dans la mesure où le pétrole n'est pratiquement plus utilisé dans la génération électrique. **L'Allemagne l'a appris à ses dépens en lançant l'ENERGIEWENDE.** Ce programme ambitieux décidé en 2010 sous la pression des lobbies écologistes visait à mettre en œuvre des ENRi tout en réduisant la part du nucléaire. Pour pallier aux intermittences, l'Allemagne qui a dû s'appuyer sur le charbon n'a pas été capable de réduire ses émissions alors que durant la même période, le prix du kWh a été multiplié par deux. L'électricité allemande est aujourd'hui deux fois plus chère que la française (voir détail en Annexe).

Les renouvelables sont en fait d'excellentes énergies de proximité. Elles doivent être consommées localement là où se trouvent les meilleurs gisements éoliens ou solaires ceci afin d'en optimiser le taux de charge. Il est par contre illusoire de vouloir électrifier de grandes régions, des nations ou des continents entiers à l'aide d'ENRi. Un autre échec de l'ENERGIEWENDE valorisant des gisements d'éolien le long de la Mer Baltique alors que les principaux consommateurs se trouvent en Bavière et dans la Rhur. **La montée en puissance à 30% d'énergies renouvelables intermittentes devra donc inévitablement s'appuyer sur des petites unités gazières ou nucléaires** (de quelques MW à quelques dizaines de MW).

Le gaz a deux inconvénients majeurs par rapport au nucléaire : il émet des GES (204 kgCO₂/MWh thermique) et ses prix sont très volatils en Europe car indexés sur les cours du pétrole. Mais, la mise en œuvre de petites unités nucléaires n'est pas simple pour autant : problèmes de sûreté mais aussi et surtout problème d'acceptabilité sociétale. Les collectivités locales sont-elles prêtes à laisser le nucléaire entrer dans leur vie quotidienne alors que dans la plupart des pays européens (Allemagne, Italie, France, Belgique),

un vent antinucléaire souffle depuis la catastrophe de Fukushima? Aussi, en filigrane du déplacement de la génération charbonnière en Pologne et en Allemagne, se pose aussi la question épineuse de la réduction progressive du nucléaire en France où il pèse pour 72% de la génération électrique.

Dans sa mouture initiale, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte²² publiée au Journal Officiel le 18 août 2015 visait, entre autres, à ramener à l'horizon 2025 la part du nucléaire à 50% du mix électrique. Pour ce faire, il était prévu de fermer une vingtaine de réacteurs nucléaires sur les soixante aujourd'hui opérationnels (c'est-à-dire supprimer en une dizaine d'année 20 GW de nucléaire) et de les remplacer par de l'éolien et du solaire PV. Un projet consistant à rajouter 35000 éoliennes équivalentes de 2MW aux 6000 existantes. Or, **au rythme actuel de 600 nouvelles éoliennes par an, le parc dépassera à peine les 10000 éoliennes en 2025.**

Un déplacement accélérée du nucléaire français vers les renouvelables n'est donc compatible qu'avec un support significatif du gaz. Mais, une telle décision aurait pour effet d'accroître les émissions de françaises, une décision politiquement difficile pour un pays qui possède le mix le plus décarboné du monde.

Un exemple qui démontre les limites mais aussi les « vices cachés » des politiques nationales. Autant une telle décision est politiquement difficile en tant que Nation isolée, autant elle deviendrait non contraignante au sein d'une Europe comptabilisant globalement ses émissions et non plus Nation par Nation. Un exemple qui met en lumière toute la pertinence d'un projet européen de l'Energie.

3.7.2 Améliorer le rendement de la génération électrique

En dehors du déplacement de la génération électrique charbonnière (et en partie nucléaire) vers les ENRi, il est aussi indispensable d'améliorer l'efficacité de la génération électrique européenne.

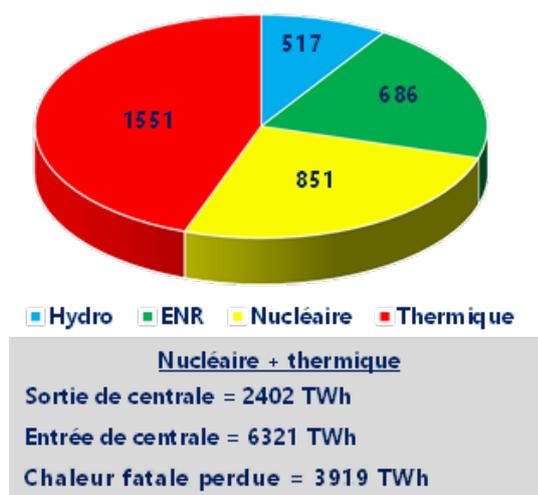


Figure 14 – Répartition de la génération électrique européenne et estimation de la chaleur fatale

Source des données : BP statistical review 2018

Car, si l'électricité est une commodité de génie elle représente aussi un gaspillage éhonté. En effet, la génération d'électricité dans les centrales thermiques (gaz, charbon, fioul, biomasse, nucléaire) requiert de produire de la vapeur dont une grande partie de l'énergie calorifique est dissipée dans l'environnement. C'est ce qu'on appelle la « chaleur fatale ».

Les cycles thermiques conventionnels ont un rendement (rapport entre la quantité d'énergie électrique récupérée en sortie de centrale et l'énergie primaire fournie en entrée de centrale) compris entre 35% et 40%. En considérant une valeur de 38%²³ la chaleur fatale dissipée par la génération électrique européenne est égale à 3919 TWh (Figure 14). C'est 6 fois...la consommation de chaleur européenne (658 TWh équivalents thermiques en 2016²⁴).

Deux technologies matures existent pour améliorer ce rendement déplorable : la cogénération et les cycles combinés.

La cogénération valorise la chaleur fatale pour produire de l'eau chaude destinée au chauffage urbain, à la production d'eau chaude sanitaire voire à certaines applications industrielles ou agricoles (serres par exemple).

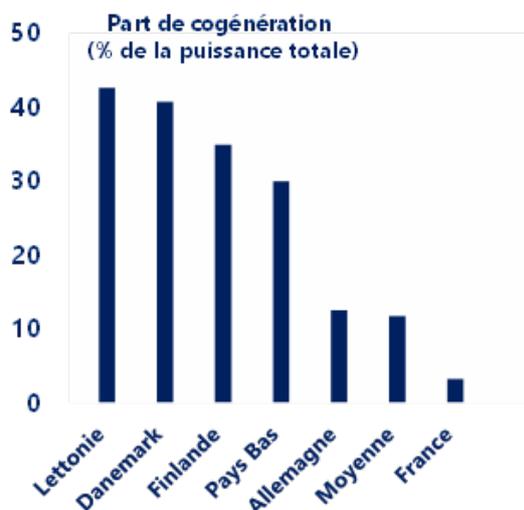


Figure 15 – Part de la cogénération dans divers pays de l'Union Européenne

Source : <http://www.assemblee-nationale.fr/11/rap-off/r1359-17.asp>

Ce procédé peu coûteux repose sur de simples échangeurs de chaleur. Il **permet d'atteindre des rendements spectaculaires jusqu'à 80 %**. Toutefois, la chaleur se transportant avec beaucoup de pertes, la cogénération se doit d'être réalisée au plus près de l'utilisateur thermique. Les utilisateurs d'eau chaude se trouvant la plupart du temps assez éloignés du carreau de la centrale, la distance représente un frein majeur à la cogénération. La miniaturisation des centrales thermiques en périphérie d'agglomération en support des renouvelables devrait pallier à cet inconvénient.

Pourtant, la cogénération dans la production d'électricité de l'UE ne compte en moyenne que pour 12% de la puissance installée (**Figure 15**). Alors qu'en Lettonie, au Danemark, en Finlande et aux Pays Bas elle représente plus de 30%, elle n'atteint que 12,5% en Allemagne et moins de 4 % en France. La cogénération même partielle permettrait aisément de couvrir les besoins en chaleur de l'Union et de réduire par la même occasion significativement ses importations de pétrole et de gaz première cause de sa dette endémique (voir Paragraphe 5). **Une économie annuelle considérable de près de 65 milliards d'Euros pour les citoyens européens.**

Un cycle combiné consiste à faire fonctionner en cascade une turbine à gaz avec une turbine à vapeur. La chaleur résiduelle des gaz d'échappement de la turbine à gaz est utilisée dans une chaudière où l'on produit de la vapeur qui est ensuite détendue dans une turbine à vapeur.

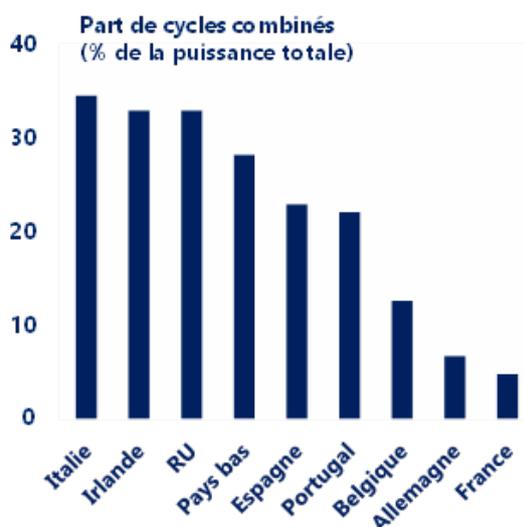


Figure 16 - Part des cycles combinés dans divers pays de l'Union Européenne

Source : <http://www.assemblee-nationale.fr/11/rap-off/r1359-17.asp>

Ce couplage turbine à gaz & turbine à vapeur permet d'atteindre un rendement de 60%. Le cycle combiné n'est pas pénalisé par les contraintes de la cogénération dans la mesure où son seul dessein est de produire de l'électricité avec un rendement supérieur. Les cycles combinés peuvent être jumelés avec de la cogénération.

En Europe, les principaux pays gaziers sont les champions des cycles combinés. Ainsi, en Italie, au Royaume Uni et en Hollande ils représentent plus de 30% de la puissance totale installée alors qu'en Allemagne et en France, ils ne comptent respectivement que pour 7% et 5% (Figure 16).

Passer de 38% à 60% la seule génération électrique gazière permettrait à l'Europe d'économiser près de 600 TWh_{eq} de gaz soit une économie substantielle de 60 milliards d'euros supplémentaires pour les citoyens européens.

3.7.3 Des prix de l'électricité très hétérogènes

Malgré une libéralisation des marchés européens de l'électricité, le prix du kWh reste, pour les particuliers, très hétérogène au sein de l'Union européenne (Figure 17- gauche). En 2017, ils variaient de 0,1 €/kWh en Bulgarie à plus de 0,3 €/kWh en Allemagne et au Danemark.

