



Université de Montréal

**Les interconnexions électriques entre la France et ses  
voisins depuis 1970**

**Un vecteur méconnu de l'intégration européenne**

par

Christelle PERRINE

Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté à la Faculté des Arts et des Sciences  
en vue de l'obtention du grade de maîtrise  
Études Internationales  
Option Économie et Mondialisation

Décembre 2015

© Christelle PERRINE, 2015

## **RESUME**

Les ouvrages de transport d'électricité ont d'abord été pensés un par un, reliant un excédent de production à un besoin de consommation. Ils ont ainsi parfois très naturellement et dès l'origine traversé les frontières des États pour répondre à leur raison d'être. Les secteurs électriques se structurant fortement lorsque le virage électrique fut pris, les interconnexions entre pays furent conçues par les techniciens comme une mesure élémentaire de sûreté et d'équilibre de ce produit atypique qu'est l'électricité.

En France plus particulièrement, lorsque la production électronucléaire se développa à partir des années 1970, ces interconnexions devinrent petit à petit sources de revenus pour l'entreprise nationale, et d'équilibre pour la balance commerciale nationale. L'intérêt grandissant porté au secteur électrique par les institutions européennes à la fin des années 1990 vient ébranler les acteurs économiques géographiques verticaux, et rebat les cartes des enjeux à adresser à une maille plus large que l'État nation.

Dans ces transformations successives, les interconnexions aux frontières, et particulièrement aux frontières françaises, jouent ainsi un rôle tout à fait spécifique et de plus en plus structurant pour les économies ouvertes des pays européens. Les réseaux de transport électriques continuent ainsi une mutation entamée dans les années 1970 qui les a conduits de la condition de mal nécessaire à celle de vecteurs indispensables de transformation des économies européennes.

L'objet de ce mémoire est d'illustrer la très grande capacité d'adaptation de ces organes industriels, économiques, sociétaux et politiques, dont on pourrait faussement penser qu'ils sont immobilisés par leur nature capitaliste, à travers les enjeux portés par les interconnexions aux frontières françaises. Les sources sont à la fois issues de données des opérateurs techniques, de la documentation – encore peu fréquente – sur ces sujets, ainsi que des statistiques officielles du ministère français. Cette capacité d'innovation et de développement de « couches de services » permet aujourd'hui aux grands réseaux de transport de traverser les époques et la variabilité des orientations de leurs environnements, durablement.

**Mots-clés :** Réseau de transport, électricité, interconnexions, Europe, gestionnaire de réseau.

## **ABSTRACT**

Transmission works were first thought one by one, connecting a production surplus to a consumer need. They thus sometimes very naturally and from the outset crossed state boundaries to suit their purpose. The electrical sector reinforced itself strongly as the electric turn was taken. The interconnections between countries were thought by technicians as a basic security measure and balance of this unusual product that is electricity.

In France especially, where nuclear power generation developed from the 1970s, these interconnections gradually became a source of revenue for the national company, and furnished surplus for the national trade balance. The growing interest in the electric power sector by the European institutions in the late 1990s challenged the vertical geographical economic players and shifted the stakes to a framework wider than the nation state.

In these successive transformations, cross-border interconnections, especially across the French borders, play a specific and increasingly structuring rôle for open economies of European countries. The electrical transmission networks continue a transition that began in the 1970s, and took them from being a necessary evil to the status of essential factors of the European economies.

The purpose of this thesis is to illustrate the wide adaptability of these industrial, economic, societal and political bodies, apparently immobilized by their capital-intensive nature. It does so by way of issues relating to interconnections at the French borders. Sources are technical data from operators, literature – although rare - on these topics, as well as official statistics from the French ministry. This strong capacity for innovation and development of "service layers " now allows major transportation networks to endure even as their environment changes.

**Keywords** : Transmission network , electricity, interconnections , Europe, network Manager.

## **TABLE DES MATIERES**

<b><u>INTRODUCTION .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>1 - LES RESEAUX DE TRANSPORT D'ELECTRICITE, SUPPORTS DE SERVICES COMPLEXES..</u></b>	<b><u>31</u></b>
L'électricité, une fée atypique .....	31
Le réseau physique, lien entre les besoins .....	34
La coopération entre opérateurs : la solidarité des ingénieurs .....	39
Systèmes électriques modernes : compliqués ou complexes ? .....	43
Le maillage des réseaux de transport d'électricité : le cas de la France interconnectée .....	47
<b><u>2 - UNE DYNAMIQUE TECHNIQUE, ECONOMIQUE, POLITIQUE ? .....</u></b>	<b><u>57</u></b>
L'approche française, 1970 à 2000 : les chocs pétroliers comme opportunité de développement .....	58
L'Europe, une institution capable d'étendre ses champs d'action de sa propre initiative .....	64
La libéralisation du marché de l'électricité d'un point de vue opérationnel .....	72
L'Europe des réseaux de transport d'électricité : la France au cœur de l'Europe .....	79
<b><u>3 - LA RELATION AU TEMPS : CLEF PHYSIQUE ET ECONOMIQUE .....</u></b>	<b><u>89</u></b>
Le fonctionnement des interconnexions « modernes » .....	89
Le souffle de l'Europe et la structuration du marché .....	92
La gestion des flux physiques, clef de la sûreté .....	100
La gestion des capacités de long terme .....	100
La coordination des enjeux de sécurité d'exploitation .....	102
La recherche de solutions novatrices .....	103
L'extension physique des interconnexions : en route vers la fluidité du marché ? .....	105
<b><u>4 - LES RESEAUX DE TRANSPORT D'ELECTRICITE OU LE MYTHE DE LA PACIFICATION PAR LE PARTAGE DES INTERETS .....</u></b>	<b><u>114</u></b>
Le climat, pari européen pour un leadership mondial .....	114
La transition écologique comme relance de l'innovation et levier de transformation économique .....	119
Les réconciliations techniques, palliatifs aux pannes politiques .....	126
Le développement des interconnexions renouvelé par le marché .....	131

<b><u>CONCLUSION .....</u></b>	<b><u>135</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAPHIE .....</u></b>	<b><u>140</u></b>
<b><u>ANNEXE 1 : ELECTRICITE, SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INDUSTRIE DEPUIS 1968 .....</u></b>	<b><u>148</u></b>
<b><u>ANNEXE 2 : IMPORTS ET EXPORTS AUX FRONTIERES METROPOLITAINES FRANÇAISES DEPUIS 1960 .....</u></b>	<b><u>153</u></b>
<b><u>ANNEXE 3 : ORGANES EUROPEENS DE DEVELOPPEMENT DU MARCHE.....</u></b>	<b><u>156</u></b>
<b><u>ANNEXE 4 : FILIALES DE RTE ASSOCIEES AU DEVELOPPEMENT DU MARCHE .....</u></b>	<b><u>160</u></b>
<b><u>ANNEXE 5 : ZONES D'INFLUENCE ET DE COOPERATION DE RTE (MOYENS ALLOUES) .....</u></b>	<b><u>165</u></b>
<b><u>ANNEXE 6 : GLOSSAIRE.....</u></b>	<b><u>173</u></b>

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : Les échanges transfrontaliers en Europe en 2002, .....19	19
sources de production et puits de consommation sur l'année.....19	19
Figure 2 : Les trois zones de synchronismes distincts en Europe de l'Ouest en 1956 .....38	38
Figure 3 : Systèmes synchrones et organisations coordinatrices correspondantes en Europe en 1998 .....40	40
Figure 4 : Pays membres de l'ENTSO-E en 2014 .....42	42
Figure 5 : Réseau à 400 kV en service en 1970.....48	48
Figure 6 : Réseau de transport français en 2012 (400 kV, 225 kV, 150 kV, 90 kV, 63 kV) : autoroutes, nationales, départementales de l'électricité. ....50	50
Figure 7 : Liaisons transfrontières françaises en exploitation de 63 kV à 400 kV .....52	52
Figure 8 : Interconnexions aux frontières françaises, dates de première mise en service. ....54	54
Figure 9 : Puissance de transit cumulée aux frontières.....55	55
Figure 10 : Frontières électriques françaises .....79	79
Figure 11 : Solde annuel (export – import) aux frontières françaises depuis 1960 .....82	82
Figure 12 : Dates des mises en service de liaisons internationales à partir de 1970 .....83	83
Figure 13 : Importations, Exportations et Soldes d'électricité de la France .....85	85
en millions d'euros courants (1970-2013).....85	85
Figure 14 : Consommation finale d'électricité en France corrigée du climat (en GWh, 1970-2013) et part des échanges aux frontières par rapport à la consommation intérieure finale.....87	87
Figure 15 : Echanges contractuels transfrontaliers en TWh (2011) .....90	90
Figure 16 : Initiatives régionales de l'Europe électrique en 2012 .....95	95
Figure 17 : Dix-sept initiatives GRTs-Régulateurs nationaux (©RTE, 2014) .....98	98
Figure 18 : Projets de renforcement de l'intégration des réseaux horizon 2030 .....107	107
Figure 19 : Projets d'interconnexion entre la France et ses voisins à 10 ans (©RTE, 2014), hors parcs éoliens offshore en mer du nord et zone manche et atlantique. ....109	109
Figure 20 : Opportunités de développement des sources d'énergies renouvelables vues de France .....121	121
Figure 21 : Pourcentage des sources d'énergie renouvelable dans l'électricité .....124	124
Figure 22 : Volumes d'électricité annuels disponibles pour la consommation finale (GWh).125	125

Figure 23 : Réseau électrique interconnecté de ENTSO-E, 2013 .....139

## **LISTE DES SIGLES**

ACER :	Agency for the Cooperation of Energy Regulators
ATSOI :	Association of the Transmission System Operators of Ireland
BALTSO :	BALtic Transmission System Operators
BEI :	Banque Européenne d'Investissement
CASC :	Capacity Allocation Service Company
CRE :	Commission de Régulation de l'Énergie
Day-Ahead :	un jour à l'avance, J+1
EDF :	Électricité de France
EEX :	European Energy Exchange
ENR :	ENergie Renouvelable
ENTSO-E :	European Network of Transmission System Operators for Electricity
ERGEG :	European Regulatory Group for Electricity and Gas
GES :	Gaz à Effet de Serre
GRT :	Gestionnaire de Réseau de Transport
GW :	Gigawatt (million de Watt)
kV :	kilovolt
LIT :	Liaison Internationale
NEBEF :	Notification d'Échange de Bloc d'Effacement
NORDEL :	NORd ELectricité (Danemark, Finlande, Islande, Norvège, Suède)
R&D :	Recherche et Développement
RTE :	Réseau de Transport d'Électricité France
TVA :	Taxe sur la Valeur Ajoutée
TWh :	Térawatt heure (million de kWh)
TYNPD :	Ten-Year Network Development Plan
UCPTE :	Union pour la Coordination de la Production et du Transport en Europe
UCTE :	Union pour la Coordination du Transport d'Électricité
UKTSOA :	UK Transmission System Operators Association

La croissance est insoutenable, la décroissance est instable.

À tous les acteurs de nouveaux modèles de prospérité plus raisonnables.

## **REMERCIEMENTS**

Pour m'avoir permis de partager leur éclairage tant du point de vue de leur vécu professionnel que de leur analyse stratégique, ou pour m'avoir permis d'accéder à de précieuses données, des remerciements particuliers à :

Dominique Barjot, professeur des universités en histoire économique contemporaine, Université Paris-Sorbonne (Paris IV), directeur de l'École doctorale d'Histoire Moderne et Contemporaine, chargé d'enseignement à l'École Nationale des Chartes,

Alain Beltran, agrégé d'histoire, Docteur ès Lettres (thèse sur l'électrification de la région parisienne) et Directeur de recherche au CNRS depuis 1986, membre de l'école doctorale de l'Université de Paris-Sorbonne (Paris-IV), membre du jury écrit et oral du concours d'entrée HEC et Coordinateur du Groupe de recherche en l'histoire de l'énergie (GRHEN). À l'IHTP (Institut du temps présent), il a poursuivi ses recherches sur l'histoire des entreprises (Gaz de France, la SNCF, SITA, les entreprises pendant l'Occupation, une bibliographie d'histoires d'entreprises) et plus généralement en histoire économique et en histoire de l'innovation. Il a été deux ans en détachement au département de sciences sociales de l'École Normale Supérieure de Cachan en tant que Professeur d'histoire contemporaine. Il est membre de plusieurs associations historiques et revues d'histoire.

Olivier Grabette, directeur R&D Innovation, directeur général adjoint de Réseau de Transport d'Électricité France, membre du Directoire de RTE depuis fin 2015.

Richard Lavergne, conseiller du Directeur général de l'énergie et du climat (DGEC) depuis juillet 2008, sous double tutelle du Ministère de l'Écologie, du développement durable du logement et des transports ainsi que du Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, chargé de mission stratégique Énergie - Climat au Commissariat général au développement durable (CGDD), rapporteur pour la Commission « Énergies 2050 », rapporteur pour la Table ronde nationale pour l'efficacité énergétique, sherpa pour la France du Strategic Energy Technology Plan, président pour l'UE du Groupe thématique sur les stratégies énergétiques du Dialogue énergétique UE-Russie (depuis 2006), vice-président du Comité Standing Long Term de l'AIE (depuis 2006), membre du Comité directeur de

l'Association des économistes de l'énergie (AEE), ancien Secrétaire général de l'Observatoire de l'énergie et des matières premières au Ministère chargé de l'énergie (1996-2008), rapporteur du Groupe "de Boissieu - Facteur 4" (2005-2006), directeur du Réseau National d'Essais (1990-1995),

Valérie-Anne Lencznar, secrétaire générale de Inelfe, joint venture de Réseau de Transport d'Électricité France et de REE (Espagne) pour la réalisation de l'interconnexion à courant continu entre la France et l'Espagne, inaugurée en 2015,

Dominique Maillard, président du directoire de RTE de 2007 à 2015, ancien directeur général de l'énergie et des matières premières au ministère français délégué à l'Industrie de 1998 à 2007, commissaire du gouvernement en France auprès de la Commission de régulation de l'Énergie française (CRE) et représentant français au comité de direction de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) qu'il a présidé en 2002 et 2003,

Claude Mandil, ancien directeur général de l'Énergie et des Matières premières au ministère de l'Industrie français, représentant de la France et président du groupe de travail du G7 sur la sûreté nucléaire, ancien président du conseil de direction de l'Agence internationale de l'énergie, directeur général délégué de Gaz de France, président de l'Institut français du pétrole (2000-2003), directeur exécutif de l'Agence internationale de l'énergie (AIE, 2003-2007), vice-président en 2011 d'un groupe consultatif ad hoc dit « *Feuille de route énergie 2050* » auprès de la Commission européenne, coauteur en 2012 avec Jacques Percebois (économiste) d'un rapport, dit « Rapport Énergies 2050 » visant à étudier les options énergétiques françaises (prolonger la durée de vie du parc nucléaire existant, accélérer le passage à une troisième, ou quatrième génération nucléaire, réduire progressivement l'utilisation du nucléaire ou la sortie complète du nucléaire),

André Merlin, ancien président du directoire de RTE (2001-2007), ancien président du comité national français de la CIGRE, puis président du CIGRE (2008-2012), président du consortium industriel pour le développement des interconnexions électriques entre l'Europe et le sud et l'est de la Méditerranée (Medgrid) de 2011 à 2015.

À travers les interviews et échanges informels qu'ils ont eu la délicatesse de m'accorder courant juin 2014, ils ont nourri ces travaux, parfois directement, parfois en les confortant ou encore en facilitant l'accès aux faits et aux données. En confrontant leurs visions des transformations du secteur électrique de l'Ouest de l'Europe sur ces quarante dernières années, voire en défendant ou pourfendant fermement des orientations passées, ils ont permis plus de robustesse et de justesse pour décrire ces événements récents. Enfin, en apportant leurs expériences, leurs questions et parfois leurs propositions sur les enjeux actuels, ils ont conforté la nécessité d'ouvrir la réflexion sur aujourd'hui et sur demain. Compte tenu que les sujets abordés sont contemporains ou en cours, et afin de favoriser leur liberté d'expression, l'anonymat de leurs pensées et propos a été observé scrupuleusement.

Un grand remerciement à RTE, entreprise au confluent des mouvements telluriques de notre monde dissonant, et à beaucoup de ses dirigeants ou personnels qui m'ont permis d'avancer et de faire avancer des chantiers d'évolution sans attendre des ruptures. Ils auront le plaisir de se reconnaître.

Et surtout, un remerciement spécial à Samir Saul, dont la curiosité, l'ouverture d'esprit et le soutien sont si précieux.

(Special greetings à mes proches qui me supportent !)

## **Introduction**

Historiquement, la production et la consommation de l'électricité ont été d'échelle régionale. En France, l'abondance de l'énergie hydroélectrique, par exemple, a favorisé initialement l'implantation et le développement d'industries électro-intensives à proximité des barrages et des fleuves exploitables. Puis, grâce à la volonté des États de miser sur l'électricité, de prendre le virage électrique en vue de faciliter le développement de leurs territoires et de la Nation, l'échelle électrique s'est étendue. Dès les origines, cette énergie présente ainsi naturellement une dimension faisant fi des frontières administratives tant sa dynamique physique répond à des fondamentaux différents de ceux régissant les relations entre régions, entre provinces, entre États souverains.

La première liaison électrique à longue distance fut construite en 1882 entre Miesbach et Munich (Allemagne), sur 57 km, en courant continu et à une tension de 2,5 kV, avec un rendement de 25 %. Elle connut une défaillance après quelques jours seulement, le conducteur du télégraphe utilisé pour véhiculer l'énergie n'étant pas dimensionné pour transporter un courant d'un demi-ampère. En 1891, la première ligne à haute tension en courant alternatif triphasé fut construite entre Lauffen et Francfort-sur-le-Main (Allemagne). Dix ans plus tard, la technologie du courant alternatif prend le pas sur le courant continu sous la férule de Nikola Tesla et George Westinghouse, contre Thomas Edison défenseur de l'option continu.

Des lignes électriques traversent des frontières nationales dès 1906 (première interconnexion entre la France et la Suisse à 55 kV, permettant de lier l'abondance de production de l'usine de Campognoto aux besoins des clients de la Société lombarde de distribution d'énergie électrique), avant même qu'un quelconque réseau endogène à un pays ne soit constitué. Ces liaisons répondent d'abord à des impératifs naturels et physiques. En effet l'électricité est une marchandise particulière : il est impossible de stocker des réserves d'énergie électrique à grande échelle pour faire face aux évolutions de la consommation et à ses aléas. Ainsi, les options pragmatiques (j'ai de l'énergie, tu es à proximité et tu en as besoin) prévalent. Elles conduisent, si besoin, à passer les frontières des États, provinces ou régions sans embarras.

Par conséquent, faire se rencontrer production et consommation, être en mesure de répondre à la demande, devient un défi de tous les instants du moment qu'est pris le tournant électrique tant pour les besoins urbains (éclairage), domestiques (chauffage, équipement ménager) que pour l'industrie. L'interconnexion entre deux régions « électriques » permet alors avant tout de distribuer une énergie abondante et instantanée que l'une d'elles ne peut utiliser, et dont l'autre a un besoin croissant. Les réseaux électriques, et a fortiori les réseaux de transport à haute tension, sont initialement les sous-produits d'autres nécessités : le surplus, d'une part, et le besoin, d'autre part, d'énergie de force et de confort.

Ces liens nécessaires se sont étendus rapidement, accompagnant le développement induit par la révolution industrielle en Europe. Outils nécessaires à la reconstruction suite à la Seconde Guerre mondiale, objets sous-tendant l'arrivée du « Progrès », vecteurs de transformation profonde des économies et des modes de vie, ils n'ont pas été pensés « a priori ». Ils sont issus des attentes et des investissements concédés au développement économique et à la quête de croissance, pas à pas, projet par projet, besoin par besoin. Ils se sont adaptés, d'une part, aux « urgences » à relier, liaison point à point ou liaison de renforcement du système global et, d'autre part, aux flots d'énergie à acheminer (suite à la décision de lancement d'un vaste plan nucléaire civil en France, par exemple).

La saga de l'interconnexion entre la France et la péninsule ibérique, analysée par Renan Viguié dans son mémoire de maîtrise<sup>1</sup> illustre bien la pression à l'interconnexion qu'est le développement économique des territoires. Ce travail met essentiellement en exergue la complexité des relations entre les acteurs (les électriciens, les ingénieurs et les organismes administratifs, les opposants, les élus) ainsi que la dynamique d'évolution au cours du temps. Renan Viguié a, à juste titre, longuement fixé son analyse sur les besoins absolus, analytiques et rationnels de réaliser le renforcement des relations entre les deux systèmes géographiques.

---

<sup>1</sup> Renan VIGUIÉ, *Histoire des échanges électriques entre la France et l'Espagne de l'Entre-deux-guerres à nos jours*, Master 2, sous la direction de monsieur Christophe Bouneau, Université Michel Montaigne- Bordeaux 3, juin 2007, 502 p. Publication prévue en 2014 sous le mécénat d'Inelfe (INterconnexion ELectrique France-Espagne), société mixte constituée depuis le 1er octobre 2008 à parts égales par les entreprises gestionnaires des réseaux électriques espagnol et français, [REE](#) (Red Eléctrica de España) et [RTE](#) (Réseau transport d'électricité).

Mais il n'a fait qu'effleurer la nature complexe des relations entre le politique et l'économique, entre les nations et les régions. Or, une part de cette histoire découle directement de la structure des organes des États, et de leurs outils opérationnels. D'ailleurs, il note bien l'« ambivalence du secteur électrique entre logique industrielle et logique de service public »<sup>2</sup>, qui paraît presque solvable dans l'émergence d'un « véritable esprit de corps, une Internationale de l'électricité, un jeu de substitution de l'internationalité à l'interdisciplinarité »<sup>3</sup>.

Il illustre par ailleurs de façon très cohérente l'approche courante qui consiste à légitimer les interconnexions comme étant d'abord une mesure de prévoyance pour tout un chacun : le trop-plein momentané de l'un sert de volant de sécurité au déficit temporaire de l'autre, assurant la stabilité d'un système par nature instable puisque la consommation varie en permanence géographiquement, en temps réel, en volume et en puissance. Les interconnexions sont donc historiquement d'abord des facteurs de maîtrise des risques pour les techniciens, avant d'être des outils de développement et d'optimisation économiques ou encore des outils politiques, d'extension de zones d'influence ou de développement de modèles de Société.

Oubliant les frontières des États, les interconnexions internationales ont, par ailleurs, cette particularité de mettre en contact des entités économiques, politiques, sociales et culturelles différentes. Elles représentent une instance de rapports internationaux moins visibles mais tout aussi réels que d'autres. Entraînant un lien durable et une forme de dépendance des uns envers les autres, elles interpellent en ce qu'elles impliquent comme déterminations et décisions sur les plans politique, juridique et économique. Au-delà de leur nécessité et de leur caractère techniques, les interconnexions électriques internationales portent intrinsèquement des dimensions d'inter souveraineté complexes, mais aussi d'inter régionalismes parfois aigües. Ces dimensions micro et macro ne se lassent d'ailleurs pas de s'interpeler mutuellement.

---

<sup>2</sup> *Idem*, p.11.

<sup>3</sup> *Idem*, p. 13.

France-Espagne illustre parfaitement, et presque de manière caricaturale tant la situation géographique de péninsule électrique permet l'examen d'un système « simple », à quel point il est délicat, voire hasardeux, de détecter le chemin de crête qui conduit à la concrétisation d'un ouvrage physique (la ligne transfrontalière). Il est également difficile de mesurer les enjeux de part et d'autre de celui-ci, enjeux qui dépassent largement les considérations locales quelles qu'elles soient, enjeux diffus dans le temps et dans l'espace.

Ainsi, sur cet exemple précis, ces enjeux ont drastiquement évolué en trente ans. D'un sujet technique – les besoins de part et d'autre de la frontière et les perspectives d'évolution du point de vue des électriciens concernés (producteurs – transporteurs – distributeurs), la situation s'est polarisée sur des considérations locales (défense des paysages, du patrimoine, de l'industrie touristique régionale...), s'est cristallisée sur des aspects procéduraux (batailles juridiques), pour finalement à l'acmé achopper dramatiquement par décision politique unilatérale (annulation du projet par le Premier ministre français Alain Juppé).