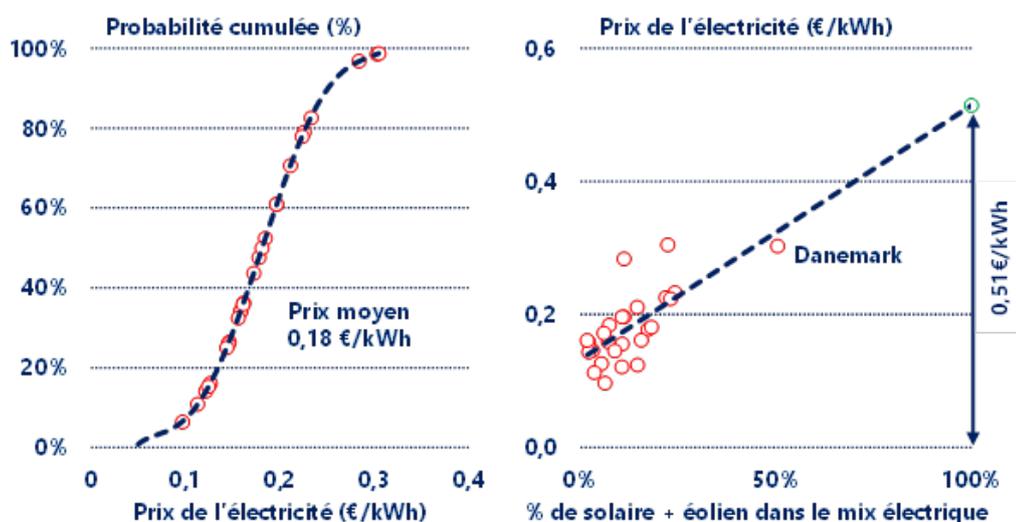


Figure 17 – Prix de l'électricité 2017 dans les pays de l'Union Européenne. Impact prix de la part de solaire et d'éolien dans le mix électrique.

Source : EUROSTATS et BP statistical review 2018

Bien corrélés au pourcentage de solaire et d'éolien mis en œuvre dans le mix électrique, la disparité des prix reflète en grande partie le coût du déplacement du thermique (ou du nucléaire) vers les énergies renouvelables. Là où la part des renouvelables est la plus importante (Danemark, Allemagne, Italie), le prix du kWh est le plus élevé. Au vu des données de la Figure 17, déplacer une génération électrique tout thermique (0,13€/kWh) vers une génération électrique 100% renouvelable (tout à fait hypothétique) ferait en théorie plus que tripler le prix du kWh (0,51 €/kWh). Si la France veut rattraper ses confrères Européens en réduisant sensiblement sa part de nucléaire au profit des renouvelables, ce sera inévitablement au prix d'une augmentation du kWh qu'EDF commercialisait en 2017 à 0,17 kWh/€.

3.7.4 Des échanges sur la grille qui restent marginaux

Malgré l'ouverture de l'électricité à la concurrence dès 1996²⁵, l'hétérogénéité des mix électriques et les prix très hétérogènes de l'électricité imposés par les gouvernements reflètent une somme de transitions nationales non coordonnées. Elle n'a pas permis pour l'instant de développer un grand marché européen de l'électricité. Ainsi, les échanges au sein de la grille restent aujourd'hui plus que limités (Figure 18).

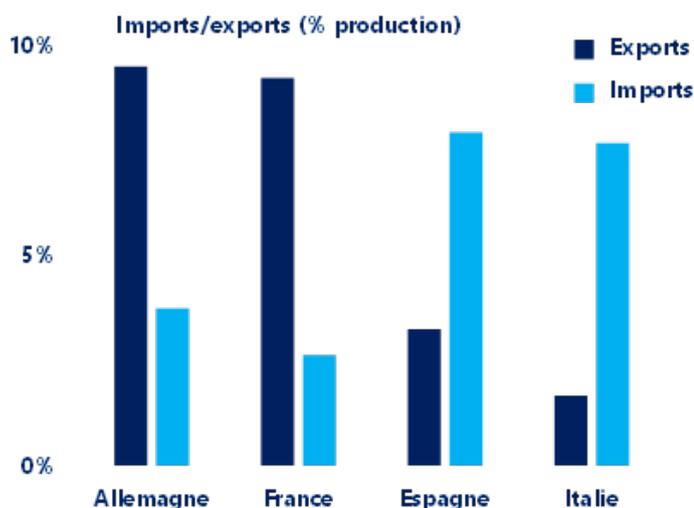


Figure 18 – Imports et exports d’électricité sur la grille européenne en 2016 (en % de la production)

Source : EUROSTATS et BP statistical review 2018

La France (grâce à son nucléaire) et l’Allemagne (à cause de ses surplus de solaire et d’éolien) sont les plus gros exportateurs (10% d’exports 2016) alors que l’Espagne, l’Italie, le Royaume-Uni sont importateurs nets. L’électricité reste donc pour l’instant des « affaires nationales » organisées autour de « monopoles naturels » publics et intégrés. La justification est à la fois technico-économique (économies d’échelle, contrôle de l’ensemble des sources pour optimiser les coûts de production), sociale (service public altruiste et non concurrentiel pratiquant des tarifs supposés non profitables au sein d’un secteur régulé) et stratégique (réseau de distribution étroitement lié à l’aménagement du territoire, commodité stratégique en cas de conflit). Il s’agit là d’un autre point dur quant au développement des renouvelables à grand échelle qui auront besoin dans l’avenir d’échanges beaucoup plus volontaristes sur la grille européenne.

3.8 La rénovation de l’habitat

Le second levier concerne la rénovation des « passoires énergétiques » encore très nombreuses en Europe. Elles peuvent être la source d’économies considérables d’énergie. Ainsi, en France, près de la moitié des 30 millions de logements consomment plus de 300 kWh par an et par mètre carré alors que la loi sur la transition énergétique impose aux nouvelles constructions une consommation inférieure à 50 kWh. Une isolation basique des murs et des combles permettrait de faire passer ces passoires énergétiques E/F/G en catégorie D (<280 kWh par an et par mètre

carré). Elle coûterait à l'échelle de la France 80 milliards d'euros²⁶ mais permettrait une économie annuelle de 100 TWh soit environ 12 milliards d'euros sur une facture globale de 44 milliards d'euros²⁷. Le retour sur investissements serait de l'ordre de 7 ans. La majorité de ces logements étant occupés par des familles modestes très peu fiscalisées, le crédit d'impôt n'est en aucun cas incitatif. Il est donc indispensable de développer au niveau européen des normes communes mais aussi des mécanismes de financement adaptés.

En Belgique, la rénovation de l'habitat est même le premier levier de réduction des émissions notamment à Bruxelles et dans le sud du Pays où presque la moitié des logements datent d'avant 1940. Un projet proposé par la FABI²⁸ propose d'isoler en priorité sur la période 2020 à 2050 50% de logements E, F et G aux normes D, C et B. Il propose également la sortie du fuel en 2038 tandis que les nouveaux logements sont tous construits aux normes 2020 et équipés de Pompes à Chaleur (PAC) aérothermiques. Le projet permet de réduire de moitié la quantité d'énergie consommée dans l'habitat qui représentait en 2016 30% de la consommation finale d'énergie. En 2050, le mix habitat est presque entièrement décarboné puisqu'il ne contient plus que 13% de gaz (contre 26% de biomasse et 61% d'électricité). Il évite de rejeter dans l'atmosphère 260 millions de tonnes de CO₂.

Pour un coût cumulé de 41 Mds € (soit un investissement moyen de 1,2 Mds €/an) la VAN2% 2050 est égale à 110 Mds € et le temps de retour sur investissement est de l'ordre de 8 ans.

La rénovation des passoires énergétiques s'avère donc très rentable sur le plan économique, efficace sur le plan environnemental et plus qu'apprécié sur le plan sociétal. **Un grand plan de rénovation de l'habitat devrait être la première priorité du projet énergétique européen.**

3.9 Les transports

93% de l'énergie utilisée dans les transports est du pétrole. Réduire la consommation pétrolière de l'Europe passe donc soit par une réduction de la consommation des voitures thermiques soit par un déplacement du pétrole vers le gaz, l'électricité et l'hydrogène. Pour les camions, le gaz dans ses versions comprimée et liquéfiée est une option attrayante qu'il faudra développer grâce au déploiement d'un réseau de distribution

26 - 100 Euros par mètre carré

27 - P.A. Charlez (2017) "Croissance, énergie, climat. Dépasser la quadrature du cercle" Editions De Boek Supérieur

28 - FABI 2019 Energy Outlook. Publication FABI (Fédération Belge des Associations d'Ingénieurs) Avril 2019

européen suffisamment dense. Il reste à construire. L'Europe de l'énergie pourrait aussi relancer le ferroutage. Il allie l'aptitude du chemin de fer à effectuer des transports de façon économique sur de longues distances et la souplesse de la route à desservir les contrées les plus reculées. **Par contre, compte tenu de la puissance requise (500 CV à 700CV), l'électricité n'est pas une option souhaitable pour les camions car il nécessiterait des batteries démesurément lourdes dont la fabrication serait fortement consommatrice de métaux rares et hautement émettrice de CO2.**

En ce qui concerne les voitures individuelles, l'électricité apparaît comme l'alternative la plus crédible au pétrole. Mais, elle possède aussi de nombreux inconvénients : l'autonomie, la durée de recharge, l'utilisation massive de métaux rares (lithium et cobalt notamment) et enfin des émissions liées à la fabrication. Selon un récent rapport du *Swedish Environmental Institute*²⁹ elles sont de l'ordre de 200kgCO₂/kWh. **Une Tesla de 85kWh ne devient donc neutre en carbone par rapport à une voiture thermique émettant 130gCO₂/100km qu'au bout de...130000 km.** Aussi, la voiture électrique n'est pas conçue pour des longs trajets. Sur des parcours urbains elle prend au contraire toute sa place tant sur le plan économique qu'environnemental. Une mutualisation des commandes des grandes villes Européennes et une standardisation des bornes de recharge devraient permettre de faire de la petite voiture électrique l'incontestable « urbaine » du futur. Son utilisation devrait réduire significativement la consommation pétrolière européenne.

Pour les longues distances nous lui préférons la voiture thermique basse consommation. Il existe en effet de nombreux leviers (vitesse, poids, frottements, digital pour développer en série la boîte de vitesse intelligente) pour réduire à 3l/100 km voire 2l/100km la consommation moyenne des voitures sur de grandes distances (contre 6l/100km aujourd'hui). Quant à la **voiture hybride elle a l'avantage de la flexibilité puisqu'elle utilise plutôt l'électricité en ville et le moteur thermique sur les longues distances.** Mais, compte tenu du poids supplémentaire de la batterie, elle consommera sur grande distance nettement plus qu'une voiture thermique conventionnelle. Elle ne constitue donc pas, loin s'en faut, une solution énergétique optimale.

Nous ne sommes pas favorables aux biocarburants qui, ne seront jamais une alternative au pétrole. A quantité d'énergie équivalente, ils demandent 12000 fois plus de surface au sol que le pétrole conventionnel. Cultivés sur des terres paysannes, ils entrent de facto en concurrence avec l'agriculture alimentaire. Cultivés sur d'anciennes terres forestières qu'il aura fallu défricher, leur développement réduit la capacité d'absorption

29 - Mia Romare, Lisbeth Dahllöf (2017) "The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries A Study with Focus on Current Technology and Batteries for light-duty vehicles" IVL Swedish Environmental Research Institute

du carbone de la planète. Par ailleurs, les plantes dont ils sont extraits demandent beaucoup d'eau. Enfin entre la culture, la ferme et la distillerie, la production d'un kWh d'éthanol demande entre 0,85 kWh et 0,9 kWh d'autoconsommation³⁰. Verts en apparence mais loin d'être roses, on peut classer les biocarburants dans la rubrique des « fausses bonnes idées ».

L'hydrogène que l'opinion publique, les médias et le monde politique semblent affectionner serait-il la panacée ? Ce gaz pourrait-il remplacer les combustibles fossiles dans les transports et la génération électrique en utilisant la pile à combustible qui transforme l'hydrogène en électricité. C'est ce que prône l'essayiste américain Jeremy Rifkin³¹ en imaginant « *The Hydrogen Economy* » comme société du futur.

L'idée est loin d'être nouvelle. Cette molécule ultralégère (premier élément du tableau de Mendeleïev) fut décelée par Cavendish³² en 1766 puis popularisée par Lavoisier³³ en 1783. Ses applications « *datent aussi de Mathusalem* » : la première électrolyse de l'eau³⁴ fut réalisée en 1800 par l'italien Volta et la pile à combustible³⁵, souvent présentée aujourd'hui comme une percée technologique, fût découverte par l'Allemand Christian Schönbein en 1839 soit...plusieurs décennies avant le moteur thermique.

Quand on regarde ses propriétés physico-chimiques, l'hydrogène apparaît comme un brillant concentré énergétique présentant de nombreux avantages. Non toxique il possède un pouvoir énergétique massique égal à deux fois et demie celui du pétrole et du gaz, six fois celui du charbon et dix fois celui du bois. Et, quand il brûle, il ne produit pas un gramme de dioxyde de carbone...seulement de l'eau. Pourtant, si l'hydrogène est couramment utilisé dans l'industrie chimique et pétrochimique (synthèse de l'ammoniaque pour les engrais notamment), son utilisation énergétique reste aujourd'hui anecdotique. Pourquoi cette molécule réputée sans faille n'a-t-elle jamais percé économiquement comme alternative énergétique aux hydrocarbures ?

La raison en est simple : **instable chimiquement, l'hydrogène n'existe pas à l'état libre dans la nature.** Par contre, on le trouve massivement dans de nombreuses roches (dont il serait extrêmement complexe et coûteux de l'extraire) mais surtout dans l'eau (H₂O) et les hydrocarbures (C_nH_{2n+2}) dont le gaz naturel CH₄. C'est donc à partir de ces deux sources primaires qu'il doit être produit et ce à l'aide de deux procédés bien connus : (1) l'électrolyse pour l'eau (2) le vapo-reformage pour le méthane.

30 - <http://aspofrance.viabloga.com/files/article%20CRAS%20%E9thanol.pdf>

31 - J. Rifkin (2003) "The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth" Ed Tarcher/Putnam

32 - <https://www.universalis.fr/encyclopedie/decouverte-de-l-hydrogene-par-cavendish/>

33 - C'est Lavoisier qui montre le premier qu'en associant hydrogène et oxygène on formait de l'eau

34 - www.mediachimie.org/.../production-d-hydrogene-par-electrolyse-de-l-eau-sur-membrane

35 - www.societechimiquedefrance.fr/piles-a-combustible.html

Technique séculaire datant de 1926, le vapo-reformage, consiste à produire de l'hydrogène en faisant réagir du méthane (mais aussi possiblement du pétrole et même du charbon) sur de la vapeur d'eau à haute température. C'est à partir de cette technique que l'on produit aujourd'hui dans le monde la presque totalité de l'hydrogène (60 Millions de tonnes dont 11 aux US et 9 en Europe). Leur destination est chimique et non pas énergétique. Le vapo-reformage consomme d'une part beaucoup d'énergie (il faut chauffer le mélange à presque 1000°C pour en extraire l'hydrogène) et d'autre part émet du CO₂. Mieux vaut donc dans ce cas brûler directement le méthane ou le pétrole ! **En utilisant cette technique l'hydrogène ne peut pas s'imposer en tant que vecteur énergétique.**

La seconde technique est l'électrolyse de l'eau. Elle consiste à dissocier les molécules d'eau en hydrogène et en oxygène en y faisant passer un courant électrique. Une nouvelle fois il faut injecter de l'énergie (en l'occurrence de l'électricité) dans le système. Les technologies actuelles conduisent à un rendement de l'ordre de 60%. **Autrement dit il faut 5 kWh d'électricité pour produire 3 et 4 kWh d'hydrogène.**

L'idée est de produire l'hydrogène par électrolyse de l'eau en utilisant les surplus d'électricité renouvelable non consommés. L'électrolyse devient alors un moyen indirect de transformer l'énergie électrique sous forme d'hydrogène stockable puis réutilisable. Qualitativement intéressante cette technique, aussi appelée « *power to gas* », peut-elle représenter pour l'Europe une source significative d'énergie dans le futur?

Les ordres de grandeur ont malheureusement de quoi effrayer. **Remplacer le gaz européen (400 Mtoe consommés en 2017) par de l'hydrogène produit à partir d'électrolyse, nécessiterait de mobiliser 6,5 PWh soit... le double de la consommation de l'union européenne, une mission absolument impossible.**

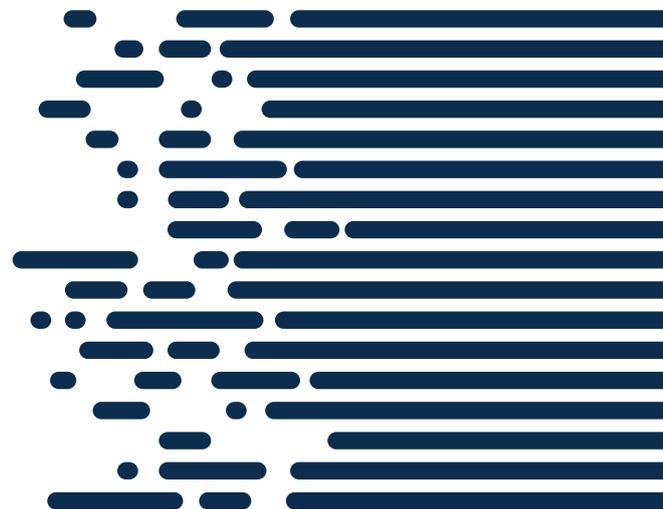
Inversement, en supposant que l'on atteigne d'ici 2030, 30% de production électrique renouvelable (soit 1100 TWh de production annuelle contre 700 TWh aujourd'hui) et que 40% de surplus (soient 500 TWh tout à fait hypothétiques) non consommés puissent être transformés, cela correspondrait à 300 TWh d'hydrogène soit 1,5% de la consommation d'énergie primaire de l'Union Européenne. **L'hydrogène sera donc dans l'avenir une source d'appoint rien de plus. La société hydrogénée de Jeremy Rifkin n'est qu'une chimère d'illusionniste³⁶.**

3.10 L'industrie

Depuis le début du XXI^e siècle, la part du PIB européen provenant de l'industrie s'est contractée de 4% alors que les services augmentaient d'autant. Contrairement à une idée reçue, depuis 2008 et la crise des subprimes, les chiffres n'ont pratiquement pas évolué.

L'industrie représentant grosso modo le quart de la consommation d'énergie de l'UE, cette délocalisation a finalement joué un rôle assez marginal sur la réduction de l'intensité énergétique dont la partie principale résulte bien d'une amélioration de l'efficacité énergétique.

Réduire ou déplacer l'énergie dans l'industrie nécessite de changer les procédés et les organisations des secteurs énergétivores (chimie, raffinage, ciment, verre, sidérurgie et non ferreux). Depuis une trentaine d'années, les uns et les autres ont beaucoup évolué et, on n'entrevoit pas aujourd'hui de réelle rupture technologique hormis peut-être l'utilisation de l'hydrogène comme oxydo-réducteur en lieu et place du coke dans la sidérurgie. Compte tenu des températures requises, la plupart des industries énergétivores ne peuvent s'accommoder de l'électricité et continueront d'utiliser des énergies fossiles. La transition énergétique dans l'industrie repose donc essentiellement sur des améliorations incrémentales des procédés et des organisations.





IV - Le pilier sécurité énergétique européenne

L'énergie ne doit pas seulement être propre elle doit aussi être disponible et contribuer au développement individuel et collectif des européens. L'histoire montre malheureusement que le chantage énergétique reste encore trop souvent utilisé à des fins politiques. La transition énergétique ne peut pas être dé耦lée de considérations géopolitiques.

4.1 La dépendance endémique de l'Europe envers les énergies fossiles

Malgré la mise en œuvre depuis le premier choc pétrolier de sources alternatives d'énergie comme le nucléaire ou les ENR, le mix énergétique européen reste profondément dépendant des énergies fossiles. Leur part s'est certes réduite de façon significative depuis les années 1970 quand elles comptaient pour plus de 90% du mix. Toutefois en 2017, elles représentaient toujours 76% du mix énergétique primaire (Figure 19 - gauche). Le pétrole incontournable dans les transports et la pétrochimie comptait en 2017 pour 38%, le gaz (génération électrique et chauffage domestique) pour 24% et le charbon (génération électrique pour l'essentiel) seulement pour 14% c'est-à-dire deux fois moins que le mix mondial (28% en 2017).

La production européenne d'hydrocarbures (provenant principalement de la Mer du Nord – Royaume Uni, Pays-Bas et dans une moindre mesure Danemark) et de charbon (Pologne, Allemagne et Royaume Uni) sont en déclin continu depuis le début du siècle. Aussi, les importations européennes d'énergies fossiles ont considérablement augmenté au cours des vingt dernières années. En 2017, l'Union Européenne importait 90% de son pétrole, 76% de son gaz et 47% de son charbon (Figure 19 - droite). La dépendance énergétique de l'Europe vis-à-vis des combustibles fossiles représente donc un point de faiblesse majeur. A tout moment, il peut fragiliser sa sécurité énergétique. Si ses fournisseurs de pétrole et de charbon sont relativement nombreux et diversifiés sur l'ensemble de la planète, il n'en est pas de même des fournisseurs gaziers.

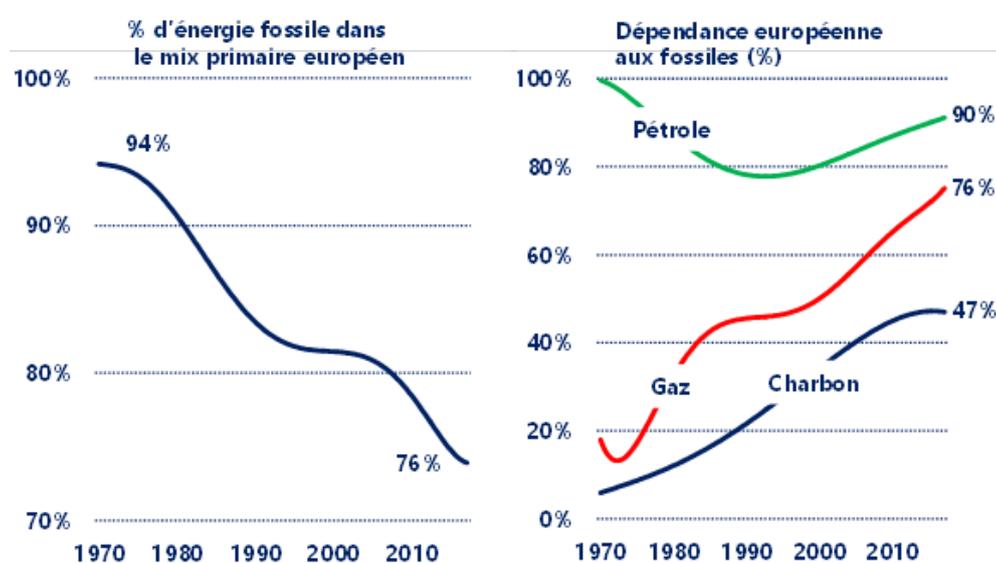


Figure 19 – Mix européen et part des énergies fossiles depuis 1970
Dépendance de l'Europe aux énergies fossiles
Source des données : BP Energy Outlook 2018

Complexe à transporter (notamment à travers les océans) le gaz est consommé de préférence localement ou régionalement. L'Europe est approvisionnée par l'Algérie, la Norvège mais surtout la Fédération de Russie³⁷ qui assure la moitié de l'approvisionnement gazier européen. **Au cours des quatre dernières décennies, la dépendance gazière européenne est passée de 15% à 76%.** Le déclin irréversible des champs domestiques britanniques et hollandais permettent d'anticiper qu'en 2035 elle dépassera 90%.