La saga de la liaison France-Espagne, telle qu'évoquée dans le mémoire de Viguié, retrace bien la problématique « historique », la mémoire collective de l'histoire, telle que les techniciens la retiennent. Mais elle ne répond pas aux questions mêlées d'enjeux supranationaux, tant européens que planétaires, comme elle n'aborde pas les alchimies secrètes des enjeux de pouvoir politique, industriel ou économique du secteur électrique. Elle n'aborde pas non plus la question sous-jacente de la subsidiarité opérée par les États sur leurs opérateurs industriels, et l'influence qu'ils peuvent exercer à travers le secteur électrique dans des sociétés qui se modernisent et accroissent fortement leur dépendance à l'utilisation de cette énergie secondaire qu'est l'électricité.

Aujourd'hui, en 2015, une nouvelle liaison entre la France et l'Espagne est – enfin ? - mise en service. La réflexion tracée par R. Viguié doit absolument être complétée à l'échelle européenne. En effet, suite à une médiation européenne (assuré par l'ancien commissaire européen Mario Monti), il a été acté que la liaison était vitale... mais impossible à réaliser en solution aérienne « classique »... Autrement dit, l'Europe a susurré qu'il fallait passer *sous* les territoires concernés, ou bien les contourner. La créativité des ingénieurs a alors été libérée des contraintes usuelles et économiques habituelles, ouvrant la voie à une solution partiellement souterraine en courant continu (creusement ad hoc de tunnel, longueur de liaisons en courant

continu inégalée, utilisation de technologies d'électronique de puissance novatrices, adaptation des modes de conduite des réseaux électriques français et espagnol...), rendant le coût d'investissement (de l'ordre de 700 millions d'euros) presque secondaire au nom de l'Europe électrique. Ce projet étant classé Projet Prioritaire d'intérêt Européen par le Conseil européen de l'énergie de 2002, il bénéficie d'une subvention de 225 M€ accordée dans le cadre du plan EEPR (European Energy Program for Recovery), ainsi que d'un prêt de 350 M€ de la BEI (Banque Européenne d'Investissement). Cette nouvelle liaison va permettre à l'Espagne de doubler sa capacité d'interconnexion, et donc de la porter à 6% de la demande maximale actuelle de la péninsule ibérique. C'est encore loin de l'objectif de 10% d'interconnexion entre les États Membres fixé par le Conseil européen de l'énergie du 25 novembre 2002 pour assurer la sécurité du réseau *et* un marché de l'énergie européen. Mais il semble que les limites psychologiques, techniques et financières ayant été à cette occasion repoussées, d'autres rêves d'ingénieurs deviennent réalisables, comme de passer sous la mer dans le golfe de Gascogne...

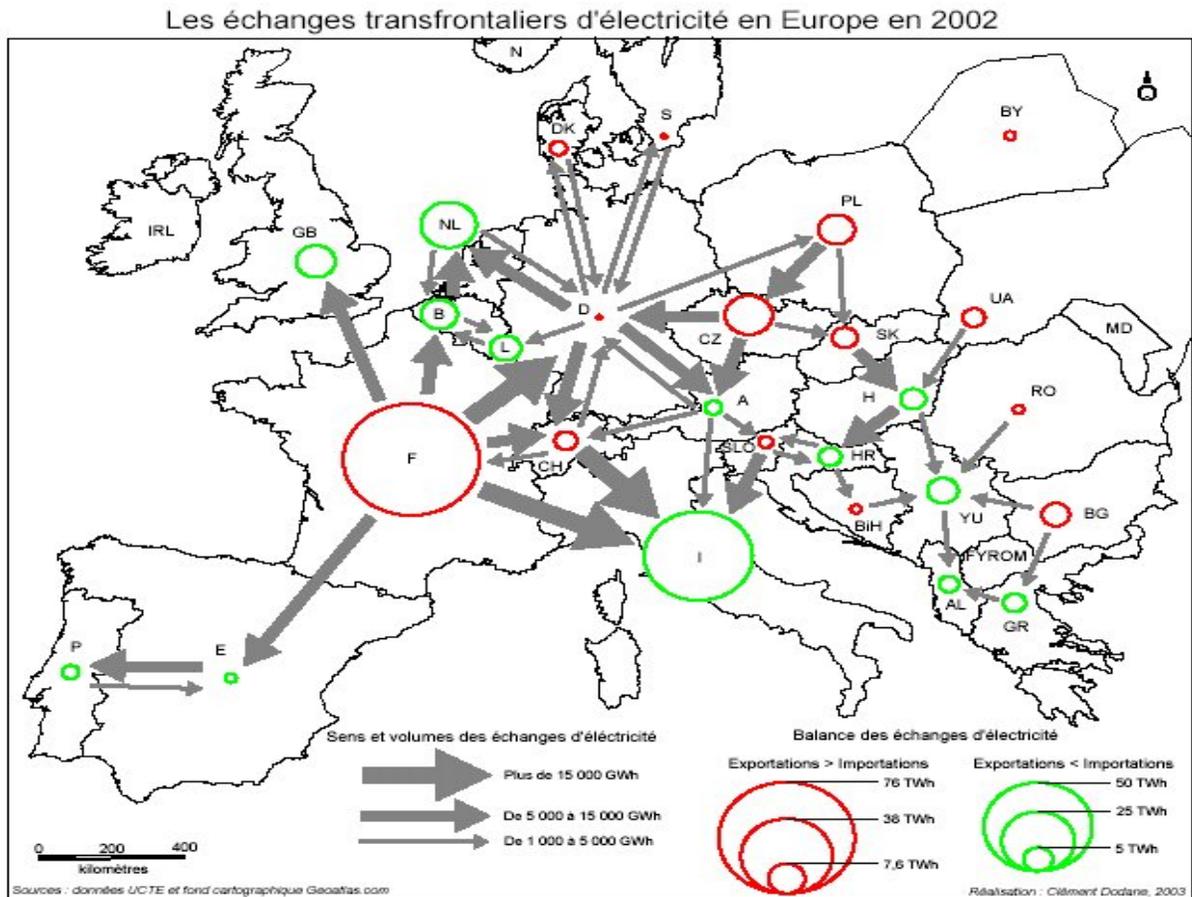


Figure 1 : Les échanges transfrontaliers en Europe en 2002<sup>4</sup>, sources de production et puits de consommation sur l'année.

Cette recherche de solution à travers l'option technologique n'est pas une tactique récente. Dans son très bon livre<sup>5</sup> consécutif à une thèse de PhD, Vincent Lagendijk analyse de manière détaillée la croissance des interconnexions et les solutions techniques apportées à des problématiques politiques. Du point de vue des organisations professionnelles et des

<sup>4</sup> © Géoconfluences - Réalisation C. Dodane d'après les données de l'UCTE

<sup>5</sup> Vincent Lagendijk, *Electrifying Europe: The power of Europe in the construction of electricity networks*, Amsterdam, Aksant Academic Publishers, 2008, 246 p.

institutions, il observe ainsi la lente et irrépessible marche des organes technique (UCPTE, EURELEC, etc..) vers une harmonisation technique des systèmes régionaux permettant plus de sécurisation. Mais aussi plus d'interactions.

Reprenant l'approche développée par Johan Schot d' « intégration cachée », intégration véhiculée par l'émergence des grandes infrastructures (routière, ferroviaire, énergétique, etc.), il explique les tactiques appliquées par les ingénieurs, lesquels « technifient » les discussions supra nationales de façon à réduire l'influence des acteurs politiques et non experts autant que possible.

Il reprend également les deux éléments généralement utilisés pour justifier ou expliciter le développement des réseaux électriques (le facteur de charge des réseaux et la recherche de la meilleure utilisation du bouquet de production concerné du point de vue économique) pour épauler les extensions de réseaux transfrontaliers, illustrant au passage que des motivations nationalistes peuvent paradoxalement conduire à développer les réseaux et à interconnecter les systèmes<sup>6</sup>.

L'essentiel de ce travail couvre les années antérieures à 1950. Dans la partie consacrée aux années 1951 à 2001, il illustre particulièrement le long travail technique des organisations représentant les électriciens, précurseurs et partiellement vecteurs de la réunification économique allemande après la chute du mur de Berlin, ainsi que de l'aboutissement du synchronisme sur l'ensemble de la plaque géographique européenne (pays de l'Est, RDA) en 1995. Il montre comment les blocages politiques idéologiques ont pu être contournés techniquement, comme si la loi des besoins d'extension des réseaux était irrésistible... Ainsi, à travers l'ex-Yougoslavie, des échanges d'énergie entre les deux blocs ont pu être réalisés via des solutions techniques un peu élaborées pour l'époque (liaisons à courant continu en territoire de transition afin de passer d'un système technique « de l'Est » à un système technique de « l'Ouest »). Il soulève également le problème de la nature des réseaux en

---

<sup>6</sup> *Idem*, p. 23.

question et de leurs dynamiques : réseaux nationaux ou internationaux ? Réseaux qui évoluent de manière incrémentale ou réseaux planifiés ?

Les éléments de réponse sont parcellaires, et une réflexion tant du point de vue patrimonial (occupation de l'espace) qu'utilitaire (quels services sont rendus ou à rendre) pourrait être utile. Par ailleurs, l'étude traite essentiellement des points de tension aux frontières du rideau de fer, à travers le cas de l'Allemagne, plus particulièrement de Berlin, et de la Yougoslavie, utilisée comme plaque tournante électrique entre l'électricité de l'Est (abondante et bon marché car épaulée par un pétrole et un gaz soviétique à coût régulé) et les besoins de l'Ouest du rideau de fer (plus particulièrement l'Autriche, handicapée par une opposition croissante de l'opinion publique au démarrage de centrales nucléaires). Le parti pris par cette analyse n'aborde pas du tout la problématique électrique de la partie Ouest de l'Europe, et n'éclaire pas non plus sur le rôle des grands et des petits acteurs économiques de la filière électrique.

Pourtant, géographiquement, la France et l'Allemagne occupent une place tout à fait singulière au cœur de cet espace et de cette institution, au centre de l'Europe électrique ; ensuite, les choix stratégiques nationaux, particulièrement à partir de la concrétisation de l'option nucléaire civile dès le début des années 1970 (en France, en Belgique, en Angleterre, en Allemagne), ont un impact sociétal, économique et politique sur la plaque européenne ; enfin, à l'instar de la compagnie Verbund, longuement évoquée dans ce chapitre de son ouvrage, de grands champions industriels nationaux ont émergé dans cette période (EDF, Electrabel, RWE, Vattenfall, E-On...), et avec eux des filières connexes, telles que l'électronique, l'électrotechnique (Alstom, ABB, General électrique, Siemens, Merlin Gérin, Westinghouse), l'électronucléaire (Framatome, CEA, Westinghouse), les télécommunications.

Par ailleurs, l'orientation nucléaire de ces pays n'a pas retenu l'attention de Vincent Lagendijk : parlant de la période du choc pétrolier de 1973, il retient : « The high oil prices nevertheless presented a challenge to Western Europe, including the electricity sector. This challenge was all the greater because the future of atomic energy had become dim. It was no

longer perceived as a viable alternative to classic thermal plants in most european countries. During the 1960s, growth had been already lower than anticipated »<sup>7</sup>. Peut-être peut-on évoquer un retard, une hésitation de certains pays par rapport aux prévisions d'Euratom en la matière, mais on peut également s'interroger à la lumière du temps sur la pertinence, la crédibilité, l'utilisation politique d'Euratom par rapport aux stratégies nationales réellement déployées.

Enfin, ce travail n'aborde pas les problématiques d'inter souveraineté et d'intérêts économiques nationaux qui ont émaillé le processus de dérégulation des secteurs énergétiques et télécoms dans les années 1990 et 2000. Il se contente de retracer l'historique des évolutions, des fusions et des appellations de certaines institutions, essentiellement européennes, mais sans prendre la dimension des luttes importantes qui ont animé les filières et les gouvernements. Son analyse s'arrête en 2001, à l'aube des grandes décisions européennes de libéralisation du marché de l'électricité, sources de bouleversements très rapides dans les secteurs électrique et énergétique de la vieille Europe.

Mais ces éléments descriptifs interpellent : ne sont-ils, à nouveau, que le constat d'évolutions lentes, incrémentales, presque hasardeuses de ces gros ouvrages ? Les réseaux, véritables totems à la modernité sillonnant les paysages, sont-ils seulement un mal nécessaire, figés et immobiles dans des mondes en mouvement ? Les dynamiques modernes, tant techniques, politiques que financières leur sont-elles étrangères ? Répondent-ils à des logiques plus proches de celles d'une administration, appliquée à déployer une politique publique et à la gérer, ou d'une entreprise, animée par la recherche de développement de marchés et de profitabilité ?

Il semble improbable qu'un support clef de nos modes de développement actuels reste imperméable aux enjeux qui s'affrontent et s'entremêlent depuis les chocs pétroliers du début des années 1970, que ces enjeux soient locaux, nationaux et supranationaux. Il est illusoire de

---

<sup>7</sup> *Idem*, p. 190.

considérer que l'évolution de notre confort se fasse sans évolution majeure des industries le supportant. Comme Thomas P. Hughes l'écrivait déjà au titre de la pré-électrification des pays développés au début du vingtième siècle<sup>8</sup>, «[...] power systems are cultural artefacts. Electrical power systems embody the physical, intellectual, and symbolic resources of the society that constructs them ». Ces industries de la mise en relation structurent et charpentent nos développements économiques, sociaux et financiers depuis un siècle. Ils ont su s'adapter aux incertitudes croissantes quant à la qualité de leurs interfaces avec leurs multiples interlocuteurs. Ils savent évoluer, pour résister. Dans cette perspective, ils doivent innover, tant l'innovation est la meilleure façon de résister à long terme, puisqu'avec l'innovation vient le leadership, le lobbying, la vision de long terme, tous autant de fondamentaux réels d'un modèle d'entreprise durable. Ce faisant, ils développent des modèles qui leur sont très spécifiques pour naviguer entre l'ensemble de leurs parties prenantes avec un seul objectif : conserver les moyens d'exister et de se renforcer.

La présente recherche propose de focaliser sur cet aspect insuffisamment étudié des interrelations complexes entre les dimensions de souveraineté, de politiques, d'intérêts économiques, de questions sociétales – tant locales que supranationales – autour de ces grands ouvrages que sont les interconnexions électriques aux frontières françaises, que ce soit du point de vue de l'électricité ou du point de vue des relations internationales. Pourquoi les réseaux physiques continuent-ils à s'interconnecter ? Se contentent-ils de transporter des électrons ? À quelles motivations répondent ces interconnexions ? Ces motivations varient-elles ? Comment légitimer ces développements au sein d'économies développées et confortables ? En quoi concourent-elles à les rapprocher, à se concurrencer, ou à s'épauler ?

---

<sup>8</sup> Hughes Thomas Parke, *Networks of Power, Electrification in Western Society, 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, 1983, 474 p.

Cette recherche est centrée sur la France, parce qu'elle est « au cœur de l'Europe » électrique, mais également parce qu'elle joue un rôle politique, économique, électrique tout à fait spécifique dans le cadre de l'Europe. La recherche s'appuie naturellement sur les travaux existants en la matière, et s'inscrit en cohérence avec mon parcours professionnel qui m'a conduit à vivre et à en suivre de l'intérieur les transformations structurelles, politiques et techniques, d'abord à EDF de 1995 à 2000, puis au sein du gestionnaire de réseau de transport français de 2006 à maintenant.

Trois grands angles de vue sous-tendent ce travail qui sera présenté sous un déroulement quasi chronologique.

L'axe 1 s'attachera à expliciter les fondamentaux de cette énergie secondaire qu'est le produit « électricité », à familiariser le lecteur avec ses forces et ses faiblesses, ses spécificités, son évolution en tant qu'énergie domestique et énergie de force depuis plus de 60 ans. Pourquoi particulariser cette énergie parmi les autres ? Quelles spécificités techniques présente-t-elle ? De quoi dépend-elle ? Quels services apporte-t-elle ?

Il convient alors de dresser un historique de la construction et de l'utilisation des interconnexions de réseaux permettant le transport électrique aux frontières françaises, et d'essayer d'en donner une image dynamique illustrant l'usage concret de ces infrastructures (actives et passives), à la fois en termes de maîtrise des risques et de fonctionnement nominal. Ce point de vue « de l'ingénieur » abordera la considération technique de cette énergie. Il illustrera comment le « transporteur » de l'électricité, responsable d'abord technique du bon acheminement des flux au sein d'entreprises intégrées verticalement, se retrouve chargé de la responsabilité du maintien des équilibres « offre-demande ». « Gestionnaire » de réseaux de transport de gros, et acteur-coordonateur-contrôleur au cœur des échanges entre producteurs et consommateurs, il doit alors rendre à tout prix le service attendu.

Ce service est à facettes multiples, à l'image de ses clients directs et indirects. Il sous-tend la rentabilité des acteurs économiques privés utilisant son réseau, incarne un service public occupant des territoires publics et privés, impacte l'aménagement des espaces et leur valeur matérielle et immatérielle. Ce nouveau rôle de leader légitime plus que jamais les impératifs des missions ressenties par les ingénieurs de ces opérateurs techniques : convaincus

de l'importance de celles-ci, ils font preuve de créativité et d'innovation afin de rendre les services offerts par leurs réseaux toujours plus souples, plus fluides, exempts de congestion, tendant vers le mythe inatteignable de la « plaque de cuivre » qui les ferait disparaître tant ils ne seraient plus une contrainte ni un obstacle...

En résumé, les services portés par ces réseaux seront explicités, ainsi que leur évolution dans le temps et l'espace. L'augmentation de la complexité technique et opérationnelle de leur exploitation au fur et à mesure que les réseaux physiques s'interconnectent aux frontières sera également mise en relief.

L'axe 2 s'attache à essayer de mieux comprendre les motivations concrètes des différents types d'acteurs qui ont conduit à établir, à utiliser, à transformer, ou encore à développer les interconnexions internationales et leur usage.

Les considérations techniques priment-elles ? Y a-t-il planification, ou simplement extension afin de traiter un besoin incrémental ? Quelles peuvent en être les justifications économiques ? Comment peut-on appréhender la nature temporelle de ces ouvrages « durables » ? Ce sont des produits « d'ingénieur », qui les ont pensés en fonction d'exigences techniques et d'impératifs de maîtrise de leurs risques de défaillance. Le critère financier, s'il est évidemment pris en compte, n'est pas le déterminant principal au regard du risque valorisé par le technicien. La nature incrémentale de ses extensions de ramification semble raisonnable, d'autant qu'elle permet un ajustement régulier entre les projets qui avancent et ceux qui sont bloqués, donc une meilleure maîtrise du risque lié « aux Tiers », c'est-à-dire tous les acteurs extérieurs à l'opérateur de réseau. La nécessité de maîtriser les risques est un argument difficilement contestable, sauf à considérer que toute défaillance peut être couverte par une assurance. Ce qui n'est pas le cas sur les ouvrages physiques, mais une couverture est toujours possible sur des produits financiers, sur l'électricité en tant que commodité.

Les réseaux de transport d'électricité nécessitent souvent des années d'anticipation, mais sont capables, une fois construits, d'avoir une durée de vie centenaire là où la plupart des outils de production dureront deux fois moins longtemps... Comment comprendre cette contradiction ? L'instance politique contribue-t-elle à leur création et à leur évolution ? Les

effets directs et indirects de part et d'autre de l'interconnexion sont ils mesurables dans la durée ? En un mot, quels sont les intérêts suprêmes servis par la croissance des réseaux et de leurs interconnexions ? Ils ont longtemps suivi la nécessité de développement, de progrès, de croissance de la consommation. Légitimés par la croissance, ils l'ont servie. Depuis une bonne dizaine d'années, ils deviennent aussi les témoins de transformation industrielle et économique : lorsqu'une usine majeure ferme, que devient l'ouvrage électrique qui l'alimentait ? On peut considérer que c'est un dommage collatéral, mais c'est aussi un signe que l'un des motifs de l'extension des réseaux (la poursuite de la croissance économique à une maille nationale) n'est plus aussi pertinent. D'autres motifs apparaissent, liés à l'optimisation, la rationalisation, la fluidité du commerce afin de maintenir une dynamique économique de part et d'autre des frontières.

De « sous-produit » mettant en relation des besoins, les grands réseaux électriques ont muté en l'espace de quarante ans « en condition nécessaire » à la réalisation de nombre d'échanges. Le réseau et sa capacité de gestion de flux devient plus qu'un acteur majeur de l'évolution de l'économie : il structure les territoires, l'économie, les sociétés. Il devient non seulement incontournable, mais peu mobile, figé dans des Sociétés qui ne veulent plus le voir. Victime de sa durabilité, il manque a priori de souplesse pour suivre les tendances économiques, mais également les appréhensions sociétales. Passé la période faste du déploiement des grands programmes sous égide de monopoles nationaux (nucléaire, thermique classique), l'opposition montante de citoyens (cf. l'épopée de la cinquième interconnexion entre la France et l'Espagne citée auparavant) couplée à l'évolution de la demande (parfois volontairement, à l'image de la France constatant une surcapacité de production d'origine thermique nucléaire) a amené à une stabilisation des projets d'interconnexions aux frontières françaises. Les réseaux de transport ont cessé d'être les symboles du progrès, pour se muer en grandes architectures encombrant les paysages. Cette évolution n'est pas spécifique à la France : on retrouve sensiblement le même renversement d'appréciation dans tous les pays d'Europe de l'Ouest. L'évolution des réseaux nationaux est devenue plus incrémentale, en même temps que les délais nécessaires aux nouvelles réalisations se sont allongés, et que des concessions technologiques plus coûteuses ont dû être proposées.

Les instances politiques se sont petit à petit désolidarisées dans leurs positions publiques de ces ouvrages encombrants, tenant parfois des discours dissonants selon les lieux et les publics. Le progrès a changé de main dans ces sociétés développées plus soucieuses de leur qualité de vie car tenant pour acquis un niveau élevé de confort. Entre le premier choc pétrolier et les années 90, les réseaux et leurs interconnexions sont passés d'une dynamique de « bâtisseurs » à une dynamique de « gestionnaires » d'un patrimoine commun. Cette période a été une phase de développement des monopoles d'État, et d'exportations fortes de la France vers les voisins européens. L'âge d'or du nucléaire civil français a permis de développer le confort domestique (chauffage électrique) et d'exporter massivement une énergie stable, abordable, politiquement acceptable pour ses voisins. Mais les années 2000, en conjuguant extension du désormais tout puissant modèle libéral capitaliste, implication de l'Europe dans les dossiers de l'énergie et montée en puissance de la conscience de la problématique climatique, sont venues percuter un statu quo entre grands acteurs économiques nationaux.

L'axe 3 vise à caractériser le rapport entre les interconnexions internationales et les autres instances des relations internationales. Les interconnexions électriques ont-elles une influence sur les relations internationales ? Sont-elles plutôt en anticipation, ou réactives ? Ce rapport varie-t-il avec le temps ? Favorisent-elles l'entente sur d'autres plans que celui de l'électricité ? D'autres objectifs cachés sont-ils à identifier, à quels horizons temporels ? À quelle échelle géographique dans un monde globalisé ?

Auparavant développé(s) pour répondre à des besoins identifiés, puis pour contribuer aux développements économiques de territoires, le(s) réseau(x) de transport d'électricité est(sont) en passe, sur injonction européenne, d'avoir à programmer ses(leurs) développements futurs à l'échelle européenne. En s'intégrant à un tout plus large, ils devront alors assumer les projections politiques et économiques sur lesquelles ils fonderont ses perspectives de développements physique et systémique, rompant de fait avec des positions historiques nationales en retrait des projecteurs.

Ainsi, les réseaux de grand transport ont évolué malgré eux d'une position « cachée », en retrait de décisions structurelles d'investissements en production, à une dimension

volontairement architecturale contribuant au grand œuvre de la commission et du parlement européen.

Quant aux services rendus par ces grandes infrastructures, on peut s’amuser à les illustrer dans le temps et l’espace. En effet, initialement « tuyaux » de circulation électrique puis gestionnaires d’équilibres entre l’offre et la demande, ils sont devenus, grâce à leurs interconnexions, appuis solidaires de leurs homologues frontaliers, puis source de débouchés commerciaux pour leurs entreprises intégrées. Ils sont désormais en train de devenir architectes et concepteurs du marché en s’adossant aux acteurs financiers.

Ils doivent se réinventer pour assurer la pérennité de leurs supports physiques, ce qui légitime un développement répondant aux besoins des acteurs économiques européens, mais aussi aux objectifs qui leurs sont fixés par l’Europe. Ils doivent sophistication leur gestion de manière à optimiser l’utilisation qu’ils font de leur « toile » matérielle. Ils doivent – peut-être pour la première fois – essayer de prouver qu’ils servent effectivement la recherche d’un optimum économique dans l’usage résultant des bouquets énergétiques de production nationaux et internationaux. Ils sont en situation de contribuer à une forme d’efficacité écologique par la mutualisation des besoins et des ressources qu’ils permettent... en même temps que d’œuvrer à la compétitivité économique européenne.