4.2 Les contraintes géopolitiques liées au gaz

Diversifier les approvisionnements gaziers représente donc pour l'Europe un sujet majeur pour sa sécurité énergétique. D'autant que pour les anciens pays du Pacte de Varsovie comme les pays Baltes ou la Pologne

37- La Fédération de Russie est le second producteur mondial de gaz après les Etats-Unis

l'indépendance énergétique vis-à-vis de la « Grands Russie » est une priorité. Et cette priorité n'a pas qu'une connotation énergétique elle a aussi un double sens historique et émotionnel. La politique énergétique de la Pologne ne peut correctement s'analyser sans prendre en compte les relations tumultueuses qu'elle a, depuis toujours, entretenue avec la Russie et dont les blessures sont loin d'être cicatrisées³⁸. Les Polonais gardent particulièrement en mémoire le funeste traité du 23 août 1939 quand Ribbentrop et Molotov décrétèrent le « *quatrième partage de la Pologne* ». Ils ne peuvent non plus oublier leur asservissement à Moscou durant la guerre froide.

La Pologne est historiquement un pays charbonnier riche de ses célèbre mines de Silésie. Mais sa production de charbon n'est plus aujourd'hui que la moitié de celle des années 1980. Pour compenser ce déclin et satisfaire sa croissance économique (l'une des plus élevées d'Europe), la Pologne a dû augmenter significativement ses importations de gaz et de pétrole russe. Aussi, la priorité de l'agenda polonais est-il de réduire cette dépendance par tous les moyens. La tentative de développer le gaz de schiste n'ayant pas abouti, les polonais ont ouvert la voie au Gaz Naturel Liquéfié (GNL) grâce au terminal de Swinoujscie, récemment inauguré sur la côte baltique. Mais, **le charbon, qui produit 85% de l'électricité polonaise, restera le fondement de sa sécurité énergétique.**

L'histoire et la géopolitique peuvent donc parfois peser davantage sur les décisions des Etats Membres que les considérations climatiques et même économiques. Ainsi, Jerzy Buzek, ancien président du parlement européen, déclarait récemment en clôture d'un colloque³⁹ que « *pour l'Europe en général et la Pologne en particulier, la transition énergétique ne pouvait se restreindre à la seule réduction des émissions de GES. L'indépendance énergétique doit en être le premier pilier* ». Mais tout à un prix ! **Le MWh polonais est le plus carboné d'Europe (Figure 9)**. Un exemple parmi tant d'autres où l'Histoire et la Géopolitique l'emportent largement sur les objectifs environnementaux. Et ce n'est pas la récente COP24 qui s'est tenue à Katowice en pleine terre charbonnière polonaise qui viendra contredire cette analyse.

Comme pour l'électricité et le pétrole, **l'Europe a besoin de développer une stratégie commune d'approvisionnement gazier**. D'autant qu'un bon tiers de ce gaz transite toujours par l'Ukraine via l'historique « Brotherhood » mis en service à la fin des années 1960 (Figure 20). En perpétuel conflit avec Kiev, Moscou peut ainsi couper partiellement l'approvisionnement gazier de l'Europe comme ce fût le cas lors de la crise de 2014. La stratégie européenne vise donc à réduire autant que possible les volumes de gaz transitant par le Brotherhood et d'utiliser préférentiellement le « Nord Stream » qui court

38 - <http://www.diploweb.com/Pologne-Russie-queles-relations.html>

39 - Ph. A. Charlez (2015) "The shale gas experience in Poland" Bruxelles 17/09/2015 Notes personnelles

depuis Saint Petersburg vers le nord de l'Allemagne sous la mer Baltique⁴⁰.

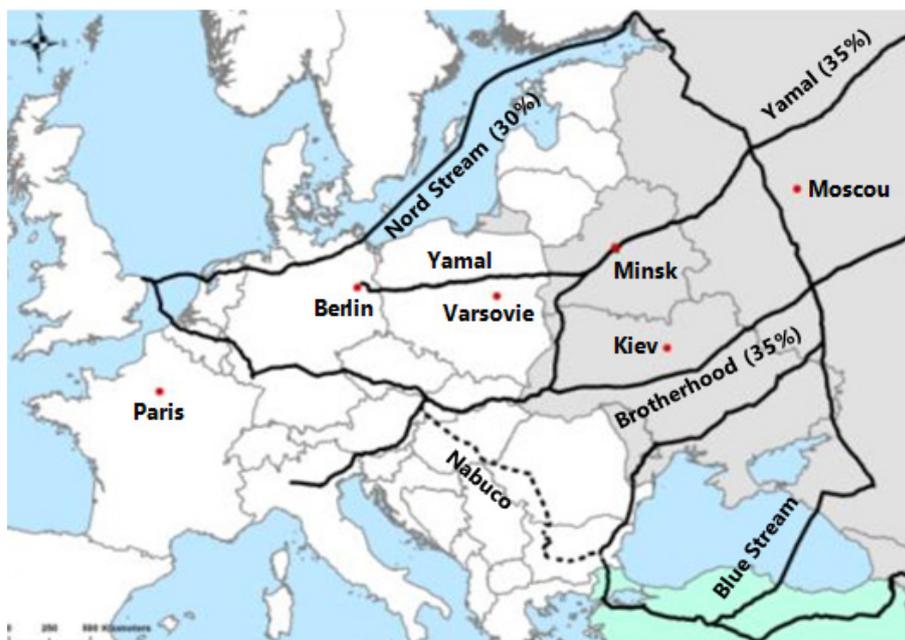


Figure 20 – Principales routes gazières européennes

Source des données : IHS CERA

Le projet de doublement du Nord Stream devait permettre à terme de marginaliser le Brotherhood. Sa construction fortement encouragée par l'Allemagne devait commencer en avril 2018. Mais il se heurte à une vive opposition des pays est européens comme la Pologne, la Slovaquie et la Tchéquie qui refusent de voir l'Europe augmenter encore sa dépendance énergétique vis-à-vis de la Russie. Le projet est aussi mis à mal par les autorités américaines⁴¹ qui, lors du dernier sommet de l'OTAN en juillet 2018, ont accusé l'Allemagne « à travers Nord Stream 2 d'être prisonnière du gaz russe ».

La stratégie américaine n'est pas désintéressée et cherche à conquérir les marchés européens pour y vendre son Gaz Naturel Liquéfié qu'elle exporte pour l'instant essentiellement vers le sud-est asiatique. Car le GNL américain même s'il est moins compétitif en Europe que le gaz russe⁴² est l'une des possibles sources d'approvisionnement permettant à l'Europe de diversifier ses importations gazières. Grâce à la chute des prix depuis 2015, le marché du GNL est en effet devenu plus favorable à l'Europe que par le passé. D'autant qu'en dehors des US, de grosses quantités de GNL en provenance d'Iran, d'Égypte et d'Israël pourraient inonder les marchés au cours de la prochaine décennie.

40 - ENTSO-G Transparency Platform

41 - https://www.lemonde.fr/international/article/2018/07/11/le-partage-des-depenses-de-defense-au-c-ur-du-sommet-de-l-otan_5329620_3210.html

42 - P.A. Charlez (2018) "Will US Liquefied Natural Gas be able to compete with the Russian gas markets in the long term?" World Gas Conference Washington 26 to 29 June 2018

L'Europe aurait aussi pu tenter de relancer sa production domestique via le développement de ses ressources en gaz de schistes⁴³. Ce regain de production domestique aurait pu au mieux⁴⁴ maintenir la dépendance gazière de l'Europe à son niveau actuel. Il ne s'agissait donc pas, comme aux Etats Unis, d'un véritable « game changer ». D'autant que, contrairement à l'Amérique du Nord, les blocages sociétaux sont très vigoureux dans un « vieux continent » fortement urbanisé et peu enclin à voir se développer sur son sol des hydrocarbures. Un nouvel exemple d'hétérogénéité culturelle entre français virulents opposants et britanniques chauds partisans. Mais, les russes possèdent de telles marges de manœuvre sur leurs prix qu'ils auraient pu « *en un clic* » condamner économiquement tout projet européen. Le volet économique a donc refermé le dossier gaz de schiste en Europe. A moyen terme il n'avait aucune chance d'aboutir.

4.3 La guerre des métaux rares⁴⁵

Mais, la dépendance énergétique de l'Europe ne s'arrête pas aux hydrocarbures. Les défenseurs du nucléaire ont toujours clamé que l'atome avait donné aux européens l'indépendance énergétique et en partie sécurisé leur approvisionnement. Au contraire, ses détracteurs prétendent que le nucléaire représente une autre forme de dépendance puisqu'à l'instar des sources d'énergie fossiles, les réserves d'uranium sont inégalement réparties. Si le Canada et l'Australie sont des producteurs historiques et fréquentables, le « yellow cake » est aussi extrait dans des pays contrôlés par des régimes autoritaires et corrompus comme le Kazakhstan, le Niger, la Russie, la Namibie ou l'Ouzbékistan. **Il y a néanmoins une différence de taille entre la dépendance fossile et la dépendance nucléaire : c'est la constante de temps. Alors que le pétrole, le gaz ou le charbon s'achète quotidiennement sur des marchés spot, la durée de vie du combustible nucléaire chargé dans un réacteur est comprise entre 12 et 18 mois selon son taux de fonctionnement⁴⁶. Il n'y a donc aucune comparaison entre la volatilité des deux marchés.** La durabilité d'un réacteur nucléaire donne à un pays une incontestable indépendance énergétique.

Quant aux **énergies renouvelables** ses supporters prétendent qu'ils confèrent à un pays une totale indépendance énergétique dans la mesure où le vent et le soleil...n'appartiennent à personne. Mais, **la dépendance ne se situe plus au niveau des ressources mais bien au niveau des matériaux** (lithium, cobalt, terres rares) nécessaires aux équipements

43 - US EIA (Energy Information Administration) "Technically Recoverable Shale Oil & Gas Resources : an assessment of 137 Shale Formations in 41 countries outside the US" June 2013

44 - J. Williams, M. Winter, P. Summerton & S. Billington (2013) "Macroeconomic impacts of EU shale gas development" POYRY – Phase I: gas and power market impacts - Phase II: Employment impact". <http://www.ogp.org.uk/IOGP> September 2013

45 - G. Pitron (2018) « La guerre des métaux rares - La face cachée de la transition énergétique et numérique » Ed Les Liens qui Libèrent

46 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Arr%C3%AAt_de_tranche

de transformation (éoliennes, panneaux solaires, batteries, piles à combustible). Et sur ce plan la distribution géographique est encore bien plus critique que celle des hydrocarbures et de l'Uranium.