Ils symbolisent l’ouverture et la solidarité entre les peuples et les États. Ils s’opposent à des visions de repli profond fondées sur la recherche d’autosuffisance locale. Sans doute devraient-ils apprendre à collaborer avec cette recherche moderne de résilience des communautés pour étendre encore leur influence.

Afin d’apporter une contribution sur ces questions, et outre l’apport constitué par les quelques travaux précédemment évoqués, la méthode consistera d’abord à étayer de données l’émergence des interconnexions françaises, ainsi que l’usage qui en a été fait. Ces éléments sont issus des données fournies par le Service de l’observation et des statistiques du Commissariat général au développement durable du ministère de l’écologie, du développement durable et de l’énergie français, ou publiées par le service des statistiques européennes et par les gestionnaires de réseaux de transport et régulateurs, dont RTE France et ENTSOE, ainsi

qu'à travers la littérature traitant de l'histoire des réseaux électriques. On retrace ainsi le calendrier du développement des interconnexions aux frontières françaises en parallèle des flux d'énergie traversant les frontières, afin d'en apprécier l'utilité (évolution des volumes d'énergie, évolution des parcs de production d'électricité et des consommations dans les pays frontaliers). Des explications plus techniques sur le fonctionnement des réseaux de grand transport ainsi que sur leur gestion opérationnelle sont également proposées, afin de rendre plus explicites les enjeux et contraintes liées à l'électricité. À cet effet, des publications techniques sont utilisées, ainsi que des informations publiques des opérateurs concernés.

Il s'agit également de mettre en visibilité les problématiques énergétiques, et plus spécifiquement électriques des pays d'Europe de l'Ouest, les acteurs économiques industriels en présence, et les impacts indirects des choix des politiques énergétiques nationales. Ces éléments sont alimentés par l'évolution des imports et des exports aux frontières.

Il s'agit aussi, essentiellement sur la base des publications des instances européennes (rapports, livres verts, directives, transcriptions en droits nationaux), d'illustrer le mouvement institutionnel qui a conduit au début d'une politique énergétique européenne et à la déstabilisation des acteurs économiques nationaux en place, principalement en France et en Allemagne. Dans cette optique, il est intéressant d'illustrer le changement très rapide en cours (depuis une dizaine d'années) de discours des principaux acteurs électriques, et de constater que les organes et modalités de représentation professionnelle et d'influence ou de gouvernance ont évolué, et que les réseaux deviennent des acteurs à part entière, en passe de revendiquer le droit et le devoir de planification de leurs extensions.

Les publications européennes sont publiques, et largement accessibles à travers le réseau des bibliothèques ou Internet. L'utilisation de bases de données statistiques françaises et européennes permet d'étayer les impacts économiques indirects sur les territoires et États. Par ailleurs, par souci de transparence, les réseaux de transport et associations des opérateurs de réseaux publient sur Internet de grandes masses de données depuis quelques années, disponibles aisément.

Enfin, plusieurs échanges et entretiens avec certains acteurs témoins de ces évolutions ont donné de l'épaisseur à ces éléments, les rendant plus accessibles, plus abordables. Le facteur humain demeure de facto l'élément le plus complexe et le plus ambitieux à appréhender de l'ensemble de ces problématiques, et en est sans doute la seule véritable condition sine qua non, moteur alimenté par l'ambition, les convictions, le pouvoir, les intérêts. Finalement, l'évolution des réseaux relève sans doute essentiellement d'histoires très humaines.

# **1 - Les réseaux de transport d'électricité, supports de services complexes**

L'histoire de l'énergie est intrinsèquement liée au progrès humain et au développement économique. Après les énergies « traditionnelles » que furent le bois, la tourbe, la force animale, le vent ou l'eau des moulins, l'essor du charbon a accompagné les premières révolutions industrielles dès le début du XIXe siècle et a connu son apogée avant la Première Guerre mondiale. L'entre-deux-guerres voit alors la suprématie énergétique du pétrole accompagner l'essor des États-Unis d'Amérique, dont l'hégémonie s'affirmera après la Seconde Guerre mondiale concomitamment à un modèle de croissance effrénée. Ce mouvement est ébranlé au début des années 1970 lorsque les chocs pétroliers viennent remettre en question les besoins en énergies sous-tendant les modèles de développement des pays européens.

C'est dans ce contexte – très vite brossé – que l'électricité commence un nouveau cycle de fort développement et de forte croissance en tant que vecteur tant du développement industriel accru des pays « développés » que de l'amélioration de la qualité de vie et de l'accroissement du confort domestique. Mais appréhender la complexité des enjeux électriques, c'est tout d'abord s'imprégner des fondamentaux physiques qui en commandent les flux, et qui confèrent à cette énergie des axes de forces majeurs mais également des limites liées à des fragilités intrinsèques.

## **L'électricité, une fée atypique**

L'électricité est une énergie « secondaire », en ce sens qu'elle est produite à base d'autres énergies (force hydraulique, charbon, gaz, fioul, nucléaire civil, force éolienne). Sa production est traditionnellement réalisée de manière plutôt organisée et centralisée, puis elle est transportée vers les consommateurs finaux. Ces consommateurs l'utilisent à des fins de confort (éclairage, chauffage, activités domestiques) ou bien comme énergie de puissance

initiant d'autres processus (industrie). Dans ce dernier cas, cette énergie peut alors se trouver en compétition économique et technique avec d'autres énergies primaires.

En termes de politique énergétique, et au même titre que pour les énergies primaires « classiques », c'est en constatant et en planifiant le développement de la demande à partir des besoins et de la capacité technique à les satisfaire que l'amont (la production) a toujours été pensé et programmé. La politique de la demande a ainsi été placée avant la politique de l'offre, dans une perspective de moindre coût pour la collectivité.

Cette énergie possède quelques spécificités la distinguant des autres sources d'énergie usuelles, spécificités qui conduisent à poser la question de sa caractéristique marchande. L'électricité est un produit stable et indifférencié dont on ne peut tracer ni l'origine géographique, ni la nature de sa source de production. Ce produit n'est piloté et contrôlé qu'à travers ses caractéristiques intrinsèques physiques (fréquence, tension, intensité). Il ne connaît pas d'évolution ou de révolution en tant que telles. Il n'est pas soumis à des cycles d'évolution technologiques, commerciaux, sociétaux ou environnementaux. On pourrait considérer qu'il n'évolue pas en tant que tel. Il a seulement fait l'objet d'accords de normalisation par grandes plaques géographiques afin de permettre la bonne interopérabilité des réseaux en courant alternatif (Europe, Asie, Afrique à 50 Hertz, Amérique du Nord à 60 Hertz, Japon à 50 et 60 Hertz sur deux zones géographiques limitrophes).

C'est, « en moyenne et en valeur absolue, l'énergie la plus coûteuse à distribuer »<sup>9</sup>. Mais ce produit présente d'autres intérêts : propre, non inflammable, pilotable, modulable, « invisible », disponible, léger, rapide... la « fée électricité » a révolutionné la vie domestique et accompagné le développement d'autres processus innovants (aluminium, électrolyses,

---

<sup>9</sup> Jean marie Chevalier, Philippe Barbet, Laurent Benzoni, *Économie de l'énergie*, Paris, collection Amphithéâtre, Dalloz, 1986, p 206.

papeteries, minoteries, moteurs, automatisation de processus, chaînes de production, informatique, centres de traitement et de stockage de données, télécommunications...).

À ce jour, les possibilités de stockage massif de la filière électrique demeurent contingentées en amont de la filière, et même en amont de la production sous forme justement d'énergie primaire (gaz, charbon, fioul, eau, ...), car il est quasi impossible de stocker de grandes quantités d'électricité. L'électricité doit être produite et acheminée en fonction des besoins en temps réel des consommateurs. C'est une gestion en flux tendus opérée par l'activité « gestion du système électrique » des opérateurs de réseaux de grand transport. Sa spécificité essentielle réside peut-être dans ses contraintes de mises à disposition, dont le maillon indispensable est très visible : le réseau de transport à haute tension.

La filière électrique s'est organisée<sup>10</sup> après la Seconde Guerre mondiale avec une vision intégrée de l'activité sur une plaque géographique donnée, tant en Europe qu'en Amérique du Nord. Sur un territoire géographique donné se sont assujettis et imbriqués :

- la production (génération de l'ensemble de la puissance active consommée par le réseau tout entier). Les tensions associées à cette production sont produites sous la forme de systèmes triphasés, par l'intermédiaire d'alternateurs entraînés à partir de diverses sources d'énergie primaires. Les « grandes » centrales sont en général proches des fleuves, des cours d'eau et des océans pour des raisons de besoin de refroidissement des équipements.
- le transport (acheminement des puissances produites vers les lieux de consommation). Les longues distances à parcourir imposent de transporter cette énergie à tension élevée afin de limiter les pertes en ligne (optimisation technico-économique).

---

<sup>10</sup> Luc Lasne, *Electrotechnique*, Paris, Dunod, 2008

- et la distribution (capillarité du réseau dans le territoire afin de permettre le raccordement de la majorité des consommateurs finaux en abaissant les tensions).
- et ce, afin d'assurer la consommation, c'est-à-dire l'utilisation de l'électricité délivrée en vue de la production de lumière, de force motrice, de chaleur, de froid, l'alimentation de matériel informatique ou autres, par consommation d'énergie active et d'énergie réactive.

Les liens entre deux systèmes électriques voisins se font essentiellement au niveau du « transport », à travers des lignes appelées « interconnexions », exploitées conjointement par les opérateurs de part et d'autre de la frontière ou de la limite de séparation territoriale entre opérateurs.

### **Le réseau physique, lien entre les besoins**

De façon simple, un réseau électrique fait liaison entre une source de production (créant de l'électricité à partir d'une autre énergie dite primaire) et un puits de consommation (éclairage, moteur, chauffage, climatisation, électronique/informatique). Ce qui le justifie tient à cette capacité de transporter une énergie d'un point à un autre selon un mode commun aux deux points (défini par une tension et une fréquence), et peu importe la source d'énergie primaire utilisée (eau, charbon, pétrole, gaz, nucléaire, bois, vent, soleil, ...).

Le choix d'utiliser des lignes à haute tension s'impose dès qu'il s'agit de transporter de l'énergie électrique sur des distances supérieures à quelques kilomètres. Le but est de réduire les chutes de tension en ligne, les pertes d'énergie en ligne et également d'améliorer la stabilité desdits réseaux. Les pertes en ligne (facteur majeur de mesure de l'efficacité d'un réseau tant technique qu'économique) sont principalement dues à l'effet Joule qui ne dépend que de deux paramètres : la résistance et l'intensité du courant. L'utilisation de la haute tension permet, à puissance  $P$  transportée équivalente (avec  $P = U \times I$ , où  $U$  est la tension et  $I$  l'intensité transitée), de diminuer le courant et donc les pertes puisque l'énergie perdue par effet Joule se calcule selon la formule  $E = R \times I^2$ , où  $R$  est la résistance des câbles et  $I$  l'intensité transitée

sur ceux-ci. Les tensions utilisées varient d'un pays à l'autre. Schématiquement, dans un pays, on trouvera des tensions de l'ordre de 63 kV à 90 kV pour de la distribution urbaine ou régionale, de l'ordre de 110 à 220 kV pour les échanges entre régions, et de l'ordre de 345 à 500 kV pour les principales interconnexions nationales et internationales. Dans certains pays, comme au Canada (province de Québec), on utilise aussi du 735 kV (liaison entre Manic-Outardes sur la cote nord et la région de Québec, mise en service en 1965), et même des tensions plus élevées comme dans l'ex-URSS où des essais de transport en « ultra haute tension » ont été effectués à 1 200 kV (liaison entre Elektrosal, près de Moscou, et la centrale électrique de Ekibastouz au Kazakhstan, mise en service en 1982). Mais ce type de tension ne se justifie que pour un transport sur une distance de l'ordre du millier de kilomètres, ce qui ne correspond pas à la géopolitique électrique actuelle de l'Europe de l'Ouest où la « bonne tension de transport » est jusqu'à présent comprise entre 345 et 400 kV<sup>11</sup>, avec un taux de pertes électrique associé inférieur à 2 % de l'énergie consommée<sup>12</sup>.

Schématiquement, les réseaux de transport transportent généralement l'électricité qui leur est délivrée sous la forme de systèmes triphasés en courant alternatif. Ils sont alors caractérisés par fréquence, niveau de tension et type de couplage. Deux éléments principaux ont joué historiquement à l'avantage du régime « alternatif » sur celui « continu » :

---

<sup>11</sup> Actuellement, les distances entre les sites, à plus forte raison avec le fort développement des énergies renouvelables limitent le besoin du recours à des tensions supérieures à 225 kV. Pour autant il y a bien un intérêt à organiser des échanges de blocs d'énergie à grande échelle (Nord/Sud et Est/Ouest), mais comme cela concerne les territoires relativement denses, l'acceptabilité sociétale de l'ultra haute tension est loin d'être acquise. Par exemple, en France, la limite réglementaire de 5kV/m pour le champ électrique à l'aplomb des lignes conduirait pour respecter cette contrainte à faire des lignes de très grande hauteur. De fait, les solutions qui se développent en Europe s'appuient sur le courant continu (VSC : voltage source converter) qui permet de passer en souterrain et sous marin.

<sup>12</sup> Les pertes représentent principalement l'énergie dissipée par effet joule lors du transport sur le réseau haute et très haute tension. Elles dépendent essentiellement de la consommation, du plan de production, et des échanges transfrontaliers. Les taux de pertes sur l'ensemble du réseau de transport français, tous niveaux de tension confondus, sont compris entre 2 et 3,5% de la consommation, suivant les saisons et les heures de la journée. En moyenne, le taux s'est établi à 2,5% en 2011, ce qui a représenté environ 11,5 TWh (TeraWatt-heure).

- le coût au kilomètre d'un réseau en régime alternatif a tendance à augmenter avec la distance à parcourir, essentiellement du fait du coût des conducteurs plus complexes qu'en continu. Et, à l'inverse, le coût au kilomètre d'un réseau continu a tendance à chuter avec la distance étant donné que ce sont les extrémités de ce réseau qui sont complexes. La distance « critique » à partir de laquelle un réseau en courant continu est plus performant qu'en alternatif se situait en 2008<sup>13</sup> autour de 800 km. Ceci explique que les pays de taille moyenne, tels que les pays européens, ont conçu des réseaux en courant alternatif, sauf difficulté géographique ou politique majeure (traversée de la Manche ou liaisons entre deux poches électriques de caractéristiques différentes telles que l'Ouest et l'Est à travers la Yougoslavie pendant la guerre froide par exemple).
- une utilisation massive de transformateurs (pour élever ou abaisser un niveau de tension) n'est possible qu'en régime alternatif. Cela permet de transporter l'énergie de manière optimale par rapport à une distance donnée, et d'adapter efficacement le service à rendre, service qui va de la desserte locale en basse tension jusqu'aux transports sur des distances transnationales ou internationales en 400 000 volts, voire davantage dans certains pays comme la Russie ou le Canada tels que déjà évoqués.

Depuis 1887, où le physicien croate Nikola Tesla initia les premiers courants alternatifs produits par un alternateur, des liens se sont ainsi développés entre sources et puits, selon des modalités techniques d'abord assez variées. La normalisation du fonctionnement de ceux-ci s'est rapidement avérée incontournable afin de pouvoir les interconnecter entre eux. L'émergence de ces réseaux de lignes a rendu petit à petit plus complexe leur gestion, et

---

<sup>13</sup> *Idem*

l'impossibilité de stocker a eu pour corollaire le développement d'une gestion « en temps réel ».

Après la Seconde Guerre mondiale, les réseaux nationaux européens sont ainsi globalement constitués, même si en 1949<sup>14</sup> coexistent encore 5 systèmes électriques distincts en Europe de l'Ouest, non synchrones entre eux : le système allemand (relié avec la Belgique, la Hollande, la Suisse, l'Autriche, la Tchécoslovaquie), le système français, (avec l'Espagne et la Suisse), celui du nord de l'Italie (avec la suisse), celui couvrant le sud de l'Italie, et enfin le système insulaire de l'Angleterre. Des lignes de liaison existaient déjà entre ces différents systèmes, lignes d'interconnexion qui étaient gérées de manière indépendante, comme des « poches électriques » autonomes. Au confluent de ces systèmes, avec la particularité de gérer des relations électriques à la fois avec les systèmes français, allemand et italien du nord, on trouvait la Suisse, profil atypique tant du point de vue de l'énergie qu'au niveau économique et politique.

Petit à petit, de manière concomitante aux renforcements des réseaux nationaux, renforcements augmentant leurs stabilités, des chaînes électriques « en série » s'organisent, chaque pays réglant la puissance échangée au travers d'une de ses frontières ce qui lui assure la maîtrise des flux le traversant. Finalement, en 56, trois chaînes électriques cohabitent, et s'interfacent encore sur le territoire suisse.

---

<sup>14</sup> Henri Persoz, *L'interconnexion européenne*, Histoire de l'électricité en France, tome troisième, 1946-1987, sous la direction de Henri Morsel, Association pour l'Histoire de l'électricité en France, Arthème Fayard, 1996, p.790.

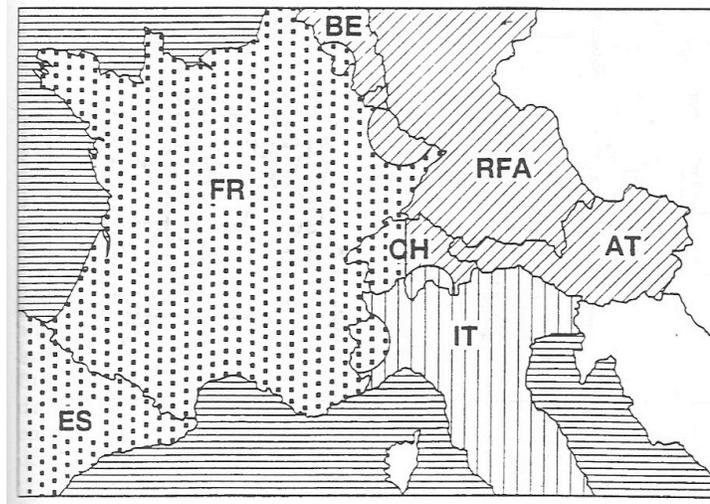


Figure 2 : Les trois zones de synchronismes distincts en Europe de l'Ouest en 1956<sup>15</sup>

Finalement, sous impulsion helvète, les trois systèmes sont enfin couplés en 1958, dans la région de Bâle. Afin d'assurer à chaque pays le maintien de la maîtrise des transits, ce couplage est d'abord réalisé en étoile, en cet unique point. Puis, une fois la maîtrise de ce nouvel exercice acquise et la crainte de perte de contrôle atténuée, les lignes entre les réseaux se sont petit à petit reconnectées sur les réseaux nationaux, augmentant graduellement l'interconnexion des réseaux nationaux, leur maillage, mais pas vraiment leur intégration au sein d'un système fonctionnant de manière totalement homogène.

Finalement, à l'aube des années 70, dix pays fonctionnent totalement en parallèle<sup>16</sup>. D'ouest en est, il s'agit du Portugal, de l'Espagne, de la France, de la Belgique, de la Hollande, du Luxembourg, de la République Fédérale d'Allemagne, de l'Autriche, de la Suisse et de l'Italie, auxquels vient se joindre la Yougoslavie en 1976, puis la Grèce, et en 1985 l'Albanie.

---

<sup>15</sup> *Idem.*

<sup>16</sup> *Idem.*

À cette maille géographique s'est rajoutée l'Angleterre en 1961, grâce à une première liaison sous marine à courant continu de 160 MW la reliant à la France. Cette liaison, sans permettre le synchronisme des systèmes, ouvre néanmoins la porte aux échanges d'énergie. Elle sera remplacée en 1986 par quatre liaisons à courant continu reliant les postes de transformation électriques de Sellindge en Angleterre et des Mandarins en France à 270 kV et pour une puissance totale de 2 000 MW.

### **La coopération entre opérateurs : la solidarité des ingénieurs**

Au fil des années, l'UCPTE (Union pour la coordination de la production et du transport en Europe), puis prenant sa suite à partir de 1999 l'UCTE – recentrée sur les problématiques de transport - ont rassemblé les opérateurs de l'ensemble des pays de la plaque continentale ouest européenne, permettant leur interconnexion et synchronisme (zone bleue de la figure 3).

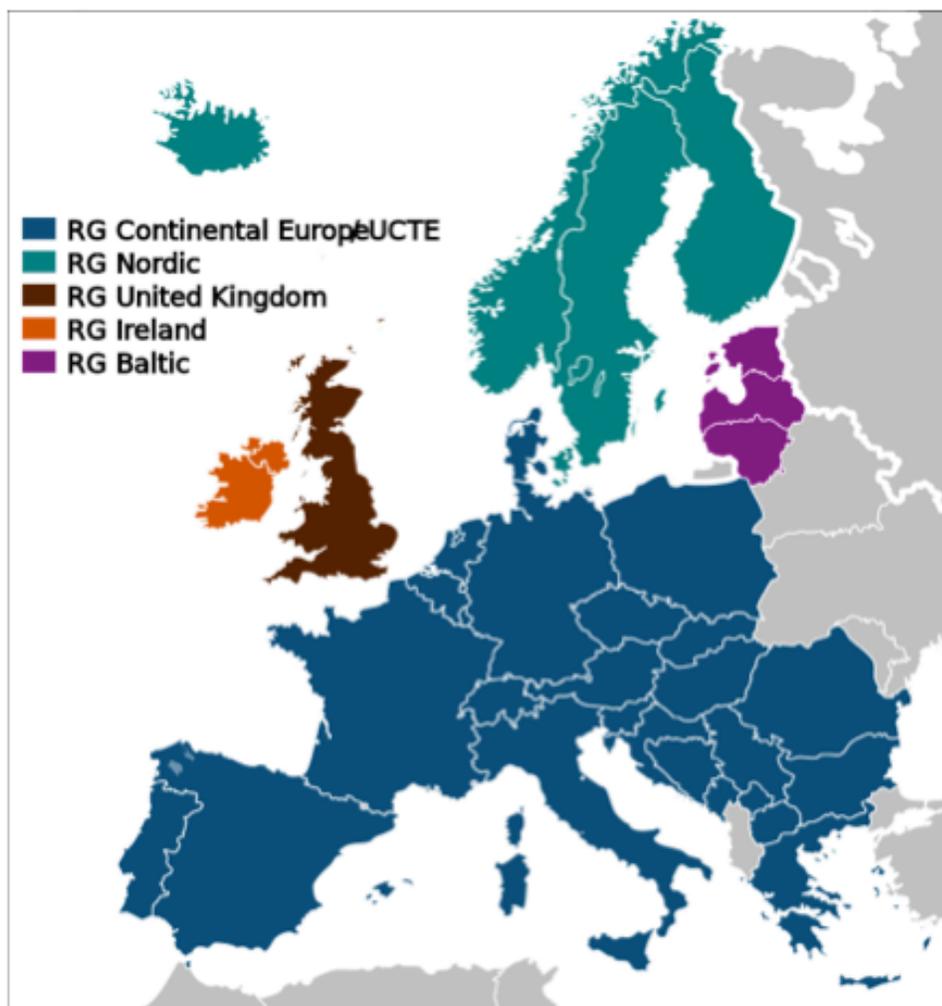


Figure 3 : Systèmes synchrones et organisations coordinatrices correspondantes en Europe en 1998<sup>17</sup>

D'un point de vue technique, l'interconnexion progressive des réseaux entre eux a permis de traiter pas à pas les difficultés techniques rencontrées : bascule des différents systèmes historiques vers une même fréquence normée, maintien de cette fréquence nominale (50 Herz en Europe continentale coordonnée via l'UCTE), choix de niveau de tension exploitable de part et d'autre d'une frontière entre deux systèmes, marche en parallèle des

<sup>17</sup> UCPTE-UCTE\_The 50 year SuccessStory, [https://www.entsoe.eu/fileadmin/user\\_upload/library/publications/ce/110422\\_UCPTE-UCTE\\_The50yearSuccessStory.pdf](https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/library/publications/ce/110422_UCPTE-UCTE_The50yearSuccessStory.pdf)

alternateurs (à travers plusieurs choix et dispositions électrotechniques tels que le réglage primaire généralisé de la fréquence, le réglage de la puissance d'échange, le réglage secondaire fréquence - puissance, la maîtrise des transits<sup>18</sup>). Autant de dispositifs que de modalités techniques élaborés par les ingénieurs des entreprises concernées et portés par leurs organisations « professionnelles » telles que l'UCPTE puis l'UCTE déjà citées, tour à tour forces de propositions tout autant que de résistance aux volontés politiques nationales.