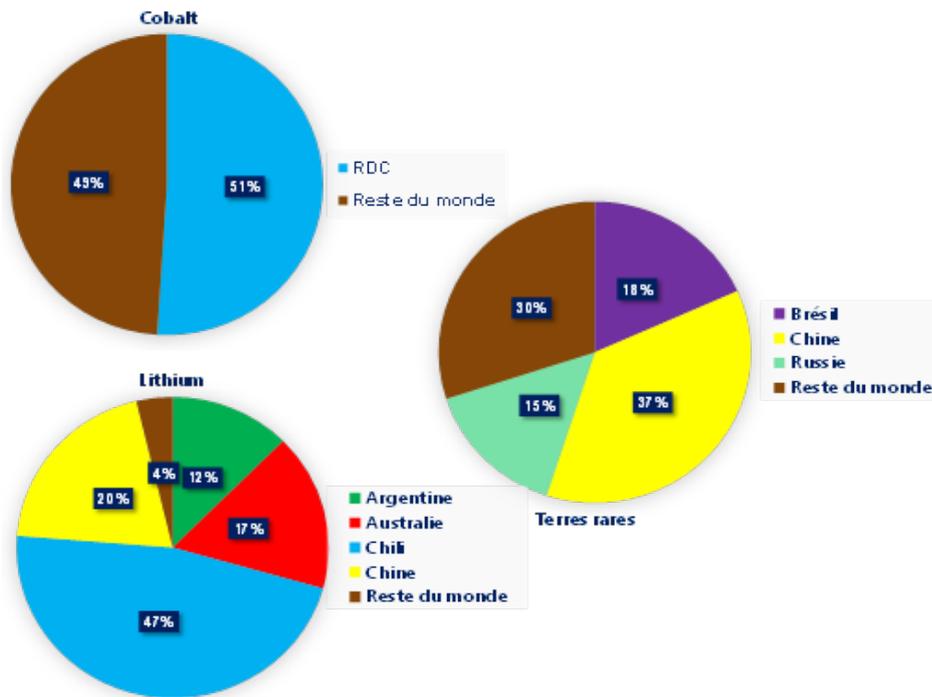
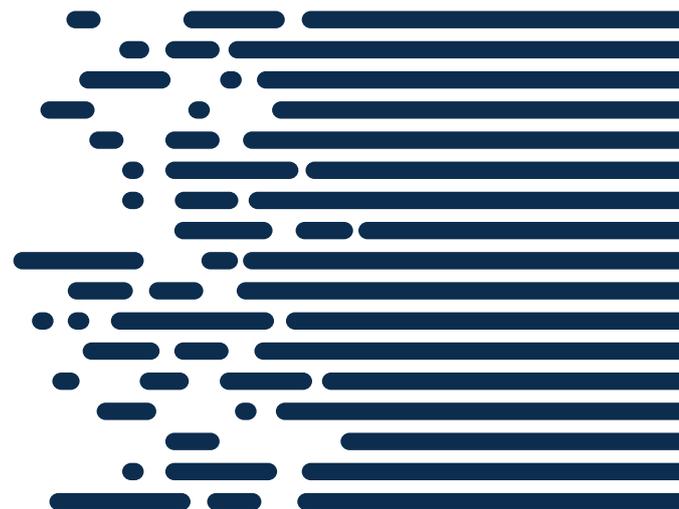


Figure 21 - Distribution des réserves mondiales de cobalt, lithium et terres rares (BP statistical review 2018)

Ainsi (Figure 21) la moitié des réserves mondiales de cobalt (électrodes des batteries) sont situées en République Démocratique du Congo et près de 60% des réserves de lithium (électrolyte des batteries) au Chili et en Argentine. Quant aux terres rares, la Chine recèle plus du tiers des réserves mondiales. Comme pour les hydrocarbures ou l'atome, l'Europe des renouvelables sera dans l'avenir fortement dépendante de ses fournisseurs. Contrairement à une idée reçue, les renouvelables ne résolvent donc en rien le problème d'indépendance énergétique de l'Union Européenne « Les batteries étant pour l'essentiel fabriquées en Chine et en Corée, l'avènement de la voiture électrique pourrait s'avérer meurtrière pour l'industrie automobile Européenne.





V - Le pilier compétitivité

5.1 Fin du mois et fin du monde

Démarré sur base d'une augmentation du prix à la pompe, le récent mouvement des « *gilets jaunes* » a clairement démontré que **l'énergie ne devait pas seulement être propre et disponible. Elle devait aussi être abordable.** Et le message était même hiérarchisé « *pas cher, est plus important que propre*⁴⁷ ». Un avertissement antagoniste de celui de Nicolas Hulot opposant « *la fin du monde à la fin du mois* »⁴⁸. Une démonstration supplémentaire que l'écologie est un « *sport de riches* » : le pilier climatique n'est audible que par ceux ayant des revenus confortables. Pour les autres, l'angoisse des fins de mois prime.

La vie quotidienne mais aussi la compétitivité des entreprises sont largement conditionnées par les prix de l'énergie. Des prix à la fois mondiaux (pétrole), régionaux (charbon, gaz) et nationaux (électricité) dont l'éclatement conduit inévitablement à des calculs économiques souvent déphasés des intérêts climatiques, politiques ou sociétaux.

Aucune nation n'est en effet prête à sacrifier la compétitivité de ses entreprises sur l'autel de la transition. La compétitivité d'une économie dépend de nombreux facteurs: coût du travail, du capital, droits de douane, taux de change et bien sûr coût des matières premières en général et de l'énergie en particulier. Suivant les secteurs d'activité, le poids relatif de ces

47 - <https://www.linfodurable.fr/transition-energetique-le-pdg-de-total-reclame-du-temps-9492>

48 - https://www.liberation.fr/debats/2018/12/06/chaque-fin-de-mois-la-fin-du-monde_1696440

différents éléments variera. Ainsi le coût du capital impactera fortement les start-up, le coût du travail pèsera davantage dans le tertiaire alors que le prix de l'énergie jouera un rôle majeur dans l'industrie lourde. Mais, dans tous les cas, l'accroissement des prix de l'énergie dégradera la compétitivité et les marges à court terme, les investissements et les dépenses de R&D à plus long terme.

Un renchérissement de l'énergie encourage souvent un secteur à délocaliser pour rétablir ses marges. Cependant, une augmentation des prix de l'énergie incite aussi à innover⁴⁹. Ainsi, durant les années 1970 et 1980 la hausse des prix du pétrole a entraîné un accroissement très significatif du nombre de brevets dans le secteur de l'énergie. Sans augmentation des prix à partir de 1973, l'efficacité énergétique n'aurait jamais été réduite dans les proportions où elle l'a été.

5.2 Balance des paiements, fiscalité et compétitivité intra-européenne

Si elle peut aussi s'analyser sur un marché intérieur, c'est surtout au niveau des exportations que se juge la compétitivité d'une économie. Elle vise un nombre limité de grands acteurs commerçant à l'international. Ainsi, en France, 90 % des exportations sont le fait de seulement 5 % des entreprises. Généralement il s'agit de multinationales très capitalistiques et innovantes. C'est donc sur ces gros exportateurs qu'il faut surtout analyser l'impact d'une hausse des coûts de l'énergie.

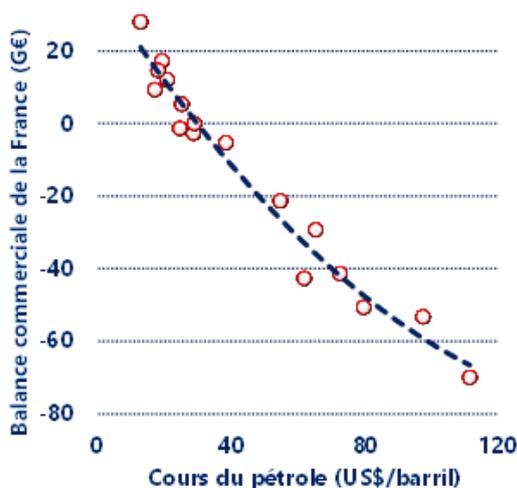
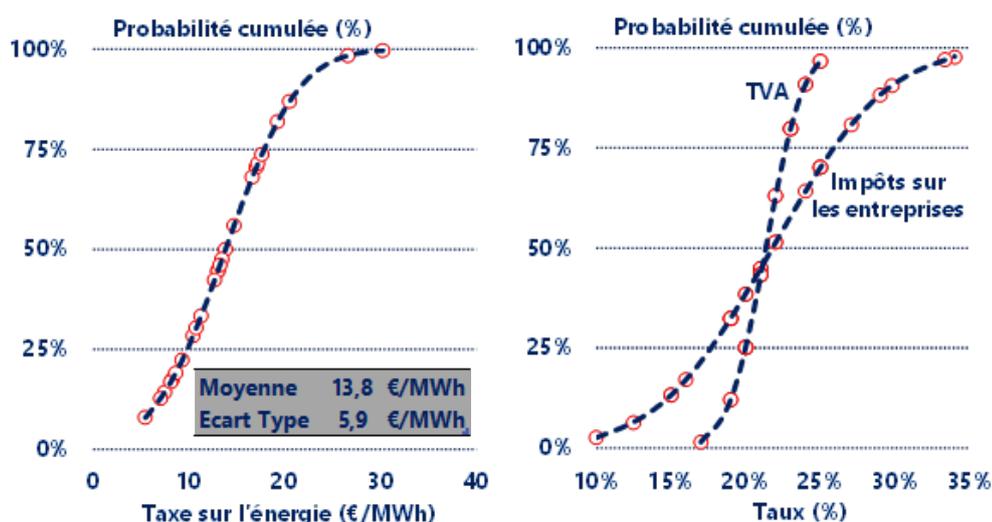


Figure 22 – Balance commerciale française en fonction du prix du pétrole.
Sources des données : BP Energy outlook 2016 & <http://lekiosque.finances.gouv.fr>

La balance commerciale est le principal indicateur permettant d'apprécier la compétitivité de l'économie d'un pays. Au cours des dix dernières années, la hausse vertigineuse des prix des hydrocarbures a ainsi grevé la

balance commerciale de la France dont le déficit est parfaitement corrélé aux cours du pétrole (Figure 22). Aussi, pour maintenir la compétitivité de leur appareil économique la plupart des pays européens défiscalisent en partie ou totalement l'électricité, le gaz, le fioul et le charbon pour les entreprises et en font supporter le surcoût aux particuliers.

D'une part cette stratégie ne stimule en rien les acteurs économiques à modifier leur politique énergétique avec souvent à la clé le chantage à l'emploi. Au contraire, elle stimule une compétition artificielle entre pays membres. Contrairement à une idée reçue, les principaux partenaires commerciaux des Européens ne sont ni la Chine ni les Etats-Unis mais...les européens eux-mêmes. Le marché intra-européen représente les deux tiers de leurs échanges. Aussi l'hétérogénéité des règles au sein des membres de l'Union (prix de l'énergie, fiscalité et charges sociales) mettent stupidement en concurrence les Nations Européennes entre elles et ce, au détriment de leur compétitivité vis-à-vis de leurs principaux partenaires extérieurs que sont la Chine et les Etats-Unis⁵⁰.