Des liaisons à courant continu connectent entre eux ces différents systèmes techniques, et cette dynamique de coordination et de raccordement, en relation avec les mouvements politiques de structuration et de construction européenne, conduit en 2008 à la création de l'ENTSO-E, European Network of TSOs for Electricity, structure légale de droit européen créé par les institutions politiques. L'ENTSO-E héberge cette fois officiellement tous les gestionnaires de réseaux membres de l'UCTE, de NORDEL, UKTSOA, ATSOI et de BALTSO, fédère 34 pays, et couvre les besoins en électricité de 525 millions de personnes grâce à 305 000 km de lignes de transport d'électricité<sup>19</sup>. ENTSO-E n'est plus seulement une organisation professionnelle ; c'est devenu une structure institutionnelle chargée d'une mission européenne.

---

<sup>18</sup> voir par exemple Henri Persoz, « L'interconnexion européenne », *Histoire de l'électricité en France*, tome troisième, 1946-1987, sous la direction de Henri Morsel, Association pour l'Histoire de l'électricité en France, Arthème Fayard, 1996, p.800-808.

<sup>19</sup> <http://www.audeladeslignes.com/entsoe-coeur-europe-electrique-demain-9296>



Figure 4 : Pays membres de l'ENTSO-E<sup>20</sup> en 2014

Cette fois, il ne s'agit plus tant de coordonner des outils techniques dans un objectif de protection des intérêts industriels d'entreprises nationales intégrées que de se doter d'un outil d'organisation, de coordination et de lobby. De fonctionnement plutôt fédératif, respectant ainsi la culture historique des organisations sectorielles l'ayant précédée, ENTSOE a pour but de prendre place sur la scène économique industrielle européenne en devenant le bras armé de l'ouverture des marchés de l'électricité, relayant ainsi ce qui tient lieu aujourd'hui d'objectif politique européen en la matière.

---

<sup>20</sup> Susanne Nies, « L'énergie, facteur d'intégration et de désintégration en Europe : Bilan du quart de siècle depuis la chute du mur de Berlin », *Hérodote* 4/155, 2014, p. 58-79.

## **Systèmes électriques modernes : compliqués ou complexes ?**

La gestion opérationnelle d'un réseau de transport d'électricité se déroule sous double contrainte :

- conserver les valeurs normalisées de tension (différents paliers de tension cohabitent selon un optimum entre la distance parcourue et les pertes électriques sur la ligne) et de fréquence (référence commune à tous les acteurs et utilisateurs du réseau).
- disposer de marges de puissance en divers points du réseau afin de pouvoir réagir en permanence et en tout temps aux évènements (injections de production, soutirages de consommation, modification de topologie de réseau) et ainsi assurer la « sûreté » du système, c'est-à-dire son « équilibre relatif » permanent.

Les opérateurs intègrent ainsi de multiples facteurs tels que les particularités géographiques, la répartition des populations, des activités industrielles et tertiaires, les rythmes de vie, les aspects culturels, le côté imprévisible des avaries, les évènements climatiques ou naturels, les maintenances, les évolutions économiques, technologiques ou sociétales, les interconnexions internationales... Ainsi, les réseaux de transports d'électricité, de simples liens physiques reliant un point à un autre qu'ils étaient initialement sont devenus des « systèmes », toiles et supports de nombreux enjeux techniques, économiques, sociétaux et environnementaux.

Ces grands réseaux maillés et interconnectés entre eux fonctionnent avec des fondamentaux techniques souvent résumés à travers deux absolus : « équilibre offre-demande » et « sûreté des systèmes », sorte de méthodologie d'immunisation ou de résilience quant aux multiples évènements impactant les systèmes électriques. Leur stratégie repose sur de nombreux processus d'actions et de réactions précises, coordonnées entre elles et adaptées aux multiples fluctuations à la fois de la fréquence sur le réseau et aux variations de tensions sur les lignes, conséquences elles-mêmes des évolutions de consommations multiples, des évènements sur les sources de production et de ce qui intervient sur le réseau (interventions programmées ou évènements fortuits).

Si on se concentre maintenant sur ce maillon de la chaîne électrique qu'est le « Transport », plusieurs fonctionnalités apparaissent comme spécifiques et/ou majeures :

a) C'est dans cette « zone de service » que doit être garantie la sûreté du système, soit son équilibre relatif en temps réel. Dans nos pays développés ayant fait depuis longtemps le pari électrique, c'est la condition absolue de tout le reste, tant du point de vue économique que sociétal, tant politique qu'environnemental.

b) C'est dans cette « zone de service » que se réalise l'optimisation économique globale, c'est à dire l'usage pertinent à chaque instant des sources de production disponibles pour assurer la consommation prévue puis appelée. Cela nécessite l'intégration de nombreux facteurs tels que la répartition géographique (et donc la topologie permettant de limiter les pertes et de gérer les congestions), la capacité de production, le temps de réaction (le délai de livraison sur le réseau), le coût et/ou le prix, les engagements commerciaux, le contrôle des productions, etc.

c) C'est dans cette « zone de service » que la réalisation de synthèses et de projections à court, moyen et long terme est possible, tant du point de vue des intrants que des sortants (prévisions de besoins de productions-localisations, prévisions de consommations-localisations, prévisions de besoins de développement de réseaux et/ou adaptations des réseaux existants, etc). C'est l'outil permettant de réaliser un lien entre l'immédiat et la projection à 20 ans, entre la spéculation immédiate, le besoin de couverture à moyen terme et les projections d'équipements et d'investissements.

d) C'est dans cette « zone de service » que l'interaction entre les territoires couverts et les ouvrages industriels est la plus riche, la plus dense, la plus visible du fait de la présence de dizaines, centaines de milliers de kilomètres linéaires de lignes. Ces constructions industrielles sillonnent les territoires, ouvrages métalliques aériens robustes ou câbles enfouis, autant d'images simplistes et biaisées des finalités électriques.

e) C'est dans cette « zone de service » que peuvent se réaliser des échanges entre systèmes distincts, tant du point de vue des niveaux de tension (échanges avec des zones de distribution) que des frontières territoriales (échanges transnationaux par exemple).

f) C'est dans cette « zone de service » que s'écoulent des énergies d'origines profondément différentes. Ces origines peuvent être de nature renouvelables (eau, vent, soleil, bois, géothermie, biomasse...) ou non (charbon, pétrole, gaz, nucléaire...), disponible de façon quasi instantanée (barrage, gaz...) ou avec un certain délai (nucléaire...), distribuable à la demande (barrage, nucléaire, charbon, gaz, pétrole) ou fatales (vent, fil de l'eau, soleil...), de grosse puissance concentrée (nucléaire, thermique classique, hydraulique...) ou de petites puissances diffuses (éolien terrestre, photovoltaïque, petite hydraulique, biomasse...), émettrices de gaz à effet de serre en régime d'exploitation (charbon, fioul, gaz) ou non (eau, vent, nucléaire, soleil)...

Cette « zone », composée d'ouvrages industriels, de systèmes d'exploitation et de prévisions, de procédures techniques et de salariés (en France, les effectifs du Transport sont passés de 3 000 en 1950<sup>21</sup>, à 6 700 en 1985, puis 8 843 en 2012<sup>22</sup>) est en fait une plateforme de services multiples. Cette plateforme est à la confluence historique des acteurs de son secteur natif (les « électriciens » et prestataires associés) et de leurs évolutions technologiques ou économiques.

Cette plateforme de service est directement impactée par d'autres révolutions exogènes, tant technologiques (numérique, informatique) ou sociétales (Internet, évolutions des sociétés, évolution des économies nationales, mondialisation de l'information), que financières (financiarisation de l'énergie passant d'un achat « classique » à la fourniture d'une commodité intégrant des couvertures de risques), ou encore environnementales (tant du point de vue des impacts directs sur les territoires, que des consommations intrinsèques aux systèmes électriques (les pertes électriques sur les réseaux) ou de l'optimisation globale des sources primaires d'énergie et des pollutions associées).

---

<sup>21</sup> Robert Janin, *L'évolution de la structure et du fonctionnement de l'électricité de France (1946-1987)*, Histoire de l'électricité en France, tome troisième, 1946-1987, sous la direction de Henri Morsel, Association pour l'Histoire de l'électricité en France, Arthème Fayard, 1996, p. 963.

<sup>22</sup> RTE, Rapport de développement durable 2012

Les systèmes électriques, à l'origine simple pont reliant une source et un puits, se sont développés après guerre en relevant les défis techniques posés à leur extension géographique, défis compliqués et déterministes, solvables grâce aux ingénieurs et aux investissements industriels.

À l'orée des années 80, H. Persoz<sup>23</sup> explicitait le développement des interrelations entre systèmes voisins comme l'adaptation d'un modèle de développement industriel classique en système économique libéral au caractère instantané de cette marchandise.

« Les interconnexions internationales rendent aux Sociétés d'électricité le service d'une mutuelle d'assurance vis-à-vis de tous les aléas qui peuvent survenir dans un futur plus ou moins éloigné. Le fait que ces sociétés soient dans l'obligation de satisfaire à chaque instant la consommation de l'ensemble de leur clientèle, sans pouvoir stocker à l'avance toute l'électricité nécessaire, est la principale justification des interconnexions internationales. Car le seul stockage possible passe par les barrages, où le « combustible primaire » est insuffisant. Or, le stockage d'un bien de consommation (autre que l'électricité) consiste à utiliser le temps pour adapter la production à la consommation. Devant cette impossibilité de stockage de l'électricité, l'adaptation permanente de la production à la consommation se fait en utilisant l'espace ».

En endossant de nombreuses problématiques de réconciliation d'enjeux divers, soumis à des externalités de toutes natures, leur fonctionnement s'est redoutablement complexifié à la fin du XXe siècle, et il semble que cette dynamique là ne soit pas près de s'arrêter.

---

<sup>23</sup> Persoz, op. cit. p 783.

## **Le maillage des réseaux de transport d'électricité : le cas de la France interconnectée**

De sa création en 1946 jusqu'au début des années 2000, EDF (Électricité de France, établissement public industriel et commercial devenue société anonyme en 2000 avec l'État français comme actionnaire majoritaire à 84,44 %) a été l'opérateur quasi exclusif – à l'exception de quelques dizaines de régies concédantes territoriales ayant « échappé » aux lois de nationalisation de 1945 – du développement des outils de production, de transport et de distribution de l'électricité en France. EDF était en charge également de l'import et de l'export aux frontières françaises, sous couvert de délégation de service public. Une entreprise unique a ainsi déployé pendant toute cette période le volet « électrique » des politiques énergétiques françaises successives, décidées par les gouvernements et votées par les parlements successifs.

Ainsi après guerre, et suite à une période de gestion de la pénurie en parallèle du rééquipement et de l'harmonisation des standards déjà évoquée, cette entreprise accompagne la croissance exponentielle de la consommation d'électricité tant nationale qu'europpéenne. Les réseaux régionaux intra français s'interconnectent entre eux et permettent de mieux valoriser la production hydraulique, par nature peu coûteuse mais localisée dans les zones montagneuses, et de plus en plus éloignée des grands centres de consommation émergents – dont la région parisienne.

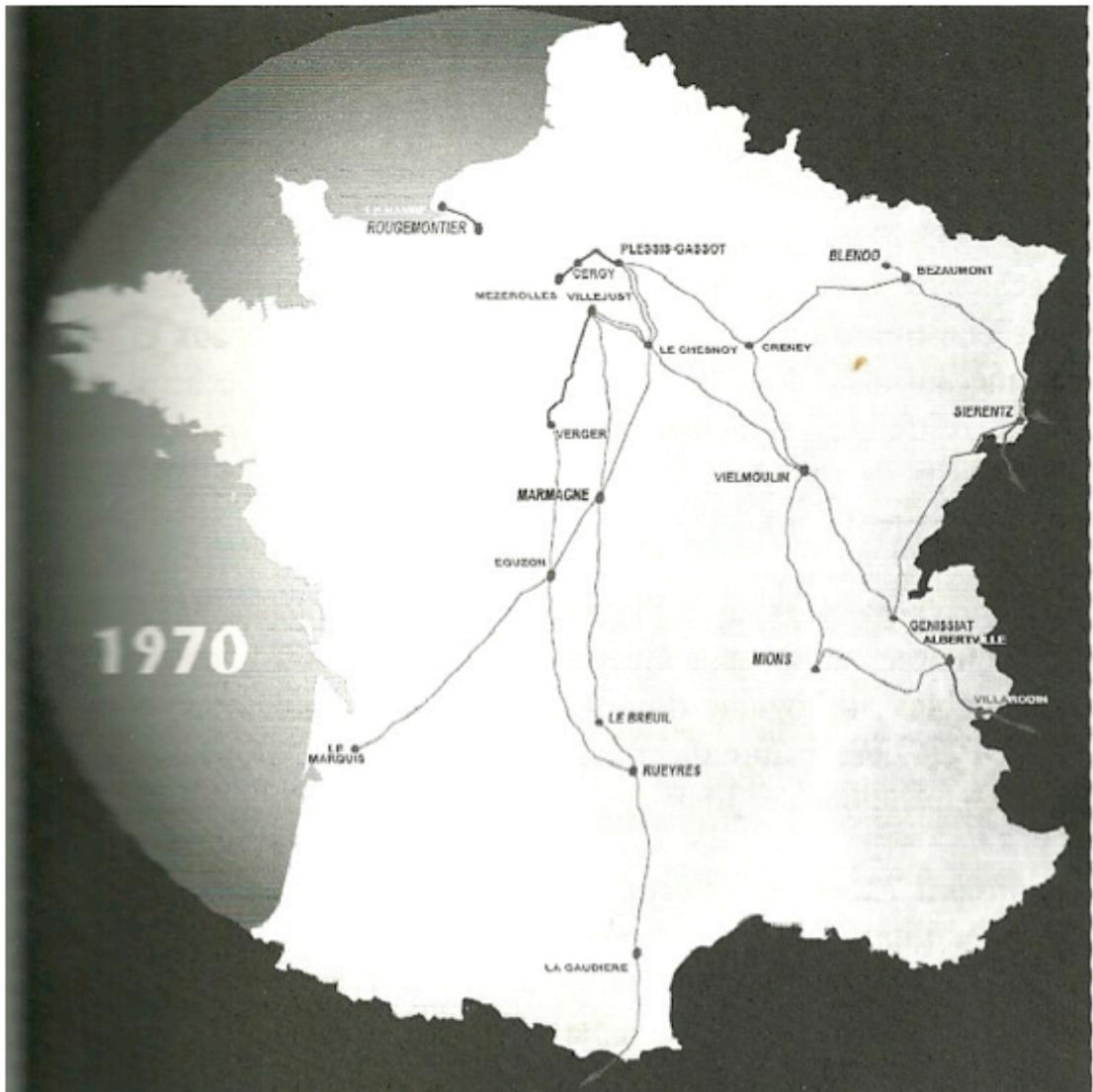


Figure 5 : Réseau à 400 kV en service en 1970<sup>24</sup>

Lancé à la fin des années 50, le réseau de « grand transport » à 400 000 volts se développe très rapidement dans les années 1960 et 1970, dopé tant par le déploiement du programme électronucléaire national que par son adoption en tant que norme européenne pour les échanges transfrontaliers (adoption « technique » par les professionnels du secteur). En effet, ce niveau de tension est adapté aux distances à prendre en considération à la maille

<sup>24</sup> Alain Croguennoc, Bernard Dalle, *Evolutions du réseau de transport d'électricité*, Paris, Hermes, Lavoisier, 2011, p. 59.

géographique européenne (optimal technico-économique). L'année 1964 vit ainsi la première liaison internationale à 400 kV dans les Pyrénées. En 1967, la première interconnexion entre la France, l'Allemagne et la Suisse est réalisée à Laufenbourg, en Suisse. Les interconnexions aux frontières françaises se sont alors développées.

L'objectif initial de ces interconnexions<sup>25</sup> était essentiellement technique. L'exploitation en temps réel des réseaux nationaux nécessite d'en assurer la stabilité, quels que soient les aléas (aléas de production, de consommation (pic de froid), mais également aléas impactant les infrastructures de transport, telle qu'une chute d'arbre sur le réseau). Le développement de ces liaisons permettait ainsi d'étendre l'espace de stabilisation disponible par la contractualisation entre opérateurs de capacités d'énergie en secours mutuel et par diversification des chemins électriques disponibles – la redondance des réseaux est inhérente aux lois de Kirchhoff caractérisant le comportement du courant électrique alternatif, instable mais aussi doué de résilience.

Ainsi, l'existence même de ces ouvrages relevait de la solidarité entre États voisins dans une optique technique. Comme nous l'illustrerons plus avant, leur existence et leur « sous-utilisation » économique ont conduit dans les années 1990 à les appréhender comme vecteurs d'énergie à visée technique, économique et politique de plus long terme, confirmant leurs développements.

En 2014<sup>26</sup>, le réseau de transport français a ainsi atteint une taille et une densité remarquable, avec plus de 104 000 km de lignes à haute et très haute tension, dont plus de 48 000 km à 400 000 volts, et de l'ordre de 2 660 postes électriques, nœuds de transformation de niveau de tension et d'aiguillage des transits.

---

<sup>25</sup> Mise en relation physique de réseaux électriques entre eux, pour des échanges d'énergie ; par extension sont ainsi appelées les lignes électriques assurant cette liaison.

<sup>26</sup> <http://www.rte-france.com/fr/ecran/1er-reseau-de-transport-d-electricite-d-europe>



Figure 6 : Réseau de transport français en 2012 (400 kV, 225 kV, 150 kV, 90 kV, 63 kV)<sup>27</sup> :  
autoroutes, nationales, départementales de l'électricité.

<sup>27</sup> droits réservés © RTE 2013

Au-delà de la vision narcissique du développement de la filière électrique en France qui mérite à elle seule les nombreux écrits existants sur ses ressorts politiques et géostratégiques, il est judicieux de se pencher sur les ancrages de ce développement avec « les autres », les homologues, les confrères frontaliers. Sous couvert de solidarité électrique et de « respiration des systèmes », les réseaux se connectent comme malgré eux, dans un mouvement lent, irrégulier et fatal. Aux ouvrages anciens à faible niveau de tension s'ajoutent au fil du temps des renforcements, des opérations de maintenance plus ou moins lourdes, des ouvrages neufs sur de nouveaux tracés, de nouveaux projets ...

En 2014, un instantané de ces liaisons frontalières est illustré sur la figure suivante<sup>28</sup> (en rouge à 400 kV, en vert à 225 kV, en bleu à 150 kV, en orange à 90 kV).

---

<sup>28</sup> RTE, septembre 2014



Aujourd’hui, le réseau de transport d’électricité français est interconnecté avec six pays à travers quarante-six liaisons : cinq États membres de l’Union européenne (Grande-Bretagne, Belgique, Allemagne, Italie, Espagne) et la Suisse. La plupart de ces liaisons internationales sont le fruit d’accords bilatéraux entre opérateurs électriciens (représentants de fait des autorités politiques nationales concernées) de part et d’autre des frontières dans les années 1970 et 1980. De nouvelles liaisons sont actuellement projetées, certaines sont en cours de construction, entre la France et l’Espagne ou entre la France et l’Italie par exemple, sous les auspices favorables et bienveillants des instances tant nationales qu’européennes, mais souvent avec une acceptation locale qui fait débat.

Si on se penche de plus près sur les périodes de développement des interconnexions françaises<sup>29</sup>, on constate – de manière un peu schématique – plusieurs vagues d’interconnexions reflétant les problématiques successives à traiter.

Dans les années 1920 et 1930, il s’agit de faire bénéficier l’industrie française de l’énergie issue de la houille blanche suisse disponible. Les années 1950, 1960 et 1970 sont des décennies de développement et d’intégration technique : les réseaux se renforcent, s’entrelacent, se synchronisent. En 1985, l’Angleterre est arrimée à l’Europe électrique grâce aux innovations technologiques et à l’usage du courant continu en pose sous-marine. Enfin, les années 1990 et 2000 voient les besoins de renforcement liés à l’augmentation des transactions commerciales devenir prégnants, en même temps que la difficulté sociétale d’acceptation des ouvrages de grand transport s’accroît.

---

<sup>29</sup> cf. TYNDP 2014 de l’ENTSO-E pour une vision complète des méthodes utilisées et des développements préconisés à ce jour en Europe.  
<https://www.entsoe.eu/Documents/TYNDP%20documents/TYNDP%202014/141031%20TYNDP%202014%20Report.pdf>

Liaison internationale	Etat Cycle de vie liaison	Année première mise en service	Frontière
LIT 150kV N0 1 VERBOIS - POUYNY	Existant	1926	Suisse 1
LIT 63kV N0 1 INTERMOSELLE - PIQUAGE INTERMOSELLE	Existant	1928	Luxembourg 1
LIT 63kV N0 1 SOTEL - PIQUAGE INTERMOSELLE	Existant	1928	Luxembourg 2
LIT 63kV N0 1 PIQUAGE INTERMOSELLE - FONTOY	Existant	1928	Luxembourg 3
LIT 63kV N0 1 CHATELOT (LE) - PIQUAGE LIEBVILLERS	Existant	1931	Suisse 2
LIT 130kV N0 1 IRUN-ERRONDENIA	Existant	1950	Espagne 1
LIT 225kV N0 1 ENSDORF - ST-AVOLD	Existant	1951	Allemagne 1
LIT 225kV N0 1 BIESCAS-PRAGNERES	Existant	1954	Espagne 2
LIT 225kV N0 1 RIDDES - CORNIER	Existant	1955	Suisse 3
LIT 225kV N0 1 SAINT-TRIPHON - CORNIER	Existant	1955	Suisse 4
LIT 150kV N0 1 BENOS - LUCHON-LAC D OO	Existant	1956	Espagne 3
LIT 63kV N0 2 MOMIGNIES - FOURMIES	Existant	1957	Belgique 1
LIT 400kV N0 1 HERNANI - ARGIA (BAYONNE SUD)	Existant	1960	Espagne 4
LIT 63kV N0 1 NAVA - ST-DALMAS	Existant	1961	Italie 1
LIT 225kV N0 1 EICHSTETTEN - VOGELGRUN	Existant	1963	Allemagne 2
LIT 400kV N0 1 VICH - BAIXAS	Existant	1964	Espagne 5
LIT 225kV N0 1 MONCEAU - CHOOZ	Existant	1966	Belgique 2
LIT 400kV N0 1 LAUFENBOURG - SIERENTZ	Existant	1967	Suisse 5 (via Allemagne)
LIT 63kV N0 1 MOMIGNIES - FOURMIES	Existant	1968	Belgique 3
LIT 400kV N0 1 BASSECOURT - SIERENTZ	Existant	1968	Allemagne 3
LIT 400kV N0 1 VENAUS - VILLARODIN	Existant	1969	Italie 2
LIT 225kV N0 1 VERBOIS - GENISSIAT-POSTE	Existant	1970	Suisse 6
LIT 225kV N0 2 VERBOIS - GENISSIAT-POSTE	Existant	1970	Suisse 7
LIT 225kV N0 1 ARKALE - ARGIA (BAYONNE SUD)	Existant	1971	Espagne 6
LIT 225kV N0 1 AUBANGE - MOULAINE	Existant	1971	Luxembourg 4
LIT 63kV N0 1 CHATELOT (LE) - FINS (LES)	Existant	1972	Suisse 8
LIT 225kV N0 1 CAMPOROSSO - MENTO / .CAMP T.VIC 1	Existant	1973	Italie 3
LIT 400kV N0 1 ACHENE - LONNY	Existant	1974	Belgique 4
LIT 400kV N0 1 AVELGEM - MASTAING	Existant	1974	Belgique 5
LIT 225kV N0 1 BATIAZ (LA) - VALLORCINE	Existant	1974	Suisse 9
LIT 400kV N0 1 ASPHARD - SIERENTZ	Existant	1975	Suisse 10 (via Allemagne)
LIT 400kV N0 1 BASSECOURT - MAMBELIN	Existant	1976	Suisse 11
LIT 90kV N0 1 ARCHIRONDEL - ST-REMY-DES-LANDES	Existant	1985	Jersey 1
LIT 400kV N0 1 RONDISSONE - ALBERTVILLE	Existant	1985	Italie 4
LIT 400kV N0 2 RONDISSONE - ALBERTVILLE	Existant	1985	Italie 5
LIT COURANT CONTINU N0 1 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 1
LIT COURANT CONTINU N0 2 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 2
LIT COURANT CONTINU N0 3 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 3
LIT COURANT CONTINU N0 4 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 4
LIT 400kV N0 1 EICHSTETTEN - MUHLBACH	Existant	1987	Allemagne 4
LIT 150kV N0 1 PAS DE LA CASE - HOSPITALET (L.)	Existant	1991	Espagne 7
LIT 400kV N0 1 ENSDORF - VIGY	Existant	1993	Allemagne 5
LIT 400kV N0 2 ENSDORF - VIGY	Existant	1993	Allemagne 6
LIT 400kV N0 1 VERBOIS - BOIS-TOLLOT	Existant	1996	Suisse 12
LIT 400kV N0 1 CHAMOSON - BOIS-TOLLOT	Existant	1998	Suisse 13
LIT 225kV N0 1 VAUX (SUISSE) - VERBOIS	Existant	1999	Suisse 14
LIT 90kV N0 2 ARCHIRONDEL - ST-REMY-DES-LANDES	Existant	2000	Jersey 2
LIT 400kV N0 2 AVELGEM - AVELIN	Existant	2005	Belgique 6
LIT 225kV N0 1 AUBANGE - MT-SAINT-MARTIN	Existant	2009	Belgique 7
LIT 225kV N0 1 GRAU-ROIG - HOSPITALET (L)	Existant	2009	Andorre 8
LIT 225kV N0 1 MOULAINE - SOTEL	Existant	2013	Luxembourg 5
LIT 90kV N0 1 SOUTH-HILL - PERIERS	Existant	2014	Jersey 3
<b>Plan décennal ENTSO-E et schéma décennal RTE</b>			
LIT courant continu BAIXAS-Santa Llogaia	Travaux en cours	2014	Espagne 9
LIT courant continu Grande-Ile - Piossasco	Mise en service prévue	2018	Italie 6
LIT F-Suisse-Italie	Etudes		
LIT F-Benelux-Allemagne	Etudes		
LIT F-Espagne (Golfe de gascogne) courant continu		2020	Espagne 10
LIT F-Angleterre courant continu			Angleterre 5

Figure 8 : Interconnexions aux frontières françaises, dates de première mise en service<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Données fournies par RTE, 2014. Les appellations et numérotations des liaisons relèvent de l'auteur et ne visent qu'à rendre le propos plus clair.

Liaison Internationale	Année première MES	Frontière
<b>France - Suisse</b>		<b>4,3 GW</b>
LIT 150kV N° 1 VERBOIS - POUIGNY	1926	Suisse 1
LIT 63kV N° 1 CHATELOT (LE) - PIQUAGE LIEBIVILLERS	1931	Suisse 2
LIT 225kV N° 1 RIDDES - CORNIER	1955	Suisse 3
LIT 225kV N° 1 SAINT-TRIPHON - CORNIER	1955	Suisse 4
LIT 400kV N° 1 LAUFENBOURG - SIERENTZ	1967	Suisse 5 (via Allemagne)
LIT 225kV N° 1 VERBOIS - GENISSIAT-POSTE	1970	Suisse 6
LIT 225kV N° 2 VERBOIS - GENISSIAT-POSTE	1970	Suisse 7
LIT 63kV N° 1 CHATELOT (LE) - FINS (LES)	1972	Suisse 8
LIT 225kV N° 1 BATAZ (LA) - VALLORCNE	1974	Suisse 9
LIT 400kV N° 1 ASPHARD - SIERENTZ	1975	Suisse 10 (via Allemagne)
LIT 400kV N° 1 BASSECOURT - MAMBELIN	1976	Suisse 11
LIT 400kV N° 1 VERBOIS - BOIS-TOLLOT	1996	Suisse 12
LIT 400kV N° 1 CHAMOSON - BOIS-TOLLOT	1996	Suisse 13
LIT 225kV N° 1 VALX (SUISSE) - VERBOIS	1999	Suisse 14
<b>France - Belgique / Pays-Bas</b>		<b>3,8 GW</b>
LIT 63kV N° 2 MOMIGNES - FOURMIES	1957	Belgique 1
LIT 225kV N° 1 MONCEAU - CHOOZ	1966	Belgique 2
LIT 63kV N° 1 MOMIGNES - FOURMIES	1968	Belgique 3
LIT 400kV N° 1 ACHENE - LONNY	1974	Belgique 4
LIT 400kV N° 1 AVELGEM - MASTAING	1974	Belgique 5
LIT 400kV N° 2 AVELGEM - AVELIN	2005	Belgique 6
LIT 225kV N° 1 AUBANGE - MT-SAINT-MARTIN	2009	Belgique 7
LIT 63kV N° 1 INTERMOSELLE - PIQUAGE INTERMOSELLE	1928	Luxembourg 1
LIT 63kV N° 1 SOTEL - PIQUAGE INTERMOSELLE	1928	Luxembourg 2
LIT 63kV N° 1 PIQUAGE INTERMOSELLE - FONTOY	1928	Luxembourg 3
LIT 225kV N° 1 AUBANGE - MOULAINE	1971	Luxembourg 4
LIT 225kV N° 1 MOULAINE - SOTEL	2013	Luxembourg 5
<b>France - Espagne</b>		<b>1,4 GW</b>
LIT 130kV N° 1 JURUN-ERRONDEMA	1950	Espagne 1
LIT 225kV N° 1 BIESCAS-PRAGNIERES	1954	Espagne 2
LIT 150kV N° 1 BENOS - LUCHON-LAC D'OO	1956	Espagne 3
LIT 400kV N° 1 HERNANI - ARGIA (BAYONNE SUD)	1960	Espagne 4
LIT 400kV N° 1 VICH - BAIXAS	1964	Espagne 5
LIT 225kV N° 1 ARKALE - ARGIA (BAYONNE SUD)	1971	Espagne 6
LIT 150kV N° 1 PAS DE LA CASE - HOSPITALET (L)	1991	Espagne 7
LIT 225kV N° 1 GRAU-ROIG - HOSPITALET (L)	2009	Andorre 8
<b>France - Allemagne</b>		<b>4,5 GW</b>
LIT 225kV N° 1 ENSDORF - ST-AVOLD	1951	Allemagne 1
LIT 225kV N° 1 EICHSTETTEN - VOGELGRUN	1963	Allemagne 2
LIT 400kV N° 1 BASSECOURT - SIERENTZ	1968	Allemagne 3
LIT 400kV N° 1 EICHSTETTEN - MUHLBACH	1987	Allemagne 4
LIT 400kV N° 1 ENSDORF - VIGY	1993	Allemagne 5
LIT 400kV N° 2 ENSDORF - VIGY	1993	Allemagne 6
<b>France - Italie</b>		<b>3 GW</b>
LIT 63kV N° 1 NAVA - ST-DALMAS	1961	Italie 1
LIT 400kV N° 1 VENAUS - VILLARODIN	1969	Italie 2
LIT 225kV N° 1 CAMPOROSSO - MENTO / CAMP T.VIC 1	1973	Italie 3
LIT 400kV N° 1 RONDISSONE - ALBERTVILLE	1985	Italie 4
LIT 400kV N° 2 RONDISSONE - ALBERTVILLE	1985	Italie 5
<b>France - Royaume-Uni</b>		<b>2 GW</b>
LIT COURANT CONTINU N° 1 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	1986	Angleterre 1
LIT COURANT CONTINU N° 2 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	1986	Angleterre 2
LIT COURANT CONTINU N° 3 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	1986	Angleterre 3
LIT COURANT CONTINU N° 4 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	1986	Angleterre 4

Figure 9 : Puissance de transit cumulée aux frontières<sup>31</sup><sup>31</sup> Idem.

Si on regroupe ces mêmes liaisons par frontière géographique entre deux pays, et qu'on additionne les puissances de transit installées, on a une nouvelle vision de cette dynamique (Figure 9). On pourrait se contenter d'en penser que c'est la nature même des réseaux de croître, de se mailler, de s'interconnecter ; que c'est un mouvement inéluctable, une croissance géographique, technique, économique fatale. Mais on ne peut pas croire que la seule volonté propre de ces systèmes suffit à les faire s'imposer, pas depuis la fin des deux grandes périodes d'équipement d'après-guerre puis d'électronucléaire, surfant sur la reconstruction et la croissance. On ne saurait y croire non plus depuis que le confort apporté est satisfaisant, et l'opposition à l'occupation du territoire un phénomène sociétal concret. Il y a donc autre chose.

## **2 - Une dynamique technique, économique, politique ?**

À la suite des chocs pétroliers des années 1970, la France, naturellement pauvre en combustibles fossiles immédiatement disponibles, a cherché à améliorer sa sécurité d'approvisionnement énergétique en privilégiant d'abord le développement d'une offre nationale. Ces mesures ont été officiellement guidées à l'époque par trois grandes préoccupations :

- un engagement d'actions en faveur de l'efficacité énergétique et des économies d'énergie (la « chasse aux gaspis » des années 1970) ;
- une meilleure diversité d'origine géographique des importations de combustibles fossiles, particulièrement pour le pétrole et le gaz, la part du charbon poursuivant son déclin ;
- et, en ce qui concerne l'électricité et prenant la succession du programme de construction de grands barrages hydroélectriques (mis en place dans les années 1950), le choix d'une orientation massive vers le nucléaire civil, visant une meilleure diversité des bouquets énergétiques nationaux et un leadership technologique et industriel mondial dans le secteur, avec ses annexes militaires sous-entendus.

L'État français, à travers ses entreprises publiques, auxquelles il a apporté de facto son appui officiel, ses facilités de financement et sa communication, a ainsi permis l'émergence d'une filière électrique française mondialement reconnue. Mais au-delà de cette industrie complète et complexe, et à travers les réseaux d'interconnexions que des besoins techniques justifiaient de tout temps, la France a développé un ancrage, voire une forme d'emprise sur ces zones et pays frontaliers à travers ses exports d'électricité jusqu'à la fin des années 1990. Parallèlement, la construction européenne, en s'emparant de pans entiers des activités économiques des membres de l'Union européenne, en se préoccupant de la sécurité énergétique de l'Europe, en imposant une vision libre échangiste et concurrentielle sur bon

nombre de marchés, est venue empiéter sur cette prérogative nationale, ainsi que sur ses effets induits.

## **L'approche française, 1970 à 2000 : les chocs pétroliers comme opportunité de développement**

Pour les pays importateurs comme la France, l'énergie est une cause de déficit de la balance commerciale. Par ailleurs, le coût de l'énergie disponible influe sur la compétitivité et peut influencer les orientations industrielles nationales. Enfin, les chocs pétroliers ont exacerbé la question de la rupture d'approvisionnement, ou en tout cas de la pénurie, pouvant affecter gravement l'économie et l'État. Cette perception de la dépendance – et de la fragilité du modèle de développement poursuivi – a pu conduire à des analyses diverses selon les pays importateurs concernés et à des orientations variées.

Dans le cas de la France, la notion d'indépendance énergétique nationale a été l'argument majeur d'un choix politique décisif : réduire la part du pétrole dans le bilan énergétique global national de 56% à 30 % entre 1973 et 1990<sup>32</sup>, accroître celle du nucléaire de 1,5 % à 30 % dans le même temps (quand bien même l'énergie nucléaire n'est pas totalement indépendante, puisqu'une partie importante de l'uranium est importée).

En mars 1974, le Premier ministre Pierre Mesmer lance ainsi « le programme nucléaire français ». Ce dernier prévoit la mise en service de 6 à 7 tranches nucléaires par an selon deux paliers de puissance normés : 900 puis 1300 MW<sup>33</sup> par réacteur. De 1978 à 1983, 54 réacteurs

---

<sup>32</sup> Jean marie Chevalier, Philippe Barbet, Laurent Benzoni, *Économie de l'énergie*, collection Amphithéâtre, Paris, Dalloz, 1986, p 307.

<sup>33</sup> MW : mégawatt, unité de puissance électrique égale à un million de watts.

à eau pressurisée (REP) sont mis en service. Le programme nucléaire français a alors représenté un investissement qui s'est étendu sur une trentaine d'années (1970-2000). Cet effort continu s'est traduit par une place prépondérante du nucléaire dans la production d'électricité d'origine territoriale métropolitaine (78%) lequel, combiné à l'hydraulique (12%), assure de nos jours près de 90% de la production d'électricité sur le territoire métropolitain.

L'arrivée de ces sites de grosses productions centralisées a conduit non seulement à un fort développement du réseau de grand transport d'électricité, mais a généré également une nouvelle phase de structuration économique et d'aménagement du territoire industriel national. L'alimentation de la région parisienne, vorace en énergie, devint ainsi une priorité. Quant à l'intégration électrique avec les États voisins, elle en fut relancée dans les années 1980.

Il faut ici pointer une question d'ingénierie, qui a amené à d'autres choix politiques et industriels : en raison des délais de construction des centrales nucléaires et des réseaux les raccordant (environ huit ans à l'époque), les besoins en termes de consommation à l'horizon 1990, par exemple, ont en fait été estimés en 1982, sur la base d'hypothèses de croissance. Ainsi, les 54 GW de puissance prévue d'être installés en 1990 étaient susceptibles de produire 400 TWh<sup>34</sup> – hors aléas et maintenance – mais pour une consommation nationale prévisionnelle de « seulement » 350 TWh ... Selon EDF à l'époque<sup>35</sup>, des objectifs de pénétration de l'électricité dans le secteur industriel, résidentiel et tertiaire devaient conduire à une augmentation de consommation – hors croissance naturelle – de 30 à 50 GWh, permettant ainsi de combler l'écart. Et effectivement, EDF a incité largement au développement d'offres telles que les systèmes bi énergie et les pompes à chaleur. Mais son plus grand succès en la

---

<sup>34</sup> GW : gigawatt, unité de puissance électrique égale à un milliard de watts, TWh : térawatt heure, unité d'énergie égale à un trillion de wattheures, soit 1000 GWh, ou un million de kWh.

<sup>35</sup> EDF, « Vers un développement accéléré de l'électricité en France », *Enerpresse*/3413, 19 septembre 1983.

matière concerne la forte pénétration, tant résidentielle que tertiaire, du chauffage électrique dans la décennie 1990, soit plus tardivement qu'escomptée.

Dans les faits, cette surcapacité prévue d'environ 15 % a trouvé d'autres débouchés que la consommation intérieure d'électricité, à travers l'exportation d'électricité vers les pays limitrophes tels que l'Italie, l'Allemagne (ex RFA), la Grande-Bretagne (les liaisons sous marines en courant continu reliant la France et l'Angleterre permettent de tirer avantage du décalage des courbes de consommation électrique de ces deux pays, les habitudes et rythmes économiques et culturels y étant différents). Cette exportation des surplus a été rendue possible par l'existence antérieure de liaisons d'interconnexion électriques, pour des motifs déjà évoqués de solidarité technique. Ces liaisons, d'un autre point de vue, étaient passées d'un état où elles sécurisaient le système à un stade où, du point de vue des réseaux nationaux renforcés et stabilisés, elles étaient insuffisamment valorisées en termes de services économiques rendus.

Si on regarde les flux électriques transfrontaliers français, ce n'était néanmoins pas la première fois que la France était exportatrice. La première fois, grâce à l'achèvement de la première grande phase d'équipement de production d'électricité que constituait son programme d'équipement hydraulique (national, et déjà sous la responsabilité d'EDF), la France fut exportatrice de 1969 à 1974. Les chocs pétroliers, en réorientant les priorités, ont ensuite provoqué une situation électrique déficitaire de 1975 à 1980... le temps que les centrales nucléaires prennent le relais et dynamisent le volume de production, le temps peut-être également que l'État et son opérateur fassent murir l'idée qu'il existait des débouchés extérieurs aux besoins nationaux, débouchés susceptibles de faciliter son développement interne. Ainsi, par l'exportation d'abord de surplus, puis de façon volontariste, l'économie du nucléaire qui ne se justifie qu'à travers des effets d'échelle importants et un volume d'heure de fonctionnement nominal constant et planifié, a pu donner toute sa mesure.

Cet essor considérable du nucléaire a généré des soldes positifs croissants : en 1983, 13 TWh de solde exportateur, en 1989, 42 TWh, en 1991, 54 TWh, et en 2000, 69,4 TWh pour une production nationale totale de 517 TWh, soit plus de 15 % de l'énergie produite sur le territoire qui se trouvait exportée ! Ces 517 TWh étaient composés de 395 TWh de production nucléaire (76 %), 72 TWh (14 %) de production d'origine hydraulique (fil de l'eau et barrages) et 50 TWh (10 %) d'origine thermique classique (charbon, fioul, gaz). Et autant de devises pour EDF et son propriétaire, l'État.

La mise en service d'IFA2000 (interconnexion sous marine modernisée de 2 000 MW entre la France et l'Angleterre) et le renforcement de l'interconnexion avec l'Italie et l'Espagne en 1986-1988 ont élargi les débouchés. Les flux se sont à l'époque équilibrés avec l'Espagne et le Portugal (-0,2 TWh en 1991), et les échanges devinrent largement excédentaires avec les autres pays concernés à partir de 1991 : Grande-Bretagne : + 16,8 TWh, Suisse : + 14 TWh, Italie : + 13,1, Allemagne : + 5,5 TWh, Benelux : + 4,4 TWh, Monaco : + 0,3 TWh. Ces volumes représentaient un solde exportateur supérieur à 10 milliards de francs des années 1990. EDF, bras armé stratégique de l'État français, atteignait ainsi la septième place des entreprises exportatrices françaises.

Ces soldes sont également le fruit d'une maturation des échanges internationaux entre acteurs. En effet, envisagées au départ comme un moyen de pallier un problème de dérive des coûts du kWh nucléaire en l'absence de la consommation intérieure prévue, ces exportations se faisaient initialement sous la forme de vente « à bien plaisir »<sup>36</sup>. Les ventes « à bien plaisir » avaient lieu sur une journée, voire une semaine, la durée étant renouvelable. Elles étaient pratiquées dans le cadre d'une bourse qui se tenait quotidiennement entre opérateurs d'électricité<sup>37</sup>. Ces ventes étaient donc relativement incertaines, et réalisées à des prix

---

<sup>36</sup> Selon le bon vouloir et les capacités du fournisseur, sans obligation.

<sup>37</sup> *Les perspectives d'exportation de courant de l'EDF*, Enerpresse/3253, 28 janvier 1983

correspondants à des surplus, donc relativement faibles. Ce n'était appréhendé que comme un pis-aller, la valorisation à moindre perte d'un excédent subi. Cet excédent était d'autant plus subi que structurellement, le pilotage d'une centrale nucléaire n'est pas souple quant à son niveau de production. Son fonctionnement est performant à un niveau nominal, et si elle produit, il faut parvenir à évacuer cette production vers des puits de consommation. Si cette évacuation n'est pas possible, l'arbitrage du fonctionnement global du système peut conduire à devoir remplacer sa production par une autre, plus coûteuse mais plus souple, comme une centrale au charbon ou au gaz par exemple, c'est-à-dire mener à une désoptimisation économique globale.

Mais EDF a par la suite élaboré des schémas commerciaux sophistiqués et a contractualisé dans la durée ses ventes d'énergie à l'étranger sur des visions moyens – longs termes, les intégrant de fait, en amont, dans ses programmes prévisionnels de production d'énergie. La boucle a donc été bouclée, et l'export est devenu un des moteurs de la performance nationale. Ces ventes sont devenues un débouché important de l'activité de l'entreprise nationale, ainsi qu'une source fiable et prévisible de devises et d'excédent de la balance énergétique nationale.

Ces contrats ont certainement eu également des effets politiques et économiques indirects. En effet, les coûts de cession, d'abord bas, puis contractualisés sur la durée, ont pu avoir plusieurs effets transfrontaliers. Présentant initialement des coûts d'électricité peu élevés, ils ont peut-être amélioré temporairement la compétitivité de l'industrie étrangère frontalière. Mais ils ont également pu dispenser les pays frontaliers d'investir autant qu'ils auraient dû le faire dans leur propre outil de production d'énergie électrique, les rendant ainsi plus dépendants de la France dans la durée. Cette alliance présentait de plus un côté rassurant en termes de stabilité et de sécurité d'approvisionnement à travers un parc de production

français essentiellement hydraulique et nucléaire, donc peu soumis aux aléas géopolitiques de l'époque, et d'autant plus compétitif que ses effets de taille et de « palier »<sup>38</sup> pouvaient jouer pleinement.

Ainsi, trois décisions politiques majeures ont jeté les bases d'une réussite industrielle française basée sur un modèle simple et valorisant les atouts du pays depuis la Seconde Guerre mondiale. La première, la création d'EDF en 1946, a fourni l'outil d'uniformisation, de rationalisation post-guerre, puis de reconstruction et de développement territorial national. La seconde, la décision d'équipement hydraulique, a permis de valoriser les atouts énergétiques durables du territoire. La troisième, post-chocs pétroliers, consistant à lancer un vaste programme de nucléaire civil, a contribué à dépasser la mission initiale de réduction de dépendance au pétrole, en permettant à la France de devenir structurellement exportatrice d'énergie - d'électricité - vers ses voisins, améliorant au passage sa propre compétitivité par une exploitation optimisée de son outil de production. Cette vision mercantiliste, déployée avec succès depuis 1946 pour ce secteur, a pleinement produit ses effets.

Mais l'ensemble de ces résultats repose sur un facteur clef de succès étonnement peu présent dans la littérature générale de cette période, et pourtant déjà particulièrement visible de chaque citoyen : ce vaste réseau de transport d'électricité, interconnecté avec ses homologues aux frontières nationales, et dont les caractéristiques techniques intrinsèques définissent et délimitent les capacités d'échanges aux frontières, finalement traversées sans barrières (y compris douanières). Initialement pensées en termes de solidarité européenne pour des raisons techniques, les interconnexions ont pris, avec l'essor du parc nucléaire, une valeur patrimoniale et commerciale incontestable. Mais une autre révolution est en route, sous une impulsion non plus étatique mais institutionnelle : l'intégration européenne va délibérément

---

<sup>38</sup> Le programme nucléaire français se singularise par son homogénéité de développement. Deux « paliers » de puissance de réacteur (900 et 1300 MW) ont été standardisés et déployés, permettant économies d'échelle, facteurs d'apprentissage croisés, et maîtrise améliorée des risques.

s'intéresser à ces grands réseaux, comme vecteur de son succès économique, énergétique, et peut être, à terme, environnemental.

## **L'Europe, une institution capable d'étendre ses champs d'action de sa propre initiative**

Depuis le traité de Rome de 1957, l'Europe s'est structurée, construite au niveau économique. Mais l'énergie n'a jamais été une compétence de l'Union européenne. Celle-ci, argumentant que son traité fondateur stipule que « le marché est le meilleur moyen d'obtenir une allocation efficace des ressources, l'intégration des économies des États membres et la promotion d'une croissance durable et non inflationniste », a alors patiemment œuvré à ce que ce « système » complexe et régalien de politiques énergétiques de compétences nationales, en étant abordé sous l'angle d'un système classique de production-transport-commercialisation de marchandises, donc libéralisable, soit petit à petit en quelque sorte « déconstruit » verticalement pour le réintégrer horizontalement au bénéfice de la plaque européenne.

Dès la fin des années 1970, l'Europe des 10 aborde le dossier de l'Énergie, en s'appuyant sur le diagnostic des impacts des deux chocs pétroliers. La Commission des Communautés européennes s'attache alors à dresser un état des problématiques nationales et régionales au sein de l'Union, et identifie les interactions entre politiques énergétiques et politiques de développement locales. Légitimant son intérêt pour ce dossier par son rôle quant à la préoccupation des déséquilibres structurels entre régions (ici le déséquilibre entre les structures économiques et géographiques d'une région et le système énergétique qui lui correspond, le tout à travers le prisme proposé par les chocs pétroliers), elle met le pied à l'étrier sur le dossier sensible de l'énergie et des interactions polymorphes et stratégiques avec les développements économiques des territoires, donc leur influence politique relative. Ainsi, dans une publication de 1987 traitant des impacts régionaux (EUR 10) des deux chocs

pétroliers<sup>39</sup>, elle note que « le problème de l'influence du prix de l'énergie sur le développement économique général est plus complexe encore que [celui de l'influence sur la consommation finale]. Les effets d'une baisse de prix de l'énergie diffèrent sensiblement suivant qu'elle résulte d'une diminution de son coût d'importation, ou de production ou de changement dans la fiscalité. Les difficultés principales proviennent de conséquences indirectes d'une baisse de prix de l'énergie, lorsque d'autres facteurs favorables, tels que le progrès technique, les rendements croissants d'échelle et la disponibilité de la main-d'œuvre sont concomitants. Sous certaines conditions, et après un certain délai, la substitution d'énergie locale chère par de l'énergie importée à meilleur marché peut être profitable à la croissance de l'économie ».