Ainsi la fiscalité sur l'énergie (Figure 23 - gauche) varie de 5 €/MWh en Bulgarie à 30€/MWh au Danemark. La France (12€/MWh) et l'Allemagne (14€/MWh) sont dans la moyenne européenne (12,4 €/MWh) tandis qu'au Royaume-Uni (17€/MWh) et surtout en Italie (26€/MWh) l'énergie est davantage fiscalisée. L'aberration est encore plus flagrante quand on regarde la TVA et la fiscalité sur les entreprises (Figure 23). En moyenne égale à 20% du PIB, la fiscalité sur

50 - Eurostats – Communiqué de presse 31 mars 2016 – Principaux partenaires de l'UE en 2015

51 - <https://home.kpmg.com/xx/en/home/services/tax/tax-tools-and-resources/tax-rates-online.html>

les entreprises varie de moins de 15% en Irlande à plus de 30% en Belgique et en France. **La fiscalité européenne sur les entreprises est donc une machine à délocaliser.** Par contre, la TVA qui ne provoque ni délocalisations d'entreprises, ni fuites de cerveaux est étonnamment homogène au sein de l'Union. Mais, c'est vrai qu'électoralement, il est toujours beaucoup moins risqué d'augmenter l'impôt sur les entreprises que la TVA !

La régionalisation des prix de l'énergie via une uniformisation de la fiscalité au niveau européen écrêterait en partie ces différences et rendrait beaucoup plus fluide le déplacement d'une énergie vers une autre. Mais, bien au-delà de la transition, homogénéiser la fiscalité est probablement le défi le plus complexe auquel l'Union sera confrontée au cours des prochaines décennies.

5.3 Facture énergétique et dettes souveraines

En 2017, les importations d'énergie fossiles ont coûté à l'Europe environ 300 milliards d'euros dont 66% pour le pétrole, 24% pour le gaz et 10% pour le charbon. Même si elle ne compte que pour 2% de son PIB, la facture fossile du « vieux continent » est un contributeur majeur à sa dette souveraine. La corrélation est édifiante (Figure 24). Alors que fin 2014 la dette européenne cumulée depuis 1995 atteignait 5200 milliards d'Euros, sa facture pétrolière et gazière cumulée sur la même période atteignait 6500 milliards d'Euros. Et, cette maladie endémique perdure depuis le premier choc pétrolier.

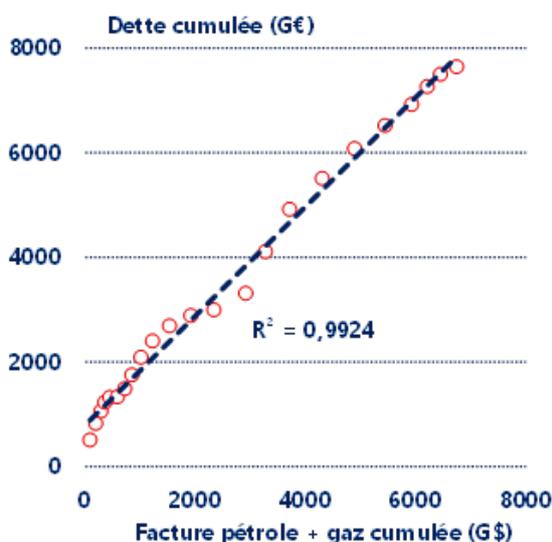


Figure 24 – Dette européenne cumulée depuis 1995 en fonction de la facture pétrolière et gazière cumulée
Sources des données : Eurostats & BP energy Outlook 2018

Durant les « *trente glorieuses* », l'Europe a bâti sa croissance (et donc son système social) à la faveur d'un pétrole quasi gratuit. Le premier choc pétrolier a brisé nette cette « *rente de situation* ». Il nous a contraints à nous endetter à grands frais pour continuer d'importer des hydrocarbures de plus en plus

coûteux tout en finançant des systèmes sociaux largement au-dessus de nos moyens. Depuis le choc de 1973, le coût des produits pétroliers apparaît donc comme un facteur clé du ralentissement de l'activité, de la réduction de l'investissement, de l'accroissement des coûts de production, de la réduction de la consommation et de la contraction de l'emploi. **Entre 2010 et 2014, les seuls cours du baril ont amputé la croissance Européenne d'au moins 1% par an**⁵².

Si, depuis début 2015, la baisse des cours a donné un répit temporaire à l'économie Européenne, les courbes historiques de dépendance énergétique (**Figure 19 – droite**) ne poussent pas vraiment à l'optimisme. Bien au-delà de la problématique climatique, la réduction de la consommation d'énergies fossiles représente donc pour l'Europe un levier majeur de réduction de sa dette et donc de réserve de croissance économique. Ainsi le **schéma 2°C de la Figure 11 permettrait à l'Europe d'épargner sur la période 2020 à 2050 la bagatelle de 3120 milliards d'euros** (Figure 25). Un point majeur où les trois piliers se rejoignent. La transition énergétique européenne ne doit pas seulement être regardée comme un défi climatique. Elle représente aussi une fantastique opportunité pour réduire la facture pétrolière et gazière Européenne source majeure de son déficit et de sa dette.

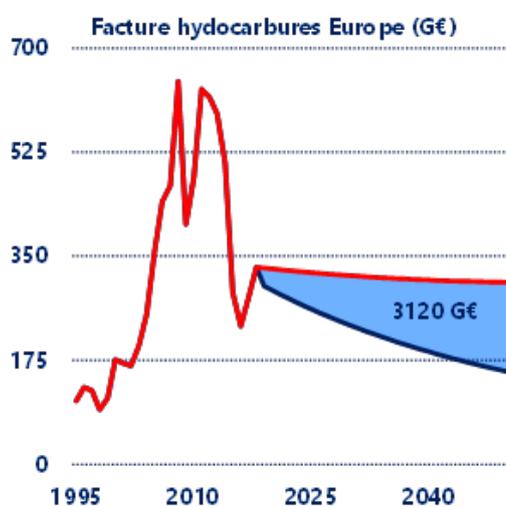


Figure 25 - Evolution de la facture hydrocarbure de l'Europe scénarios actuel et 2°C

Sources des données : BP statistical review 2018

Malheureusement, comme pour le pilier sécurité énergétique, l'espoir pourrait être mis à mal par la croissance vertigineuse du **prix des terres rares qui ont flambé au cours de ces dernières années. Ainsi entre 2014 et 2017, les cours du cobalt ont doublé et ceux du lithium ont été multipliés par quatre. Affaire à suivre.**

5.4 Impact des cours du pétrole sur le cours l'Euro

Depuis le début des années 2000, les pays émergents en pleine croissance économique, ont augmenté de façon significative leurs consommations d'hydrocarbures ce qui a provoqué une hausse spectaculaire des prix du pétrole et du gaz. Les pays producteurs (de par leurs ventes d'hydrocarbures) mais aussi les pays émergents (de par leur croissance) se sont alors retrouvés face à un afflux de dollars qu'ils ont massivement réinvesti en Euro. Mécaniquement, la monnaie unique s'est alors réévaluée par rapport au dollar.

Alors qu'avant 2000 le taux de change Euro Dollar était totalement déconnecté des prix du pétrole, il y est aujourd'hui fortement corrélé (**Figure 26**). Un prix élevé du baril induit une augmentation mécanique de l'Euro alors que la baisse des prix provoque l'effet opposé. Le pétrole bas et l'Euro bas que l'on présente souvent comme deux facteurs conjoncturels séparés sont en fait intimement liés.

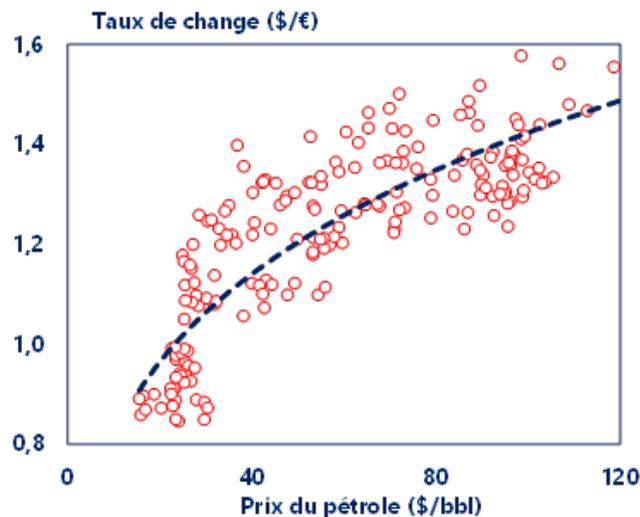


Figure 26 – Taux de change € vs \$ en fonction du prix du pétrole
(Source des données : Eurostats et BP Energy Outlook 2018)

Un pétrole bas s'avère donc à la fois bénéfique à la compétitivité des entreprises, à la réduction du déficit et de la dette mais aussi aux exportations européennes bénéficiant alors d'un Euro bas. Au contraire des prix élevés infligent une double voire une triple peine à l'économie européenne.

5.5 Le marché européen du carbone

Pour tenter de pousser le privé à utiliser des énergies moins émettrices ou non émettrices, l'Union Européenne a mis en place en 2005 un marché du carbone

distribuant un droit à émettre gratuitement jusqu'à un certain plafond. Ceux qui émettent plus qu'autorisé doivent acheter les quotas qui leur manquent. Inversement, ceux qui émettent moins que leur quantité allouée peuvent revendre leurs excédents. **Un marché du carbone fonctionne correctement si le prix de la tonne de CO₂ est suffisamment incitatif pour encourager le sur-émetteur à investir plutôt qu'à émettre.** Quinze mille installations industrielles, représentant à elles seules 50% des émissions de l'Union Européenne, sont désormais astreintes de respecter un volume alloué qui baisse chaque année.

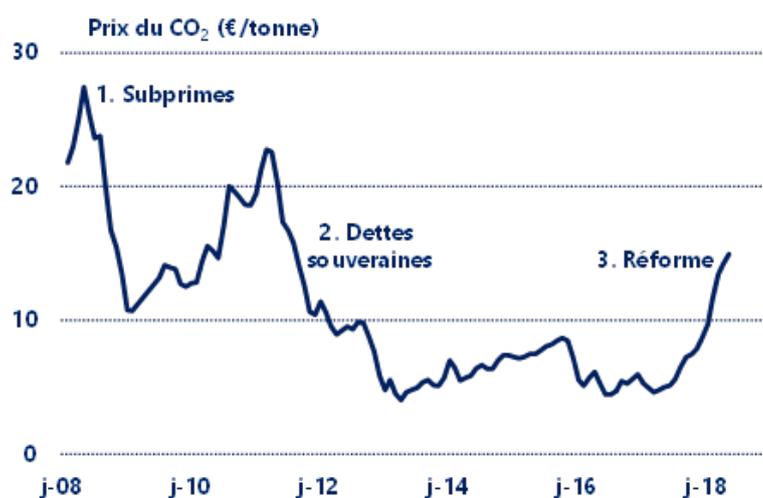


Figure 27 – Evolution du prix du CO₂ en Europe depuis 2008

Source des données : <http://fr.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>

Mais, victime des deux crises mondiales, le marché européen n'a jamais correctement fonctionné (**Figure 27**). En 2005, les quotas avaient été attribués trop généreusement sur l'hypothèse d'une croissance économique continue. La chute de l'activité industrielle et la croissance atone à partir de fin 2008 ont entraîné une baisse des émissions, provoqué un excédent de quotas et un effondrement des cours. La baisse s'est accentuée lors de la crise des dettes souveraines. Aussi, entre 2012 et 2017, la tonne de CO₂ n'est jamais repassée au-dessus de 10€. Ces cours n'ont aucunement incité les industriels à investir dans les renouvelables ou dans les technologies bas-carbone. Il n'a même pas motivé les électriciens à déplacer la génération électrique du charbon vers le gaz.