Par ailleurs, l'Europe a bien compris l'opportunité majeure que représentait le défi énergétique révélé par les chocs pétroliers dans l'objectif de s'emparer d'une prérogative qui lui manque et qu'elle convoite comme étant nécessaire à la bonne réalisation de ses missions fondatrices. Les changements apportés à cette occasion dans la relativité entre les coûts de l'énergie et ceux du capital ont amené à remettre en question la prééminence des stratégies des producteurs d'énergie, et parmi eux, celle de EDF, c'est-à-dire celle de la France. Les obstacles mis par ailleurs par la France afin de freiner le développement d'une filière européenne du nucléaire (à travers Euratom, et surtout en ce qui concerne les aspects industriels) ont renforcé ce diagnostic supranational. Enfin, en s'intéressant aux impacts régionaux des politiques énergétiques nationales, les travaux de la commission portent un regard peu amène sur ce pays, notant que « les considérations d'aménagement du territoire ne

---

<sup>39</sup> Bernard bourgeois en collaboration avec Nicola Merzagora, *Impacts régionaux (EUR 10) des deux chocs pétroliers : les liaisons entre politiques énergétiques et politiques de développement régional*, rapport de recherche présenté à la direction générale de la politique régionale de la commission des communautés européennes, 1987, 182 p.

semblent jamais avoir vraiment compté [dans le déploiement du parc nucléaire], ni celle des PME intervenant dans la sous-traitance ou la fabrication des composants secondaires »<sup>40</sup>.

Petit à petit, les travaux de la Commission européenne s'approprient les problématiques de ce dossier complexe, et légitiment la poursuite et l'approfondissement de cette réflexion à travers les mécanismes propres à la construction européenne. Les éléments de discours et la sémantique glissent d'un registre de légitimation « juridique » - ce dossier doit être appréhendé car le traité européen nous impose de l'aborder au titre de la libéralisation des marchés – à un discours de construction d'une vision partagée par le plus grand nombre. La concertation et la co-construction viennent alors s'opposer à la vision stratégique nationale centralisée de l'État jacobin.

La Commission publie des « livres verts », c'est-à-dire des rapports publics renfermant un ensemble de propositions destinées à être discutées en vue de l'élaboration d'une politique, rapports déjà co-élaborés avec les administrations nationales concernées. Ainsi, en 1995, le livre vert « Pour une politique énergétique de l'Union européenne » plaide pour une action coordonnée et régulée par la Commission. Calée sur le respect du Traité sur l'Union européenne, elle en étend unilatéralement l'effet au domaine de l'énergie, et insiste sur quatre dynamiques majeures :

- la promotion d'un « progrès économique et social équilibré et durable, notamment par la création d'un espace sans frontières intérieures » ;
- le caractère « durable » du progrès recherché, qui doit passer par l'intégration de la dimension environnementale dans les politiques, et donc dans celle de l'énergie ;

---

<sup>40</sup> *Idem*, page 153.

- l'affirmation de l'identité de l'Union sur la scène internationale « notamment par la mise en œuvre d'une politique étrangère et de sécurité commune », et donc comprenant l'énergie, au confluent des espaces politiques et géoéconomiques internationaux ;
- le renforcement de la cohésion économique et sociale de l'espace européen, y compris des régions enclavées et périphériques.

La Commission européenne propose des éléments de prévision d'évolution des consommations, donc des marchés. Ainsi, dans son livre vert de 1995, elle estime la croissance annuelle intracommunautaire à +2 % d'électricité par an entre 1995 et 2000, correspondant à un accroissement annuel de capacité de production de 2,2 % en termes d'outils de production – et faisant abstraction des questions d'acheminement et de congestion par les réseaux. Elle confirme au passage le rôle tout à fait déterminant et spécifique joué par l'électricité en comparaison à d'autres énergies dans le développement des sociétés occidentales modernes, en notant que la consommation d'électricité « devrait augmenter deux fois plus vite que la consommation finale d'énergie ». Elle note également que les entreprises d'électricité sont importantes en termes de main-d'œuvre (740 000 salariés directs en 1993), et d'économie (chiffre d'affaires cumulé annuel de l'ordre de 140 milliards d'écus, avec des investissements annuels proches de 30 milliards d'écus).

En 2001, la Commission européenne publie un nouveau livre vert, dont le positionnement politique s'est affiné. Intitulé « Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique », il ne pose plus tant la question de la légitimité des actions de la commission que de la définition des cibles à atteindre. Son contenu est plus descriptif, plus directif aussi. Son constat de départ est défensif : « l'Union européenne consomme de plus en plus d'énergie et importe de plus en plus de produits énergétiques ». En 2001, 50% des besoins énergétiques européens sont importés, et les prévisions de besoins d'importation en la matière grimpent à près de 70 % à l'horizon 2030 si les tendances de l'époque se confirmaient.

À nouveau, la dépendance énergétique de l'Europe sert de véhicule à l'ingérence de l'Union européenne dans un dossier qui ne lui est pas naturel.

Sous l'optique d'une maîtrise des risques d'exposition à l'externe, elle propose une dynamique de réponses aux défis collectifs à travers la construction européenne. Elle adosse formellement son action au dossier des choix énergétiques, conditionnés par le contexte mondial et par l'élargissement à peut-être trente États membres aux structures énergétiques différenciées. Elle joue sa partition dans le cadre nouveau qu'elle-même a fait émerger- la libéralisation du secteur énergétique - auquel se rajoutent des préoccupations environnementales issues du Traité européen fondateur. Partant du constat que les États membres sont devenus, plus que jamais, interdépendants, « tant pour les questions de lutte contre le changement climatique que pour la réalisation du marché intérieur de l'énergie », elle revendique finalement des compétences communautaires nouvelles, plus politiques que confinées à l'approche par le marché, par l'environnement ou par la fiscalité.

Ce livre vert de 2001 pose des éléments de méthode : baisse des prix grâce à la libéralisation des marchés énergétiques, harmonisation des cadres juridiques, renouveau du service public, et restructuration du marché. À l'aune de celle-ci émerge une question presque technique : la question des outils permettant la libre circulation de certaines de ces énergies : les réseaux. Le maillage des réseaux, dont les réseaux électriques, revêt une importance primordiale. Les échanges communautaires électriques sont qualifiés « d'atones » à « seulement » 8% de la production d'électricité de l'ensemble des territoires concernés, et jugés très inférieurs à ceux constatés dans d'autres secteurs déjà « dérégulés », comme les télécommunications, les services financiers, les produits industriels. La « stimulation » des échanges intracommunautaires d'électricité repose alors sur une double dynamique, à la fois à travers une utilisation optimale, optimisée ou accrue des interconnexions existantes entre États (et surveillée quant à la bonne application des règles de concurrence), et un encouragement à la construction de nouvelles infrastructures, en aidant aux arbitrages politiques entre la défense d'un intérêt communautaire ou national (se substituant l'un à l'autre dans un objectif plus large d'intérêt général) et les réticences locales à ces nouveaux ouvrages.

L'Union européenne propose également des éléments de stratégie énergétique à long terme, tel que le rééquilibrage de la politique de l'offre en faveur d'une politique de la demande. Elle s'approprie ainsi des éléments qui étaient présents dans la politique énergétique française mais qui n'ont pas eu l'essor attendu, probablement sous l'influence du modèle programmatique, centralisé et productiviste dominant et national incarné par EDF.

Marqueurs de ces étapes de construction, de dialogues et d'arbitrages législatifs, le marché intérieur européen de l'énergie a ainsi fait l'objet de plusieurs séries de directives et de règlements successifs, regroupés en « paquets législatifs ». En 1997, la libéralisation du marché de l'électricité (premier paquet énergie), avec la directive européenne 96/92/CE, a concerné dans un premier temps l'accès au marché concurrentiel des gros consommateurs industriels. Le second paquet, à travers une décision du Conseil de l'Union européenne du 25 novembre 2002, a décidé de la libéralisation des marchés pour tous les clients non résidentiels au 1<sup>er</sup> juillet 2007. Le troisième paquet, adopté le 13 juillet 2009 a consacré :

- une séparation effective entre la gestion des réseaux de transport, d'une part, et les activités de fourniture et de production, d'autre part, cette séparation devant permettre une meilleure concurrence en évitant qu'un opérateur prenne le contrôle de l'ensemble de la chaîne, de la production à la livraison ;

- la surveillance réglementaire et la coopération entre régulateurs de l'énergie, notamment par la création d'une agence de coopération des régulateurs de l'énergie (ACER) afin de favoriser l'interconnexion des marchés énergétiques (ce qui doit permettre d'accroître la sécurité d'approvisionnement en cas de surcharge ou d'incident sur un marché national ;

- la coopération entre les gestionnaires de réseau de transport ;

- et la transparence et la conservation des données.

Concrètement, la libéralisation du marché de l'électricité a été réalisée de manière originale, si on la compare à l'ouverture d'autres secteurs, telles que les télécommunications par exemple où l'ensemble de la chaîne de valeur (excepté la boucle locale existante, dont l'usage a été régulé) a été soumise à la concurrence, y compris les réseaux longue distance. Les entreprises électriques, souvent également champions nationaux, étaient verticalement intégrées et maîtrisaient la totalité de la chaîne :

a) la production, qu'elle soit centralisée, à base d'usines hydroélectriques (barrages, marémotrice ou fil de l'eau), thermiques classiques (fioul ou charbon), turbines à gaz, cycles combinés au gaz, centrales électronucléaires, et puissances installées plus ou moins diffuses en éolien et en solaire (photovoltaïque et solaire divers), en cogénération...

b) le transport, à travers les réseaux de grand transport interconnectés entre eux aux frontières, plus spécifiquement en charge de la gestion des équilibres entre productions et consommations (prévisions et temps réel) ;

c) la distribution, c'est-à-dire les réseaux capillaires locaux d'abaissement de la tension et de livraison chez les consommateurs ;

d) la commercialisation, à savoir la gestion de la clientèle, l'administration des ventes, le SAV...

Une constante dans ce panorama est que les ouvrages de transport sont des ouvrages imposants, traversant les territoires et les paysages, sans que leurs riverains puissent en percevoir un bénéfice direct. Ces ouvrages, outils très capitalistiques, ont des durées de vie de l'ordre de la centaine d'années. Dans nos sociétés contemporaines, ils font souvent partie du paysage, forme d'héritage d'un passé de développement industriel et de progrès domestique. Mais le moindre développement supplémentaire est perçu comme difficilement tolérable : une forme d'agression contre un équilibre territorial et environnemental intégré. Cette difficulté est présente dans l'ensemble des pays développés, même si elle revêt parfois d'autres oripeaux, et que les opérateurs concernés développent des approches adaptées à leur contexte juridique, législatif et social propre.

Une des conséquences de cet état de fait, en plus de leur modèle économique, est que les réseaux de transport ont été traités comme des « monopoles naturels ». On s'attardera ici un peu sur cette nature juridique et économique : un monopole naturel est un secteur d'activités qui engendre des rendements d'échelle strictement croissants (ou le volume de production augmente avec le prix de vente) et, par conséquent, par des coûts moyens strictement décroissants (c'est-à-dire que le coût moyen diminue avec le volume de production) et pour lesquels un opérateur unique est nécessairement plus performant que plusieurs opérateurs. En effet, l'existence des rendements croissants s'oppose à l'application économique des règles de la concurrence pure et parfaite. Le monopole naturel n'existe donc que dans un univers de concurrence imparfaite. De plus, les modèles de base de la théorie du monopole naturel se situent en général dans un cadre d'équilibre partiel, ou il n'y a qu'un seul produit, tel l'électron à transporter. Dans ce cas, la firme en situation de monopole ne tient pas compte de l'existence de biens substituables à celui qu'elle produit. Ses prix et son offre sont alors donnés par ses propres choix, et la demande de plusieurs clients qui ont un comportement passif est propre à cette seule entreprise, le monopole ne connaissant qu'un seul bien. Les exemples de monopoles naturels les plus fréquents sont ceux de réseaux d'infrastructure, tels les réseaux ferroviaires, les réseaux routiers et autoroutiers, les réseaux de distribution de gaz, d'eau, d'électricité, ports, aéroports... Dans ces situations, les pouvoirs publics organisent leur intervention selon plusieurs formes : exploitation publique, nationalisation, contrôle de la gestion privée par des délégations de service public, etc.

Ainsi, la libéralisation du marché de l'électricité s'est faite par la libéralisation de l'amont et de l'aval de la chaîne, c'est-à-dire par la mise en concurrence des productions entre elles, et mise en concurrence des systèmes aval de commercialisation. Les réseaux sont restés en dehors de l'exercice, en situation de « monopole naturel ». Mais ils ont été fortement impactés par les Directives européennes successives, qui leur ont imposé un mouvement de désolidarisation vis-à-vis des opérateurs. Ce mouvement est encore en cours, et a pris des formes variées selon le contexte politique de chacun. Ainsi, certains opérateurs de réseaux ont été vendus par leur électricien historique, l'indépendance attendue du gestionnaire de réseau étant consacrée par la rupture du lien capitalistique. Certains mouvements de rapprochement

capitalistique entre gestionnaires de réseaux sont amorcés au sein de l'Europe. D'autres pays ont davantage résisté – c'est le cas de la France, qui a obtenu la possibilité de mettre en œuvre un modèle intermédiaire. Mais au final, les réseaux sont devenus les supports essentiels du marché.

## **La libéralisation du marché de l'électricité d'un point de vue opérationnel**

Nous ne reviendrons pas dans le détail ici sur les modalités exactes de fonctionnement économique du système électrique en système intégré ou dans un système ouvert à la concurrence, et renvoyons par exemple aux travaux de Henri Lepage et Michel Boucher<sup>41</sup>, très complets d'un point de vue opérationnel. Ces travaux abordent la dérégulation des systèmes électriques dans le monde avec un parti pris résolument libéral, démontant pragmatiquement les arguments habituellement utilisés (tels que la non-stockabilité, les problématiques de coûts échoués, les lois physiques de Kirchoff, etc..) habituellement utilisés pour justifier le maintien d'une régulation forte de ces marchés. Ils livrent une vision décomplexée du champ des possibles de l'évolution de ces systèmes réalisée dans un objectif unique et revendiqué de baisse des prix de vente<sup>42</sup>.

Nous nous contenterons d'illustrer d'une part, l'ouverture imposée par l'Europe aux marchés de l'électricité, et, d'autre part, ses déclinaisons propres à la France. Cette ouverture a été organisée par étape de la manière suivante.

---

<sup>41</sup> Henri Lepage, Michel Boucher, *La libéralisation des marchés de l'électricité*, Institut économique de Montréal, Ed. Saint-Martin, 2001, 328 p.

<sup>42</sup> *Idem*, p.117. « Reste cependant le problème du sens de cette évolution, sa raison d'être, le pourquoi des marchés électriques ? Qu'est-ce que cela rapporte ? La réponse semble évidente : des prix moins élevés. »

### *Avant la directive de 1996*

Des liaisons transfrontalières sont apparues dès 1920<sup>43</sup> dans le cadre d'une économie régionale. Plus les réseaux nationaux se sont étendus et connectés intra nationalement, plus il est devenu intéressant de les relier entre eux dans une optique de secours mutuel, comme déjà évoqué. Dès 1951 est créée l'Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité (UCPTE), organisation sectorielle qui rassemble les opérateurs électriques de l'Europe de l'Ouest pour mettre en place un grand réseau interconnecté dans cette région. En 1995, l'UCPTE établit l'interconnexion avec les quatre pays du CENTREL (association de coopération de quatre opérateurs de réseau de transport de l'est de l'Europe, correspondant aujourd'hui à la République tchèque (CEPS), la Hongrie (MAVIR ZRt), la Pologne (PSE-Operator S.A.) et la Slovaquie (SEPS)). Elle devient l'Union pour la coordination du transport de l'électricité (UCTE) en 1999, de manière concomitante avec la séparation des activités de transport électrique des opérateurs historiques européens, conséquence de l'ouverture du marché.

### *1996 : l'instauration d'un marché libre en Europe*

Dans la logique du traité de Rome de 1957, cette directive parue en 1996 et préparée depuis dix ans vise à supprimer les monopoles nationaux de production et de vente de l'électricité et du gaz et à développer un marché de l'électricité, dans lequel, à terme, tout consommateur pourra choisir son fournisseur. Cela suppose le libre accès de tous les utilisateurs aux réseaux, moyennant un péage (tarif). Pour éviter subventions croisées et distorsions de concurrence, les entreprises verticalement intégrées doivent tenir des comptes séparés pour leurs différentes activités. De plus, la gestion des activités de réseau doit être indépendante de manière à garantir un traitement parfaitement neutre de tous les opérateurs

---

<sup>43</sup> On s'attardera sur l'article *To consolidate peace ? The international Electro-Technical Community and the Grid for the United States of Europe* de Vincent Lagendijk pour approfondir la genèse de ces grands réseaux, idée des années 20 qui a buté sur des considérations géopolitiques, financières (vu le besoin immense de capital pour la création d'un tel réseau), mais qui, soutenue par des visions d'ingénieurs, s'est développée lentement à partir des années 50.

qui en font ou feront usage. La directive demande la création, dans chaque pays, d'une autorité indépendante de régulation pour régler les litiges. En France, il s'agit de la CRE, Commission de régulation de l'électricité.

La transposition de la Directive de 1996 en droit français est concrétisée en 2000 par la création de RTE France SA (Réseau de transport d'électricité), création marquant le véritable acte de naissance d'un réseau de transport d'électricité au cœur de l'Europe pensé pour devenir européen. RTE est demeuré jusqu'à aujourd'hui une filiale à 100 % de l'opérateur historique EDF, mais la loi française garantit son indépendance, et ses activités sont surveillées et régulées par la CRE qui veille à sa neutralité et garantit son autonomie.

#### *2003, l'achèvement technique de l'ouverture à la concurrence*

En juin 2003, la deuxième directive européenne programme deux étapes : le 1er juillet 2004 pour les clients professionnels, puis le 1er juillet 2007 pour les clients particuliers. Elle précise notamment l'obligation de séparer juridiquement les activités de réseau, dans les entreprises verticalement intégrées, afin de garantir la non-discrimination de leurs usagers.

#### *2009, l'Europe des réseaux*

Un pas supplémentaire est franchi avec la création par l'Europe en juillet 2009 de l'association des opérateurs de réseau électrique européens ENTSOE. Cette association, désormais « institutionnelle », rassemble 41 GRT<sup>44</sup> de 34 pays, et remplace dans une seule et même structure six regroupements régionaux de GRT antérieurs. ENTSOE est ainsi l'héritier d'un long processus débuté au début du siècle, qui mène petit à petit l'élaboration de projets électriques concertés à l'échelle européenne. L'objectif d'ENTSOE est d'harmoniser au niveau européen les règles d'accès aux réseaux et les conditions de leur utilisation (Codes de réseaux),

---

<sup>44</sup> GRT : Gestionnaire de réseau de transport

notamment dans le cadre du développement des interconnexions. Ainsi, les électriciens gestionnaires de réseaux font perdurer dans leur instance représentative européenne les principes fédératifs qui ont jusqu'à présent guidé leur coopération et leur maillage. La concertation entre compagnies maintient les principes de solidarité qui ont prévalu jusqu'à présent<sup>45</sup>, permet de trouver les justes compensations lorsqu'une d'elles est gênée par des échanges internationaux qui ne lui apportent aucun bénéfice, et s'oppose de fait à l'existence d'un pouvoir centralisateur fort.

On peut néanmoins s'interroger sur la pérennité de cette philosophie : la volonté de normalisation des modes de fonctionnement sur l'ensemble de la plaque européenne n'induit-elle pas le risque de nivellement par le bas des exigences par consensus ? Les enjeux politiques et économiques nationaux sous-jacents ne conduisent-ils pas à une distorsion des objectifs communs ? À titre d'illustration, l'objectif européen actuel visant à ce que les capacités des interconnexions entre pays frontaliers représentent 10 % de la capacité de production de chaque pays est interprétable selon les spécificités de chacun. Doit-on l'interpréter par rapport à ses frontières réelles, ses frontières électriques, les flux contractuels et réels le traversant, son historique de bouquet de production, l'évolution de celui-ci ? La question de l'imposer de manière uniforme à chacun des pays membres, afin de « libérer » certains goulots d'étranglement comme la péninsule ibérique dont les contraintes géographiques et sociétales sont telles que le renforcement des interconnexions ne se fera qu'à un coût économique élevé, peut devenir un argument politique fort dans une Europe en crise. D'ailleurs, ENTSOE reflète bien cette politisation accrue de l'intégration du marché électrique et de cette montée en puissance du rôle des gestionnaires de réseau. Le réseau est devenu un gestionnaire de marché, avec toutes les dimensions et la complexité que cela sous-entend. Un marché électrique européen peut-il se contenter d'une fédération de réseaux régionaux ? Sans doute pas, et les difficultés de gestion des flux dans la période actuelle de changement de bouquet énergétique l'illustrent.

---

<sup>45</sup> Persoz, op. cit. p. 808.

En parallèle, les autorités en charge de la régulation se sont également organisées. D'abord par la création en 2003 de l'ERGEG (European Regulators Group for Electricity and Gas) sous l'égide de l'Union européenne (Décision 2003/796/EC), remplacé par l'ACER<sup>46</sup> pleinement opérationnelle depuis mars 2011. L'ACER (Agency for the Cooperation of Energy Regulators, localisée à Ljubljana en Slovénie) a pour mission la poursuite de l'intégration des marchés intérieurs de l'électricité et du gaz. Acteur européen indépendant, en étroite relation avec chacun des régulateurs nationaux, il garantit la poursuite de l'intégration des marchés électrique et gazier et l'harmonisation des règles d'accès aux réseaux dans le respect des objectifs européens en termes de politique énergétique. L'ACER poursuit trois objectifs concomitants : un marché plus concurrentiel, plus intégré, proposant plus de choix aux consommateurs ; des infrastructures énergétiques garantissant la libre circulation des énergies à travers les frontières, l'acheminement d'énergies en provenance de nouvelles sources de production tout en renforçant la sécurité d'approvisionnement pour l'ensemble de l'économie européenne ; et un marché de l'énergie contrôlé et transparent garantissant aux consommateurs un juste accès à l'énergie, à des prix reflétant les coûts réels, et sans pratique abusive.

Dernièrement, le « paquet climat-énergie » de l'Union européenne adopté par la Commission le 23 janvier 2008 a enfin posé deux priorités énergétiques stratégiques à travers la mise en place d'une politique européenne commune de l'énergie plus soutenable et durable, et la lutte contre le changement climatique (en cohérence avec la ratification du protocole de Kyoto). Des cibles appelées « 3 x 20 » sont ainsi fixées à l'Europe des 27 à l'horizon 2020 et déclinées dans chaque secteur concerné (dont l'électricité) et pour chaque État membre.

En novembre 2014, la Commission Juncker a pris ses fonctions pour cinq ans, et pour la première fois, l'énergie et le climat relèvent de l'autorité d'un seul commissaire. Cette

---

<sup>46</sup> <http://www.acer.europa.eu>

commission a fait de la construction d'une Union européenne de l'énergie une des dix priorités stratégiques de sa mandature, en adoptant une organisation matricielle visant officiellement à améliorer la cohérence des actions et des décisions et à assurer les grands équilibres entre les enjeux énergétiques, environnementaux et de compétitivité. Cette Union de l'énergie doit s'organiser autour de cinq priorités : assurer la sécurité d'approvisionnement en se fondant sur la solidarité et la confiance ; compléter la construction d'un marché intérieur de l'énergie compétitif ; modérer la demande d'énergie ; décarboner le bouquet énergétique européen ; accroître l'effort de recherche et d'innovation.

Par ailleurs, la Commission a annoncé un grand plan d'investissement de 300 milliards d'euros sur trois ans et pourrait faire du secteur de l'énergie un des vecteurs de relance du continent européen. Ainsi, dans la perspective de maîtriser le changement climatique et ses conséquences, l'Union européenne se positionne afin d'avoir un rôle moteur lors de la conférence mondiale sur le climat qui se tiendra à Paris fin 2015. En effet, l'accord entre chefs d'États et de gouvernement intervenu le 24 octobre 2014 fixe un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre d'au moins 40%, 27% d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique européenne d'ici 2030, et une amélioration d'au moins 27% de l'efficacité énergétique par rapport aux projections, positionnant de fait le continent européen en pointe dans des perspectives de négociation globales.

Le Conseil européen invite la Commission et les États membres à mobiliser tous leurs efforts pour atteindre au moins ces fameux 10% d'interconnexions électriques d'ici 2020, et tendre vers un objectif de 15% d'ici 2030 afin d'atteindre un réel seuil d'intégration du marché européen. Cela passerait par une amélioration du taux d'interconnexion des États membres qui n'ont pas encore atteint un niveau minimum d'intégration dans le marché intérieur de l'énergie, tels que les États baltes, le Portugal et l'Espagne, en utilisant « *toutes les sources de financement possibles, y compris les possibilités d'un financement de l'UE* »<sup>47</sup>.

---

<sup>47</sup> <http://www.audeladelines.com/union-energie-priorite-strategique-nouvelle-commission-europeenne-24917>

On le voit, les objectifs sont particulièrement ambitieux. Mais ils sont surtout multiples et potentiellement contradictoires entre eux. Ils présentent ainsi le risque majeur d'un immobilisme global par trop-plein d'injonctions contradictoires. Néanmoins, les augmentations de transactions d'électricité constatées montrent qu'un maillage des réseaux nationaux et européens permet de réelles optimisations des différents parcs historiques de production d'énergie en Europe, tant économiques qu'environnementales. Il permet à chaque pays membre de valoriser ses avantages compétitifs en la matière, et de bénéficier des atouts des autres pour éventuellement adapter tout ou partie de son parc de production. Il est, de plus, escompté que cet « effet de taille » permettra aussi d'accueillir efficacement l'essor des énergies renouvelables.

## L'Europe des réseaux de transport d'électricité : la France au cœur de l'Europe

1907 : l'électricité échangée entre la France et ses voisins est quasiment inexistante.

1938 : la France compte 11 interconnexions avec ses voisins.

1991 : 23 interconnexions sont exploitées par l'opérateur intégré EDF.

2011 : 46 liaisons internationales, supports de l'intégration par le marché, sont en exploitation.



Figure 10 : Frontières électriques françaises<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> RTE, *RTE au cœur de la dynamique européenne*, 2015.

<http://217.74.102.86/fr/nous-connaître/qui-sommes-nous/rte-au-coeur-de-la-dynamique-europeenne>

Le solde des échanges contractuels transfrontaliers atteint alors 55,7 TWh – exportateur - en 2011, pour une production nationale française de 541,9 TWh. Ce solde se calcule comme la différence entre le volume des exportations contractuelles (75,4 TWh, en hausse de 13% par rapport à l’année précédente) et celui des importations contractuelles (19,7 TWh, en baisse de 47% par rapport à 2010). Le niveau atteint en 2011, comparable à celui de l’année 2007, “reflète une meilleure disponibilité de l’offre de production nucléaire en France par rapport aux années 2009-2010 et la compétitivité de l’électricité produite en France par rapport à celle des pays voisins”<sup>49</sup>.... La France entend bien ainsi continuer à marquer son avantage compétitif quant au secteur électrique, quitte à faire bénéficier les économies des pays frontaliers des excellentes performances de son parc de production de cette période.

La “montée en puissance” de la production électrique française est particulièrement évidente si l’on observe les chroniques d’import et d’export annuelles depuis 1960<sup>50</sup>, surtout l’évolution du solde (exports – imports) sur l’ensemble ses frontières. Cette vision cumulée permet de faire abstraction des chemins réellement parcourus par les électrons, qui peuvent cheminer à travers un pays tiers avant d’arriver en France, par exemple, du fait des lois physiques de Kirchhoff<sup>51</sup>.

La figure 11 montre, année après année, l’évolution impressionnante des soldes aux frontières et du cumul de ces soldes. Une couleur rouge indique un déficit vu de la France (un import plus fort que l’export sur l’année en volume d’énergie), une couleur noire indique un excédent (un export plus fort que l’import sur l’année en volume d’énergie). La somme des soldes aux frontières donne une bonne mesure de la contribution française à la plaque

---

<sup>49</sup> [http://www.rte-france.com/uploads/Mediatheque\\_docs/vie\\_systeme/annuelles/Bilan\\_electrique/RTE\\_bilan\\_electrique\\_2011.pdf](http://www.rte-france.com/uploads/Mediatheque_docs/vie_systeme/annuelles/Bilan_electrique/RTE_bilan_electrique_2011.pdf)

<sup>50</sup> cf. Annexe Imports et Exports aux frontières métropolitaines françaises depuis 1960.

<sup>51</sup> Cf. glossaire.

européenne. En avançant depuis 1970, on passe ainsi d'une zone de chiffres globalement rouges (importations nécessaires à la France pour assurer sa consommation intérieure) à une zone de chiffres noirs reflétant des exportations massives sur l'ensemble de ses frontières.

En y regardant de plus près, après avoir été déficitaire tout au long des années 60, la France des années 1970 à 1973 est excédentaire et son surplus est évacué vers l'Allemagne (ex RFA), la Belgique et l'Italie. Mais, dès 1974, les besoins intérieurs explosent et les importations d'électricité aussi, conséquences directes des chocs pétroliers. Les frontières avec la Belgique, l'Espagne et la Suisse sont fortement sollicitées, tandis que les transits avec l'Allemagne tendent à s'équilibrer. Même la liaison avec l'Angleterre, structurellement exportatrice, devient temporairement importatrice en 1976, 1978 et 1979.

À partir de 1981, la tendance s'inverse. Si les frontières belge, suisse et espagnole demeurent parfois encore importatrices, le mouvement général est à une hausse rapide des volumes exportés aux frontières françaises : 1 864 GWh en 1981, 42 338 GWh en 1991, 65 319 GWh en 2001... Le fléchissement ne se fait sentir que dans la foulée de la crise économique de 2008, avec de nouveaux appels à l'importation sur les frontières belge, suisse et espagnole. Mais le solde total demeure globalement exportateur de 21 584 GWh en 2009.

Solde (Exports - Imports) d'électricité selon la frontière France /										
en GWh										
Année	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Belgique	119	49	1	61	85	134	212	453	312	227
Allemagne	319	421	379	-52	-131	-1	-186	-116	532	1 359
Italie	-31	-5	161	204	-396	-467	-120	-334	-6	541
Luxembourg	16	0	2	-26	-11	2	2	2	2	1
Espagne	-161	-255	-220	-884	-1 568	-210	-2 337	-1 423	-1 683	-2 300
Suisse	-940	-948	-592	-824	-911	-603	-1 693	-1 933	-1 992	-1 114
Royaume Uni	0	1	87	-14	-211	102	349	159	734	579
Autres	-56	-38	-28	-38	-53	-48	-34	-41	-28	-28
<b>Solde</b>	<b>-734</b>	<b>-775</b>	<b>-210</b>	<b>-1 573</b>	<b>-3 196</b>	<b>-1 091</b>	<b>-3 807</b>	<b>-3 233</b>	<b>-2 129</b>	<b>-735</b>
Année	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Belgique	842	706	1 207	1 231	-323	-2 972	-4 062	-3 913	-6 040	-5 863
Allemagne	1 476	1 855	2 353	1 971	-378	252	164	421	1 866	161
Italie	827	769	811	443	883	706	28	750	-239	422
Luxembourg	0	0	0	0	0	0	1	6	11	1
Espagne	-1 464	-2 321	-1 793	-1 927	-1 054	-379	1 005	-1 479	-1 706	-1 651
Suisse	-2 070	-972	-111	-667	-495	-918	537	-1 883	-1 974	-1 591
Royaume Uni	551	118	425	110	40	70	-98	0	-76	-2
Autres	-45	-31	-43	-18	-29	-31	-19	-31	-15	-19
<b>Solde</b>	<b>117</b>	<b>124</b>	<b>2 849</b>	<b>1 143</b>	<b>-1 356</b>	<b>-3 272</b>	<b>-2 444</b>	<b>-6 129</b>	<b>-8 173</b>	<b>-8 542</b>
Année	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Belgique	-6 724	-3 105	-1 886	-596	1 050	2 704	1 026	-3 518	-2 394	-628
Allemagne	-82	567	654	2 124	3 679	2 440	-373	3 525	6 517	6 290
Italie	689	2 058	1 646	4 484	6 346	7 378	12 666	11 480	13 081	15 434
Luxembourg	2	0	1	24	0	0	0	0	0	0
Espagne	534	1 622	-12	1 286	3 099	1 282	750	1 589	1 197	-621
Suisse	-218	730	-260	1 915	3 435	2 047	753	1 088	1 265	985
Royaume Uni	3	0	0	0	0	126	4 504	11 806	13 066	12 970
Autres	-11	-8	-7	-5	-5	-3	0	0	9	149
<b>Solde</b>	<b>-5 807</b>	<b>1 864</b>	<b>136</b>	<b>9 232</b>	<b>17 604</b>	<b>15 974</b>	<b>19 326</b>	<b>25 970</b>	<b>32 741</b>	<b>34 579</b>
Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Belgique	-1 232	706	-94	2 883	3 390	4 463	4 228	5 635	3 167	4 961
Allemagne	8 132	9 666	10 761	13 371	14 970	16 967	16 671	16 557	12 378	13 673
Italie	15 258	14 659	14 564	17 268	17 092	17 370	17 563	16 880	16 124	15 321
Luxembourg	0	55	52	52	54	47	44	44	12	42
Espagne	-360	-534	2 013	1 587	2 853	5 515	2 300	61	4 522	6 887
Suisse	1 018	831	2 528	2 222	2 978	5 334	3 422	1 475	4 034	5 058
Royaume Uni	11 880	16 769	16 959	17 000	17 171	16 269	16 938	16 952	12 913	15 271
Autres	177	186	170	82	134	147	122	136	164	59
<b>Solde</b>	<b>34 873</b>	<b>42 338</b>	<b>46 953</b>	<b>54 465</b>	<b>58 642</b>	<b>66 112</b>	<b>61 288</b>	<b>57 740</b>	<b>53 314</b>	<b>61 272</b>
Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Belgique	8 310	11 447	11 101	8 656	6 552	4 674	8 810	6 177	5 250	-4 772
Allemagne	15 035	14 382	18 841	20 140	15 145	15 743	15 347	15 714	9 701	9 177
Italie	15 734	17 571	18 459	17 544	16 490	13 772	14 160	13 999	11 701	11 228
Luxembourg	42	0	confidentiel	confidentiel	confidentiel	0	0	0	0	0
Espagne	7 909	5 526	8 939	5 951	5 473	6 812	4 736	5 800	2 910	1 617
Suisse	6 616	4 952	7 807	4 880	3 707	4 744	3 863	4 094	771	-222
Royaume Uni	14 697	11 314	9 562	3 294	10 461	11 682	10 914	6 936	12 496	4 353
Autres	81	127	0	0	0	0	0	0	248	203
<b>Solde</b>	<b>68 424</b>	<b>65 319</b>	<b>74 709</b>	<b>60 465</b>	<b>57 828</b>	<b>57 427</b>	<b>57 830</b>	<b>52 720</b>	<b>43 077</b>	<b>21 584</b>
Année	2010	2011	2012	2013						
Belgique	-2 207	4 924	5 141	6 372						
Allemagne	14 341	20 189	12 484	10 573						
Italie	11 219	13 301	11 436	11 798						
Luxembourg	0	0	0	293						
Espagne	-1 501	1 540	1 891	1 716						
Suisse	-3 247	2 069	1 472	1 423						
Royaume Uni	4 183	5 869	7 249	11 166						
Autres	220	195	224	184	(Andorre)					
<b>Solde</b>	<b>23 008</b>	<b>48 087</b>	<b>39 897</b>	<b>43 525</b>						

Figure 11 : Solde annuel (export – import)<sup>52</sup> aux frontières françaises depuis 1960<sup>53</sup>

<sup>52</sup> En négatif rouge, les besoins d'importation ; en positif noir, les excédents exportés.

Liaison internationale	Etat Cycle de vie liaison	Année première mise en service	Frontière
LIT 225kV N0 1 VERBOIS - GENISSIAT-POSTE	Existant	1970	Suisse 6
LIT 225kV N0 2 VERBOIS - GENISSIAT-POSTE	Existant	1970	Suisse 7
LIT 225kV N0 1 ARKALE - ARGIA (BAYONNE SUD)	Existant	1971	Espagne 6
LIT 225kV N0 1 AUBANGE - MOULAINE	Existant	1971	Luxembourg 4
LIT 63kV N0 1 CHATELOT (LE) - FINS (LES)	Existant	1972	Suisse 8
LIT 225kV N0 1 CAMPOROSSO - MENTO / .CAMP T.VIC 1	Existant	1973	Italie 3
LIT 400kV N0 1 ACHENE - LONNY	Existant	1974	Belgique 4
LIT 400kV N0 1 AVELGEM - MASTAING	Existant	1974	Belgique 5
LIT 225kV N0 1 BATIAZ (LA) - VALLORCINE	Existant	1974	Suisse 9
LIT 400kV N0 1 ASPHARD - SIERENTZ	Existant	1975	Suisse 10 (via Allemagne)
LIT 400kV N0 1 BASSECOURT - MAMBELIN	Existant	1976	Suisse 11
LIT 90kV N0 1 ARCHIRONDEL - ST-REMY-DES-LANDES	Existant	1985	Jersey 1
LIT 400kV N0 1 RONDISSONE - ALBERTVILLE	Existant	1985	Italie 4
LIT 400kV N0 2 RONDISSONE - ALBERTVILLE	Existant	1985	Italie 5
LIT COURANT CONTINU N0 1 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 1
LIT COURANT CONTINU N0 2 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 2
LIT COURANT CONTINU N0 3 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 3
LIT COURANT CONTINU N0 4 SELLINDGE (270 KV CC) - MANDARINS	Existant	1986	Angleterre 4
LIT 400kV N0 1 EICHSTETTEN - MUHLBACH	Existant	1987	Allemagne 4
LIT 150kV N0 1 PAS DE LA CASE - HOSPITALET (L)	Existant	1991	Espagne 7
LIT 400kV N0 1 ENSDORF - VIGY	Existant	1993	Allemagne 5
LIT 400kV N0 2 ENSDORF - VIGY	Existant	1993	Allemagne 6
LIT 400kV N0 1 VERBOIS - BOIS-TOLLOT	Existant	1996	Suisse 12
LIT 400kV N0 1 CHAMOSON - BOIS-TOLLOT	Existant	1998	Suisse 13
LIT 225kV N0 1 VAUX (SUISSE) - VERBOIS	Existant	1999	Suisse 14
LIT 90kV N0 2 ARCHIRONDEL - ST-REMY-DES-LANDES	Existant	2000	Jersey 2
LIT 400kV N0 2 AVELGEM - AVELIN	Existant	2005	Belgique 6
LIT 225kV N0 1 AUBANGE - MT-SAINT-MARTIN	Existant	2009	Belgique 7
LIT 225kV N0 1 GRAU-ROIG - HOSPITALET (L)	Existant	2009	Andorre 8
LIT 225kV N0 1 MOULAINE - SOTEL	Existant	2013	Luxembourg 5
LIT 90kV N0 1 SOUTH-HILL - PERIERS	Existant	2014	Jersey 3

Figure 12 : Dates des mises en service de liaisons internationales à partir de 1970<sup>54</sup>

Si l'on met ces chiffres de transit en volume en parallèle avec les années de mise en service de nouvelles liaisons d'interconnexions, cela amène plusieurs commentaires.

<sup>53</sup> cf. annexe 2. Source : SOeS (Service de l'observation et des statistiques) du CGDD (Commissariat général au développement durable) du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, France.

<sup>54</sup> Données RTE 2014

Il y a un décalage entre la disponibilité (date de mise en service) des ouvrages de transport et leur bonne utilisation en termes de flux d'énergie, notamment pendant les années 1970 et 1980.

Entre 1976 et 1985, aucune mise en service significative n'a eu lieu aux frontières françaises. Dans le même temps, la France est passée d'un déficit électrique de 2 444 Gwh en 1976 à un excédent de 15 974 GWh en 1985. Les interconnexions étaient donc largement dimensionnées pour devenir les vecteurs de nouveaux transits d'énergie, autrement justifiées que par un seul besoin de secours ou de réserves de solidarité.

Les années 1985 à 1990 ont vu quelques mises en service anecdotiques, à l'exception du gros chantier de remplacement et de renforcement de la liaison France-Angleterre (IFA 2000), mise en service en 1986. Ces 2 000 MW de liaisons enfin disponibles permettent de développer des échanges totalement mercantiles et exportateurs les années suivantes, pour des volumes annuels atteignant 17 171 GWh en 1994.

Les mises en services de lignes transfrontalières ont redémarré en 1991, les ouvrages concernés étant donc engagés environ 8 à 10 ans auparavant, soit vers le milieu des années 1980. Ceux-ci sont arrivés directement en soutien de l'export de l'électricité produite en France, lui assurant de confortables niveaux moyens annuels et renforçant la sûreté de l'ensemble.

Ainsi, si l'on regarde la France électrique métropolitaine comme un tout, sur un pas annuel, on trace ainsi l'émergence très forte et très régulière d'une forte production d'énergie électrique française envoyée vers le reste de l'Europe à travers des infrastructures robustes et régulièrement renforcées.

Ces infrastructures ont permis non seulement de bénéficier au maximum des effets de "paliers" du nucléaire français (permettant d'obtenir une optimisation efficace des coûts de production du kWh électrique français, et donc la fourniture au pays d'un kWh électrique à un prix compétitif et stable pour l'économie intérieure), mais également d'alimenter favorablement la balance du commerce extérieur français avec des transactions annuelles tournant autour de 2,5 milliard d'euros courants par an à partir du milieu des années 1990.

Importations et exportations d'électricité de la France en millions d'euros courants (1970-2013)										
Année	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Importations d'électricité	21	20	17	22	21	35	75	88	120	252
Exportations d'électricité	22	31	59	49	29	30	53	36	34	45
<b>Solde (Export-Import)</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>42</b>	<b>27</b>	<b>8</b>	<b>-5</b>	<b>-23</b>	<b>-52</b>	<b>-86</b>	<b>-206</b>
Année	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Importations d'électricité	207	155	207	172	185	237	225	214	241	271
Exportations d'électricité	106	203	161	370	720	870	1 038	1 061	1 106	1 542
<b>Solde (Export-Import)</b>	<b>-101</b>	<b>48</b>	<b>-45</b>	<b>197</b>	<b>535</b>	<b>633</b>	<b>813</b>	<b>847</b>	<b>865</b>	<b>1 272</b>
Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Importations d'électricité	358	256	159	219	163	163	166	187	321	284
Exportations d'électricité	1 727	1 984	2 089	2 415	2 453	2 927	2 863	2 818	2 761	2 887
<b>Solde (Export-Import)</b>	<b>1 369</b>	<b>1 728</b>	<b>1 930</b>	<b>2 196</b>	<b>2 291</b>	<b>2 764</b>	<b>2 697</b>	<b>2 631</b>	<b>2 440</b>	<b>2 602</b>
Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Importations d'électricité	265	226	384	587	727	1 393	1 527	1 250	2 214	1 691
Exportations d'électricité	3 023	3 088	3 211	2 812	3 014	3 854	4 155	3 071	5 063	2 623
<b>Solde (Export-Import)</b>	<b>2 758</b>	<b>2 862</b>	<b>2 828</b>	<b>2 225</b>	<b>2 287</b>	<b>2 461</b>	<b>2 628</b>	<b>1 821</b>	<b>2 848</b>	<b>932</b>
Année	2010	2011	2012	2013						
Importations d'électricité	1 713	971	1 384	1 418						
Exportations d'électricité	2 936	3 591	3 255	3 212						
<b>Solde (Export-Import)</b>	<b>1 223</b>	<b>2 620</b>	<b>1 871</b>	<b>1 794</b>						

Figure 13 : Importations, Exportations et Soldes d'électricité<sup>55</sup> de la France en millions d'euros courants (1970-2013)<sup>56</sup>

<sup>55</sup> en négatif rouge, les balances commerciales déficitaires, en positif noire, les balances commerciales excédentaires.

<sup>56</sup> Source : SOEs (Service de l'observation et des statistiques) du CGDD (Commissariat général au développement durable) du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, France.

Par ailleurs, si on rapporte la part de l'électricité "transactionnée" aux frontières françaises à la consommation nationale finale française, l'essor de la part "commerciale avec l'étranger" est indéniable, alors que dans le même temps la consommation intérieure finale ne cesse de croître (cf. figure 14). Les réseaux transnationaux permettent ainsi de faire circuler sur la plaque européenne jusqu'à 19 % de la consommation intérieure en 1995 et en 2002, alors que dans le même temps cette dernière a également augmenté de 15 %, et que seules les interconnexions avec la Suisse ont connu de nouvelles mises en service d'ouvrages (deux liaisons à 400 kV et une liaison à 225 kV en 1996, 1998 et 1999, cf. figure 12). D'ailleurs, ces nouvelles mises en service ne sont pas la seule explication de cette forte augmentation. Entre 1995 et 2002, les soldes à la frontière belge ont eux aussi crû de 148 %, allemande de 11 %, italienne de 6 %, espagnole de 288 % et suisse de 128 % (cf. figure 11) !

Les interconnexions fonctionnent donc de manière de plus en plus efficace, de plus en plus sûre : l'intégration de ces liaisons "point à point" dans un tout plus global est indéniable, même si elle n'est pas totalement aboutie. La crise économique et financière qui a débuté en 2008, ainsi que les contraintes climatiques ou industrielles ponctuelles ont encore des impacts rapides et visibles sur les soldes transnationaux. Mais le taux d'intégration des systèmes électriques sur la plaque d'Europe de l'Ouest dont la France est le centre naturel est réel. Il varie déjà entre 10 et 15 % de la consommation intérieure, c'est à dire des besoins propres de la France avant de pouvoir s'adresser à ses voisins.

À ces niveaux, on peut considérer que le phénomène, d'abord perçu comme anecdotique, marginal et non significatif, devient naturel et courant. Les chiffres de la figure 14 l'illustrent : de surprenant et peu intéressant dans les années 1970 et 1980, il devient courant que le solde rapporté à la consommation finale intérieure varie autour de 15 % dans les années 1990 et 2000, et ce tout au long de ces vingt années. Il devient ensuite étonnant quand il tombe sous la barre des 10 % à partir de 2009, d'autant plus que la consommation intérieure finale marque le pas, conséquence de la crise de 2008.

Année	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Consommation	121 290	128 050	137 699	150 745	159 270	159 521	173 597	183 278	194 934	204 873
Solde (Export-Import)	117	124	2 849	1 143	-1 356	-3 272	-2 444	-6 129	-8 173	-8 542
Solde / Consommation	0%	0%	2%	1%	1%	2%	1%	3%	4%	4%
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Consommation	209 869	212 853	217 944	228 948	239 019	248 355	261 082	271 459	283 534	295 533
Solde (Export-Import)	-5 807	1 864	136	9 232	17 604	15 974	19 326	25 970	32 741	34 579
Solde / Consommation	3%	1%	0%	4%	7%	6%	7%	10%	12%	12%
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Consommation	305 422	317 942	330 145	332 440	340 887	347 085	354 626	360 108	372 029	380 844
Solde (Export-Import)	34 873	42 338	46 953	54 465	58 642	66 112	61 288	57 740	53 314	61 272
Solde / Consommation	11%	13%	14%	16%	17%	19%	17%	16%	14%	16%
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Consommation	391 463	399 565	399 998	410 266	420 492	423 175	429 437	431 011	439 862	425 276
Solde (Export-Import)	68 424	65 319	74 709	60 465	57 828	57 427	57 830	52 720	43 077	21 584
Solde / Consommation	17%	16%	19%	15%	14%	14%	13%	12%	10%	5%
	2010	2011	2012	2013						
Consommation	443 033	430 532	438 833	441 440						
Solde (Export-Import)	23 008	48 087	39 897	43 525						
Solde / Consommation	5%	11%	9%	10%						

Figure 14 : Consommation finale d'électricité en France corrigée du climat (en GWh, 1970-2013) et part des échanges aux frontières par rapport à la consommation intérieure finale<sup>57</sup>.