Redresser les prix est en théorie très simple puisqu'il suffit de réduire les quotas. Mais, en pratique l'objectif est politiquement très sensible car l'impact sur les économies nationales peut être très différent suivant la composition actuelle des mix. Ainsi, la France qui émet peu s'accommodera beaucoup plus facilement d'une réduction des quotas que l'Allemagne ou la Pologne beaucoup plus émettrices du fait de leurs générations électriques

charbonnières. L'hétérogénéité des mix est par conséquent un frein majeur à l'évolution du marché du carbone.

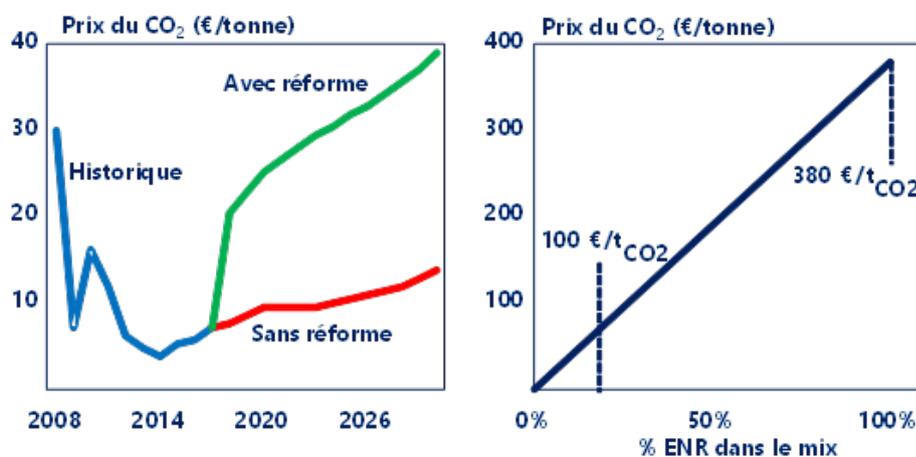


Figure 28 – Simulation de la nouvelle réforme Européenne

Source des données : <https://www.chaireeconomieduclimat.org>

Prix requis du carbone pour rendre compétitif les ENR

Face à l'impossibilité des pays européens à s'accorder sur un niveau commun, le Parlement et le Conseil Européen ont validé fin 2017 une modification des règles de fonctionnement du marché sur la période 2021 à 2030⁵³. Elle comporte deux volets :

- une baisse progressive des quotas dont la cible 2030 est de -43% par rapport à 2005,
- la mise en place d'une « réserve de stabilité » qui permet de retirer ou de remettre des quotas sur le marché en fonction de la quantité de quotas en circulation.

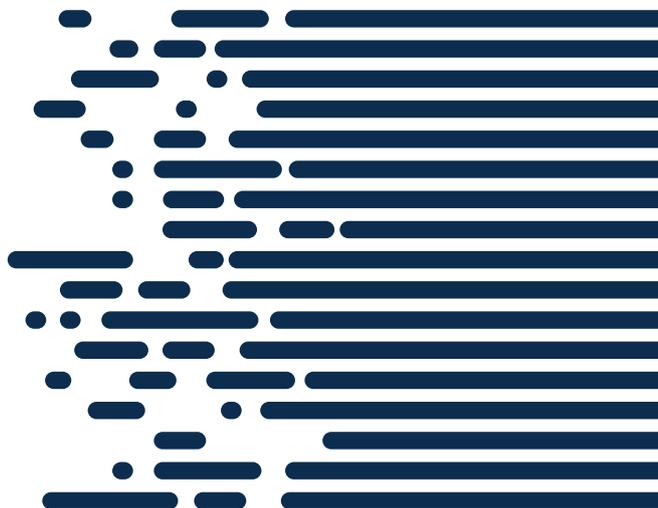
Cette réduction des quotas à la fois structurelle (-43% en 2030) mais aussi conjoncturelle grâce aux réserves de stabilité, devrait permettre de faire remonter significativement les prix du carbone. En utilisant le modèle Zéphyr, la Chaire Economie et Climat de l'Université Paris Dauphine⁵⁴ a montré que la réforme devrait permettre d'atteindre 40€/tonne à l'horizon 2030 (**Figure 28 – gauche**). L'augmentation significative depuis début 2018 (le prix de la tonne a été multiplié par trois en un an - **Figure 27**) démontre la pertinence des nouvelles règles. Les experts sont en revanche sceptiques quant à la capacité stabilisatrice de la réserve en cas de chocs non-anticipés comme ce fut le cas en 2008 et 2010 lors des crises des subprimes et des dettes souveraines.

53 - <http://theconversation.com/hausse-du-prix-europeen-du-carbone-feu-de-paille-ou-changement-durable-94882>

54 - <https://www.chaireconomieduclimat.org/publications/interviews/3-questions-a-raphael-trotignon/>

Un prix de 40€/tonne peut-il pour autant changer la stratégie globale des entreprises vis-à-vis des énergies fossiles en général, du charbon en particulier ?

Au vu des données présentées dans la **Figure 17**, le surcoût du kWh intégrant x% de renouvelables par rapport au kWh 100% charbonnier est égal à $0,38 \cdot x$ €. Sachant qu'un kWh de charbon thermique émet 340gCO₂ et que le rendement d'une centrale à charbon est environ de 33% un kWh électrique de charbon émet donc environ un kg de CO₂. **Pour compenser le différentiel de prix entre un mix hypothétique 100% charbonnier et 100% renouvelable il faudrait donc facturer la tonne de CO₂ à 380€ (Figure 28 - droite). Un 25% renouvelable demandera quant à lui pour devenir compétitif un peu moins de 100€/tCO₂. Cent Euros est le chiffre cible proposé par le président Macron qui souhaite ramener en France le nucléaire de 75% à 50% en portant à 25% la part de renouvelables (hors hydroélectricité) dans le mix électrique français. Au vu de ces chiffres, 40€/tonne apparaît donc nettement insuffisant.**





Conclusion

Pour être complémentaires, les trois piliers de la transition énergétique se doivent aussi d'être indépendants.

Avant la prise de conscience climatique, l'autorité de tutelle de l'énergie était dans la plupart des cas le Ministère de l'Industrie. **Pour donner davantage de poids aux politiques environnementales, la plupart des pays européens ont rapproché l'énergie et l'environnement.** On attendait de ce mariage des progrès rapides en termes d'isolation thermique des bâtiments, d'amélioration de l'efficacité énergétique dans les transports et de mise en œuvre des énergies renouvelables. Ainsi, en 2007, faisant suite au Grenelle de l'Environnement, la France a créé un grand ministère de l'Environnement et du Développement Durable.

Pourtant il est rapidement apparu que ce rapprochement était un peu « *l'impossible mariage de la carpe et du lapin* ». Il a en effet conduit à un déséquilibre permanent en renforçant l'influence des associations environnementales au détriment des acteurs industriels. Il a conduit à des politiques environnementales plus « militantes » que « rationnelles » privilégiant le récit et l'incantation aux réalités techniques, économiques et géopolitiques.

Depuis 2010, on observe une inversion de tendance. L'énergie est à nouveau considérée comme l'aliment incontournable de la croissance économique et du développement social. Aussi, dans de nombreux pays industrialisés, l'énergie et l'environnement ont à nouveau été séparés. Pionnier en termes d'engagements climatiques, le Danemark dispose d'un ministère de l'énergie, d'un ministère du climat et d'un ministère du bâtiment. Les décisions sont devenues interministérielles et non plus intra-ministérielles.

En fait bien plus que le pétrole le gaz ou le charbon, la transition énergétique a deux ennemis masqués.

Le premier est l'écologie politique « punitive » qui hypertrophie le pilier climat aux dépens de la sécurité énergétique et de la compétitivité économique. Cette idéologie est née au début des années 70 quand le Club de Rome publia son célèbre rapport « *The limits to Growth* ». Boosté par le premier choc pétrolier qui sonna le glas des trente glorieuses, ce texte fondateur se transforma en utopie politique. L'écologie politique s'est dès le départ positionnée à la gauche de la gauche. Partisane de la décroissance économique, elle a développé une forme nouvelle de lutte des classes articulée autour d'un argument redoutablement efficace : la protection de la nature.

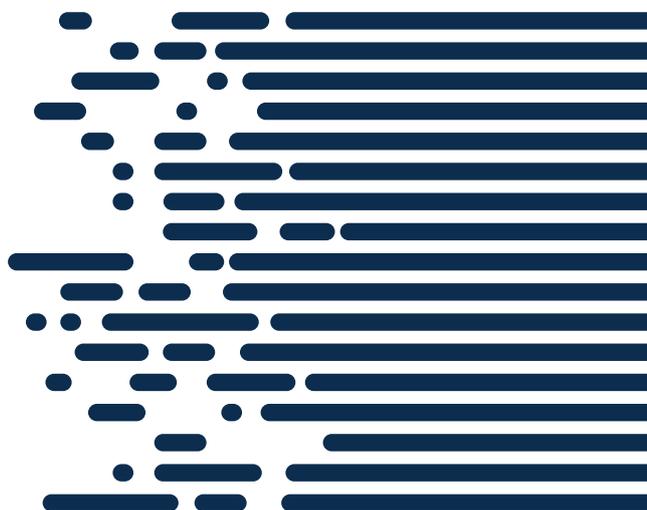
Cette stratégie a rapidement démontré dans de nombreux pays européens une capacité d'influence et surtout de nuisance hors norme. Elle impose aujourd'hui une pensée unique « le développement rapide des énergies renouvelables va sauver le monde du réchauffement climatique ».

A l'autre bout de l'échiquier se situent les nationalistes populistes dont la percée en Europe est plus qu'inquiétante. **Le populisme disproportionne au contraire les piliers sécurité énergétique et compétitivité des entreprises aux dépens du pilier climat.** Donald Trump en est le meilleur porte-parole. Il s'est retiré des accords de Paris en clamant haut et fort que ces derniers étaient nocifs aux entreprises américaines, aux contribuables américains et à la sécurité énergétique américaine. Sa stratégie a fait de nombreux émules en Europe. Selon eux le contrôle des frontières serait l'antidote du terrorisme, le protectionnisme le remède à la mondialisation de l'économie tandis que le retour à la monnaie nationale donnerait, grâce au levier de la dévaluation, un regain de compétitivité aux entreprises. L'énergie devrait aussi selon eux rester une « *affaire nationale* » protégeant notre sécurité énergétique et garantissant les meilleurs prix.

Limiter, ne fut-ce que partiellement, la facture énergétique de l'Europe pour renouer avec une croissance durable n'est pas vraiment compatible avec des politiques énergétiques nationales discordantes envoyant vers l'opinion publique des messages contradictoires.

L'Europe a besoin sur ce sujet clé d'un débat serein, pragmatique, responsable et surtout coordonné s'appuyant sur des données objectives.

L'Europe est un véritable espace naturel dans lequel peut s'inscrire la transition énergétique. Homogénéisation de la fiscalité, mutualisation des émissions de GES, interconnexion des réseaux de gaz et d'électricité, communautarisation de la R&D sur les renouvelables, le stockage de l'énergie et la captation/stockage du carbone sont autant de thématiques structurantes capables de relancer le projet européen.





Annexe : deux exemples de transitions électriques nationales

Fidèles à leurs stratégies nationalistes, les principales nations européennes se sont lancées dans des transitions énergétiques individuelles sans aucune coopération. Au-delà de toute considération technique et économique elles servent avant tout les objectifs politiques et électoraux des différents états souvent placés sous la pression de lobbies industriels, de groupes écologistes et d'ONG extrémistes. Il n'est donc pas surprenant que beaucoup de rendez-vous climatiques aient pour l'instant été manqués. La politique et l'idéologie font en effet rarement bon ménage avec la rigueur scientifique.

Allemagne : l'échec de l' « energiewende »

Le gouvernement allemand avait publié en septembre 2010 la feuille de route de sa transition énergétique à l'horizon 2050 « l'energiewende » :

- (1) une réduction de 50% de la consommation d'énergie primaire,
- (2) 80% d'énergies renouvelables dans la production électrique,
- (3) une réduction des émissions de 95% par rapport au niveau de 1990. Il était alors prévu d'exploiter les centrales nucléaires actuelles jusqu'en 2036.

Mais, suite à l'accident de Fukushima le 11 mars 2011 et sous la pression des puissants lobbies écologistes, le gouvernement d'Angela Merkel a modifié cette trajectoire en décidant unilatéralement une sortie définitive du nucléaire à l'horizon 2022. Parallèlement des mesures privilégiant l'essor des renouvelables, soutenues par une augmentation significative des tarifs de l'électricité pour les particuliers ont été prises. Les résultats de ces décisions purement politiques et prises à l'emporte-pièce s'avèrent décevants et surtout très éloignés des objectifs affichés au départ surtout en termes de réduction des émissions de CO2.

Au début des années 2000, le mix électrique allemand contenait 55% de charbon, 30% de nucléaire, 10% de gaz et 5% d'hydroélectricité. Il a très positivement évolué jusqu'en 2010 (**Figure 29 - gauche**) : réduction significative de la part du charbon (-9%) et du nucléaire (-7%) au profit des renouvelables (+6,5%) avec le gaz naturel (+5%) et le biogaz (+4%) en support. Mais, la volonté de continuer d'accroître les énergie renouvelables tout en réduisant drastiquement le nucléaire (-7%) a conduit au renforcement du charbon (+4%) beaucoup plus économique que le gaz (-4%) sur la période 2010 à 2014.

La baisse des prix du gaz faisant suite à l'effondrement des cours du pétrole à partir de 2015 a toutefois permis à l'Allemagne sur la période 2015 à 2017 de s'appuyer à nouveau sur le gaz pour concilier baisse du charbon et du nucléaire au profit des renouvelables. Le mix électrique allemand 2017 (**Figure 12**) se composait ainsi de 37% de charbon, 22% d'ENR, 13% de gaz et 12% de nucléaire. Le complément (16%) se compose surtout de biogaz et d'un peu de géothermie, d'hydro et de fioul.

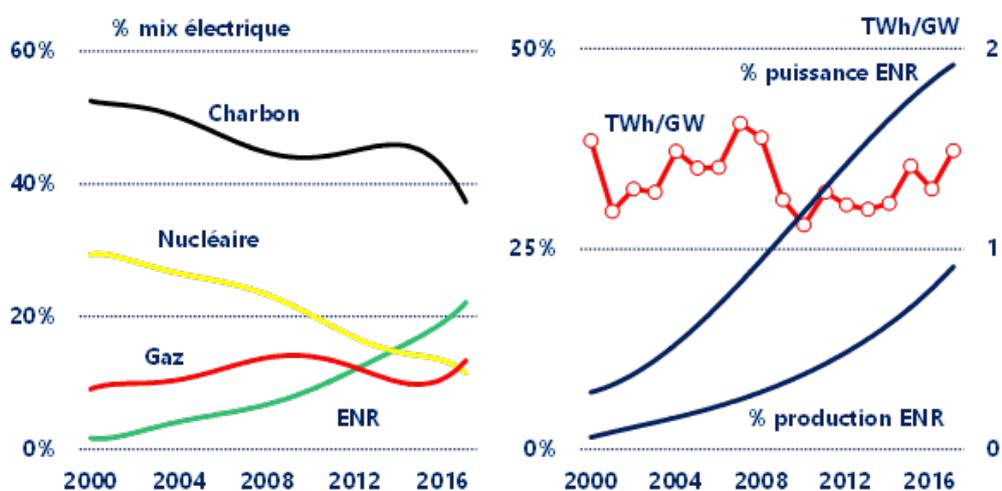


Figure 29 - Evolution du mix électrique allemand depuis 2000
Production, puissance et taux de charge des renouvelables

Source des données : BP statistical review 2018

L'ENERGIEWENDE démontre les limites des renouvelables (éolien + solaire photovoltaïque). Ils représentent aujourd'hui en Allemagne la moitié de la puissance installée (environ 100 GW) mais seulement 22% de la production (Figure 29 – droite).

Royaume-Uni : le succès d'un projet pragmatique

Historiquement charbonnière (près de 70 % du mix à la fin des années 1980), la génération électrique du Royaume-Uni a été spectaculairement déplacée vers le gaz durant les années 1990 suite à l'augmentation de la production gazière britannique en Mer du Nord (Figure 30).

Ainsi au début des années 2000, le Royaume-Uni possédait un mix électrique composé de 40% de gaz, de 35% de charbon et de 23% de nucléaire. Signalons qu'à une époque où pratiquement personne ne s'intéressait à la problématique climatique, les britanniques avaient réduit sans vraiment le vouloir leurs émissions de près de 10%. Entre 2000 et 2010, le mix britannique n'a que peu évolué (Figure 31 – gauche) : charbon et gaz largement majoritaires entre 35% et 40%, nucléaire en légère baisse autour de 20%.

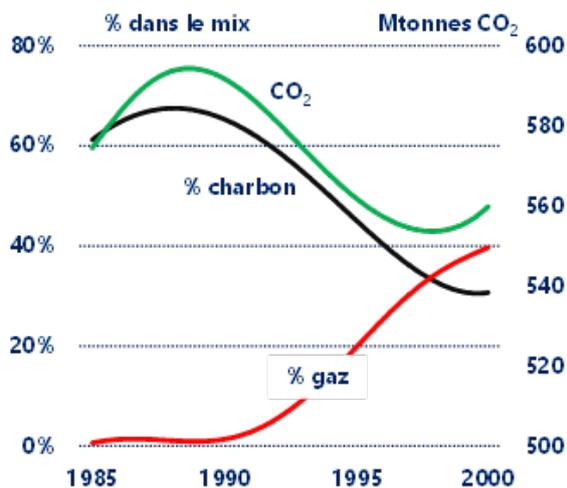


Figure 30 - Evolution du mix électrique et des GES britanniques entre 1985 et 2000

Source des données : BP statistical review 2018

Toutefois à partir de 2009, la forte augmentation des prix du gaz indexés sur les cours du pétrole a provoqué une chute significative de la part gazière qui en 2013 est repassée sous les 30%. Cette dernière a été en partie compensée par une montée en puissance des renouvelables qui s'est inévitablement appuyée sur le maintien du charbon et un léger

renforcement du nucléaire. Mais, début 2015, les britanniques ont très rapidement mis à profit l'effondrement des cours du gaz en Europe pour fermer leurs centrales à charbon et réintroduire massivement le gaz dans leur mix énergétique et ce sans pour autant réduire la part du nucléaire. En 2017, le charbon ne représentait plus que 7% du mix contre 40% pour le gaz, 21% pour le nucléaire et 18% pour les renouvelables. Les résultats en termes de GES sont sans appel : les britanniques ont réduit depuis le début du siècle leurs émissions de 30%.

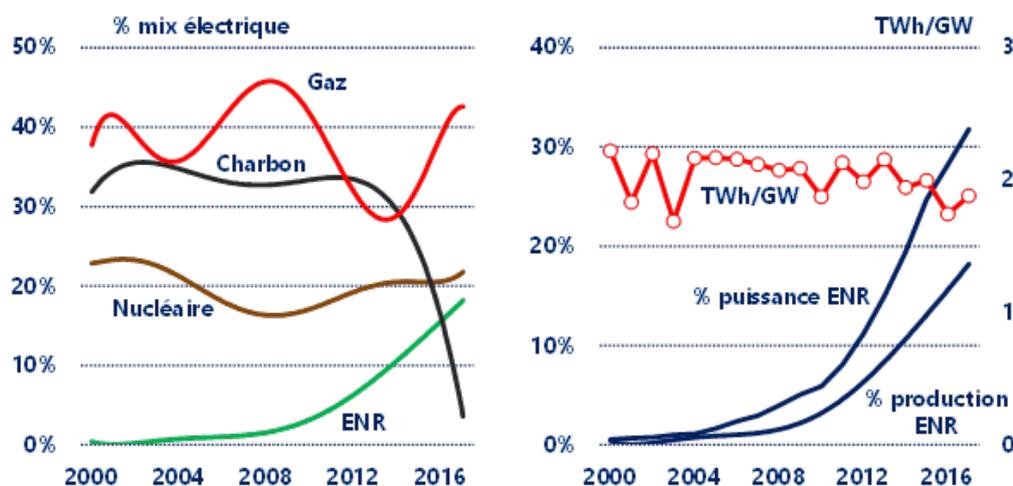


Figure 31 - Evolution du mix électrique britannique depuis 2000
Production, puissance et taux de charge des renouvelables

Source des données : BP statistical review 2018

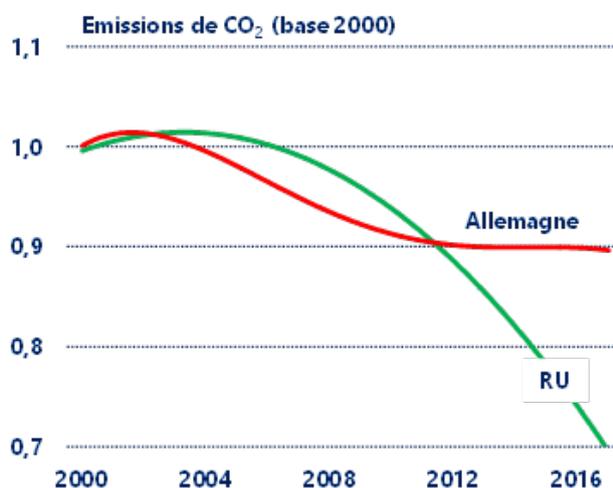


Figure 32 - Comparaison des émissions de GES
au Royaume-Uni et en Allemagne (Base 2000)

Source des données : BP statistical review 2018 & Eurostats

En termes de réduction des émissions, la Figure 32 démontre sans ambiguïté l'échec de l'ENERGIEWENDE et le succès de la stratégie britannique. Elle s'avère d'autant plus pertinente que l'éolien est plus efficace au Royaume-Uni (2,5 TWh/GW contre 1,9 TWh/GW en Allemagne) alors que le solaire est

à peu près identique (0,95 TWh/GW). En moyenne, le taux de charge des renouvelables au Royaume-Uni est de 23% (Figure 31 – droite) contre 17% en Allemagne (Figure 29 – droite). Si les Britanniques n'ont pas échappé à une augmentation des tarifs, le prix du kWh⁵⁶ (0,19 €) y est toutefois bien inférieur à celui de l'Allemagne (0,3 €/kWh).