Ainsi, la France et son réseau de transport d'électricité se trouvent au cœur de la dynamique européenne, tant par la géographie que par les caractéristiques techniques intrinsèques. Disposant du plus grand réseau électrique d'Europe, avec plus de 100 000 km de liaisons électriques tous niveaux de tension confondus<sup>58</sup> et plus de 2500 postes de transformation électrique, interfacé avec les économies les plus développées et parmi les plus dynamiques, elle est un acteur clef de l'intégration technique et économique de l'économie

<sup>57</sup> Source : SOeS (Service de l'observation et des statistiques) du CGDD (Commissariat général au développement durable) du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, France.

<sup>58</sup> En France, RTE France gère les ouvrages électriques de 63 000 volts à 400 000 volts

européenne, donc du marché européen. Une nouvelle ère s'ouvre alors : le transport comme clef de voute du marché européen de l'électricité.

### **3 - La relation au temps : clef physique et économique**

Les infrastructures massives de transport de l'électricité sont en fait l'arbre qui cache la forêt. En occupant l'espace physique et visuel, elles masquent la seconde dimension structurelle de cette énergie autant spatiale que temporelle. La contrainte invisible que représente sa gestion ultime et permanente en temps réel est en fait la véritable caractéristique de la fée électricité. C'est ce qui procure la magie de sa disponibilité immédiate. Jumelée et soutenue par les évolutions informatiques, électroniques et télécoms de ces vingt dernières années, la contrainte devient techniquement maîtrisable, puis pilotable. Le rapport s'inverse, et l'émergence des réseaux virtuels permet que le temps (quasi) réel devienne un dénominateur commun aux marchés électriques et financiers.

#### **Le fonctionnement des interconnexions « modernes »**

Pour approfondir la question contemporaine de l'intégration européenne par les marchés, quelques aspects techniques sous-jacents doivent encore être abordés rapidement. Tous les jours, et sur chacune des "frontières" électriques de chaque pays, l'électricité transite, s'importe et/ou s'exporte depuis la fin du XXe siècle. On parle techniquement et historiquement de la "respiration du système électrique" aux frontières. Cette respiration est de nature physique et inévitable.

Comme les flux d'électricité doivent être gérés pour qu'à tout moment l'offre (production + importations) soit égale à la demande (consommation + exportations), on distingue deux types de flux, gérés par des acteurs différents :

- Les flux commerciaux et financiers : l'électricité est achetée et vendue par les acteurs du marché. Ce sont les "échanges contractuels". Ils sont le résultat d'un arbitrage économique sur le marché de l'électricité au niveau européen. Ces arbitrages s'inscrivent dans une perspective de court, moyen ou long terme depuis une quinzaine d'années ;

- Les échanges physiques d'électricité : ce sont les volumes d'électricité qui transitent effectivement sur les lignes d'interconnexion entre les pays européens. Ces flux sont gérés par

les acteurs techniques, les gestionnaires de réseau de transport d'électricité (GRT), tels que RTE pour la France. Ils sont régis par les lois de la physique et l'électrotechnique précédemment évoquées. Ils font l'objet de prévisions à long et moyen terme, d'ajustement de court terme, et de contrôle et d'actions en temps réel depuis la création des réseaux et de leurs interconnexions.

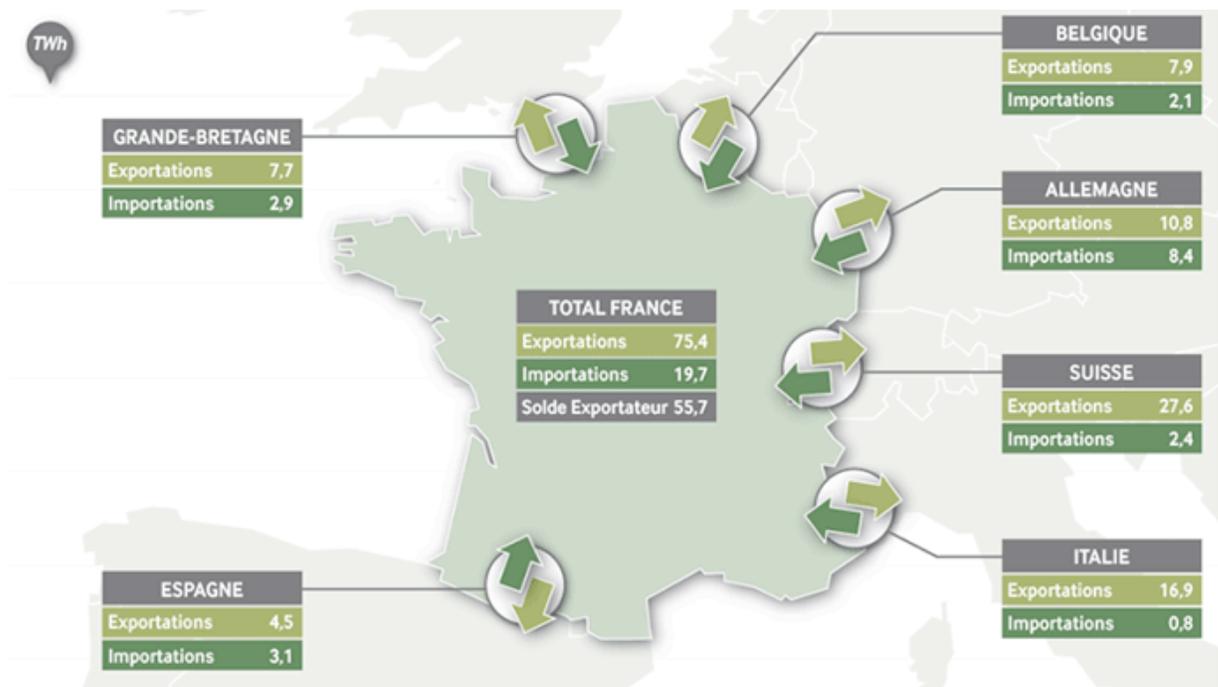


Figure 15 : Echanges contractuels transfrontaliers en TWh (2011)<sup>59</sup>

Dans les années 2000, la capacité d'échange globale de la France est d'environ 13 000 MW pour l'export et 8 000 MW pour l'import. Avec des volumes commerciaux qui s'accroissent, conséquence de la libéralisation des marchés pour les gros consommateurs, on peut considérer que la capacité d'interconnexion en place va devenir insuffisante, d'une part

<sup>59</sup> [http://www.rte-france.com/sites/default/files/rte\\_bilan\\_electrique\\_2011\\_1.pdf](http://www.rte-france.com/sites/default/files/rte_bilan_electrique_2011_1.pdf)

par rapport aux volumes d'énergie que les acteurs de marché souhaitent échanger, et, d'autre part, par rapport aux objectifs fixés par l'Union européenne que cette capacité d'échange atteigne 10% des capacités de productions nationales installées pour chaque pays.

Malgré un bon niveau d'utilisation des interconnexions existantes déjà atteint en une dizaine d'années, on peut ainsi admettre que les interconnexions tendent à être graduellement ressenties comme des goulots d'étranglement, des points de « congestion » par les acteurs émergents de marché, et qu'elles doivent se développer pour permettre un fonctionnement plus fluide, plus souple, plus harmonieux, moins onéreux et améliorant la compétitivité européenne.

Ce développement va prendre des formes de natures diverses : classiquement perçu comme du développement du réseau physique (des nouvelles lignes), il va prendre aussi la forme d'une transformation des organisations et des modélisations dans lesquelles les acteurs économiques doivent s'inscrire pour exercer leurs activités industrielles, commerciales ou financières. Dit autrement, il va s'agir de construire du hard (du réseau) mais surtout de développer du soft (des règles de marché) afin de fournir plus de souplesse à l'amont de la chaîne (les producteurs) ou à l'aval (les fournisseurs et commercialisateurs). De façon discrète, pour une fois invisible comparé aux développements massifs d'ouvrages métalliques traversant les paysages, l'objectif est de rendre le réseau et les services qu'il supporte plus souples, plus agiles, plus réactifs, tout en garantissant la sûreté de l'ensemble. Sous-jacente est la volonté d'améliorer les fonctionnements de l'ensemble de la chaîne de valeur, y compris quant aux réseaux de transport, à travers l'introduction poussée de technologies numériques et de développements informatiques de modélisation. Le « hard » du réseau physique doit acquérir fiabilité, souplesse et réactivité à travers le « soft » informatique et numérique, que ce soit dans la prévision, le pilotage, le contrôle, la mesure, le calcul.

## **Le souffle de l'Europe et la structuration du marché**

C'est ainsi que, dans la foulée de la transposition en droit français de la directive européenne de 1996 conduisant à la création de RTE et de la CRE en France en 2000, un premier « outil » de marché est créé en 2001. Powernext<sup>60</sup>, bourse de l'énergie, est à sa création la filiale à 17 % de la holding des gestionnaires de réseaux français (RTE), belge et danois (HGRT), à 34 % d'Euronext (plateforme d'échanges financiers de la zone euro, issue de la fusion des Bourses d'Amsterdam, de Bruxelles et de Paris intervenue en septembre 2000 dans la perspective de tirer parti de l'harmonisation des marchés financiers de l'Union européenne induite par l'introduction de la monnaie unique), et à 49 % à parts égales de BNP Paribas, Electrabel, EDF, Société Générale et TotalElfina.

Powernext répond alors à une volonté d'organiser les échanges électriques contractuels sur le court terme, de faciliter les transactions en organisant la libre confrontation de l'offre et de la demande de manière large et transparente. L'objet est d'œuvrer à la création d'une zone de concurrence « horizontale » entre les acteurs qui détiennent des volumes d'énergie électrique (en production, ou, de manière plus récente, en « non-consommation ») en s'appuyant sur les acteurs clefs intermédiaires et indépendants que sont les opérateurs de réseaux de transport, véritables clefs de voute de l'édifice de la construction d'un marché électrique efficient sous la surveillance de régulateurs nationaux et européen.

Il faut donc dans un premier temps faire émerger un marché de gros et tenter de développer une référence de prix à un horizon de court terme défini, afin d'aider à un équilibrage des systèmes sur des mailles plus larges. Powernext développe ainsi une référence de prix sur le marché français d'abord (marché spot), puis un marché à terme en 2004. Rapidement, et en cohérence avec la directive européenne de 2003, Powernext se rapproche de ses homologues allemands (European Energy Exchange, EEX), et fusionne ses activités électriques avec eux au sein de Epex Spot en 2008 (les activités liées au gaz restant hébergées chez Powernext). Epex spot, actuellement détenue à 50 % par Powernext, à 36,7 % par HGRT

---

<sup>60</sup> cf annexe 4

(holding des GRT français, belge et danois) et à 13,3 % par EEX, est chargé d'organiser les marchés à court terme (intra journaliers et pour le lendemain) électriques sur une plaque géographique étendue à la France, l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse. En guise de clin d'œil, notons au passage que l'Europe électrique et l'Europe politique ne coïncident pas : la Suisse en est le bon exemple, mais on pourrait également se pencher sur les visions électriques méditerranéenne pour le constater. Les électriciens n'ont pas de frontières autres que techniques ou financières...

En créant ses outils d'organisation des transactions « la veille pour le lendemain », les activités de commerce ont pu se développer. Ce négoce d'électricité entre gros acteurs visait à faire bouger les lignes afin de transformer en profondeur les structures historiques verticalement intégrées en place partout en Europe de l'ouest. L'idée était qu'en créant les conditions favorisant le négoce entre acteurs, les échanges en sortiraient forcément fluidifiés, ce qui partait du principe que les réalités financières et physiques sont forcément corrélées et réconciliables. Dans les faits, l'émergence du négoce seul n'a pas suffi à faire bouger les acteurs, peu enclins à perdre leur rente de monopoles régionaux. Cette construction de nature financière s'étant révélée insuffisante a donc été relayée par une construction de nature organisationnelle et technologique entre gestionnaires de réseaux, demeurés monopoles naturels et rendus à ce stade indépendants de leurs anciennes entreprises verticalement intégrées.

Les gestionnaires de réseau ont ainsi, en parallèle des premières initiatives de marché sur les gros volumes, adopté une approche par plaques géographiques, à l'instar des approches usuelles de l'Union européenne. Sous la forme « d'initiatives régionales », ils ont amorcé un vaste mouvement en forme de taches d'huiles en vue d'harmoniser leurs règles de fonctionnement. Ils ont ainsi lancé des chantiers majeurs quant à leurs propres méthodes de calcul de flux, de mesure et de prise en compte des charges réelles supportées par les réseaux physiques, de dimensionnement des ouvrages, de raccordement des producteurs, etc. Ces

initiatives régionales lancées en 2006 sous couvert de l'association des régulateurs européens<sup>61</sup> ont affiché pour objectif l'harmonisation du fonctionnement technique de l'accès au(x) marché(s).

Profitant de sa situation géographique centrale sur la plaque européenne, RTE participe ainsi depuis leur début à quatre initiatives régionales, sur huit initiées au total : « Centre-Ouest Europe » (France, Benelux, Allemagne), « France Royaume-Uni – Irlande », « Sud-Ouest européen » (France, Espagne, Portugal) et « Centre-Sud européen » (France, Italie, Suisse, Allemagne, Autriche, Slovaquie, Grèce).

---

<sup>61</sup> cf. Annexe 3, Organes européens de développement de marché



Figure 16 : Initiatives régionales de l'Europe électrique en 2012<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> [http://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/accueil/acteur\\_initiatives\\_regionales\\_pop.jsp](http://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/accueil/acteur_initiatives_regionales_pop.jsp)

Petit à petit, les initiatives régionales se concrétisent et permettent une nouvelle amélioration de l'utilisation des interconnexions existantes. Etape après étape, et après avoir traité des allocations de capacité de transit mensuelles et annuelles, les gestionnaires de réseaux de transport abordent les allocations journalières, infra journalières, et les marchés secondaires de réallocation de capacités. Ces dispositifs permettent une totale utilisation des capacités prévisionnelles des lignes physiques. Les marchés sont « couplés » à travers les efforts de coordination et d'uniformisation des logiciels et procédures utilisés par ces mêmes gestionnaires de réseaux afin d'uniformiser les modèles de calcul de capacités, et donc la valorisation de celles-ci.

Ainsi, d'autres associations d'intérêt se créent. Sur les marchés journaliers et infra journaliers, la coordination concerne également les bourses de l'électricité. En optant pour un algorithme unique afin d'optimiser l'ensemble des transactions journalières d'électricité enregistrées par chaque bourse, en harmonisant les processus et les outils utilisés par les gestionnaires et les bourses, le couplage des marchés devient effectif.

En effet, la bonne coordination des gestionnaires de réseau permet la mise à disposition auprès des bourses tous les matins des capacités de transport disponibles sans mise en péril de la sûreté des réseaux. Les bourses intègrent alors ces éléments dans leur carnet d'ordre, et la fixation du prix (point de contact entre les offres et les demandes) est donc identique de part et d'autre d'une frontière tant qu'il reste de la capacité de transport. Cette mécanique compliquée permet de faire converger les prix de l'électricité vers un optimum (par pas horaire ou semi horaire), c'est-à-dire de tendre vers un lissage de la fixation d'un juste prix fonction du marché, reflétant par construction les stratégies et les réalités des acteurs économiques.

Déclinée frontière par frontière en intégrant l'historique et la qualité des relations économique, technique et politique entre les acteurs concernés de part et d'autre, cette approche méthodologique tend à uniformiser les informations disponibles pour les marchés. Avec la Belgique, les capacités d'interconnexions font l'objet d'enchères annuelles et mensuelles entre RTE et Elia depuis janvier 2006. Depuis novembre 2006, le couplage de marché en J-1 est opérationnel. En janvier 2007, le marché secondaire (transfert et revente de

capacité) est opérationnel, et enfin en mai 2007, l'infra journalier est lancé. Avec l'Allemagne, les enchères annuelles, mensuelles et journalières sont opérationnelles dès janvier 2006 entre RTE, ENBW et RWE (deux des gestionnaires allemands). En janvier 2007, le marché secondaire est lancé, puis l'infra journalier.

Avec l'Espagne, entre RTE et REE, les enchères mensuelles et journalières sont efficaces depuis juin 2006. En janvier 2007, les enchères annuelles sont possibles, et en juin, le marché secondaire vient compléter l'ensemble. Avec l'Italie, depuis janvier 2007, les enchères annuelles, mensuelles et journalières sont opérationnelles entre RTE et Terna, mais seulement de la France vers l'Italie. Le marché secondaire est créé en janvier 2007, et les enchères Italie vers France (annuelles et journalières) sont possibles depuis janvier 2008. Avec le Royaume-Uni, la frontière maritime fait l'objet d'allocations conjointes entre RTE et National Grid depuis longtemps, annuelles, trimestrielles, mensuelles, journalières. Le marché secondaire existe depuis 2001, bien avant la dérégulation dans les autres pays européens. Avec la Suisse, enclavée politiquement dans l'Europe mais totalement interconnectée électriquement avec elle, le château d'eau électrique de l'Europe assure la priorité aux contrats de long terme à sa frontière avec RTE, et les complète avec un mécanisme infra journalier.

## Les mécanismes existants d'allocation de capacités aux frontières

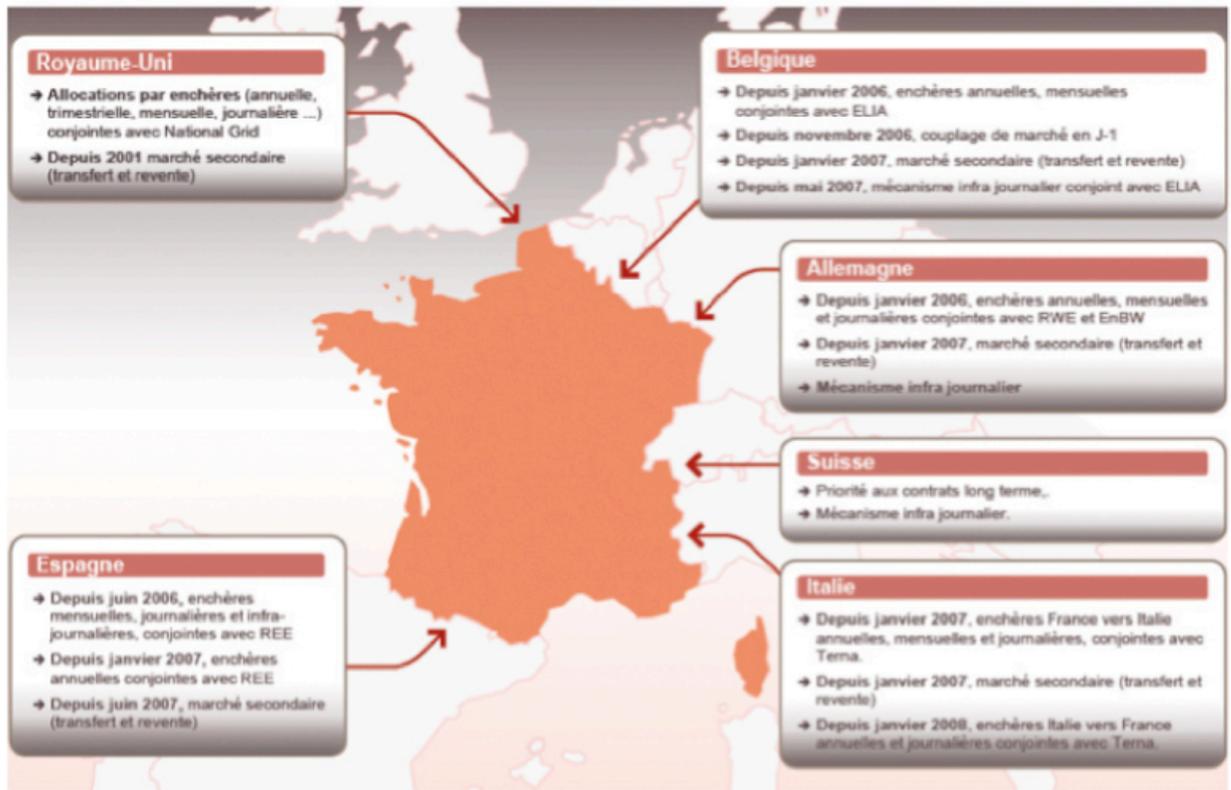


Figure 17 : Dix-sept initiatives GRTs-Régulateurs nationaux (© RTE, 2014)

Petit à petit, les gestionnaires de réseau de transport de l'Europe de l'ouest, en développant des méthodes communes de calcul des capacités et des principes d'allocation de celles-ci basés sur les flux physiques d'électricité (« flow-based »), ont permis en février 2014 le couplage des marchés de la région France Allemagne Benelux avec la Grande-Bretagne et les pays scandinaves. Les échanges d'électricité peuvent dès lors être optimisés sur une maille allant de la France à la Finlande et de la Grande-Bretagne à l'Allemagne.

Comment mesurer le résultat ? En 2012, sur les zones « centre ouest Europe » couplées, les prix de l'électricité sur le marché journalier de part et d'autre des frontières

politiques étaient identiques 60 % du temps<sup>63</sup>. Le reste du temps, du fait de congestions sur les réseaux nationaux et/ou leurs interconnexions, les prix redevenaient nationaux, reflétant les limites physiques de l'intégration des réseaux concernés.

Ainsi, les initiatives de couplage de marché viennent soutenir le fonctionnement de la bourse, en rendant efficaces les flux électriques résultants. Les réseaux ayant absolument besoin de savoir un jour à l'avance comment ils vont équilibrer injection et soutirage, ils se trouvent de fait en miroir exact de la bourse spot, du fonctionnement de la finance court terme.

Aujourd'hui, la bourse Epex Spot se trouve au cœur de l'Europe, avec 19 interconnexions physiques soutenant son activité, comme RTE. De par sa zone d'action qui représentait 40 % du marché de l'électricité européen en 2012<sup>64</sup>, Epex spot a été concernée par tous les projets de couplage de marchés européens. En 2012 toujours, le marché Spot a permis les échanges de 61 TWh en France (13% de la consommation nationale), 241 TWh en Allemagne (39 % de la consommation nationale) et 12 TWh en Suisse (21 % de la consommation nationale).

Cet outil de marché qu'est la bourse électrique propose ainsi par construction une anonymisation des bouquets de production nationaux, au profit du marché. Les produits qui y sont échangés sont standardisés et fongibles. Ils permettent aux acteurs de s'émanciper de l'origine géographique, énergétique et politique de l'électricité échangée. Ils permettent aussi de découpler la réalité physique de la réalité financière, le tout étant réconcilié par les gestionnaires de réseaux et les chambres de compensation. Il s'agit donc d'un équilibre qui n'a rien d'anodin entre deux mondes qu'à priori les dimensions temporelles opposent : le monde financier (ici, Epex spot, donc EEX), et le monde industriel électrique, représenté par des

---

<sup>63</sup> Rapport de commission d'enquête du sénat français, *Electricité : assumer les coûts et préparer la transition énergétique*, audition de Jean-François Conil-Lacoste, Directeur général de Powernext et de Epex Spot, le 11 juillet 2012.

<sup>64</sup> *Idem*.

gestionnaires de réseaux de transport. Ces forces économiques et techniques tendent à s'étendre et se rejoindre pour fusionner toutes ensemble, dans un vaste espace géographique, industriel et économique avec la volonté affichée de simplifier les gouvernances, les systèmes, et de niveler par le marché et les techniques les obstacles politiques et historiques.

Le modèle intégré et vertical développé depuis l'entre-deux-guerres au profit du développement économique régional ou national est ainsi en train de disparaître au profit d'un nouveau modèle horizontal, européen, technocratique jusqu'en ses composantes financières. Sa complexité s'est fortement accrue du fait d'une intégration novatrice profonde de systèmes d'informations et de télécommunication, et d'une coopération très étroite avec le marché de la finance et de la spéculation utilisée ici comme atout d'ajustement de court terme.

Notons au passage que la quasi impossibilité à ce jour de stocker à grande échelle l'électricité produite rend service à ce modèle. En effet, l'élaboration des prix journaliers et infra journaliers n'est que peu sujette à des phénomènes de raréfaction artificielle qui pourraient être organisés par certains acteurs si les coûts de rétention le permettaient. Les fondamentaux de construction de prix sont pour l'instant connus et prévisibles dans leur ensemble (ensoleillement, vent, disponibilité, prévisions de consommation, capacité d'effacement, etc). Seuls les aléas physiques ou de coordination sont inconnus. Si la capacité de stockage massif est envisageable à des coûts inférieurs à certains coûts de production, le marché devra renforcer ses dispositifs de surveillance du comportement des acteurs. Cette question peut concerner également le développement d'activités de consolidation d'effacements diffus si celles-ci parviennent à effacer de manière significative des consommations sans coordination avec les responsables d'équilibre indirectement impactés, lésant ceux-ci et détruisant au passage de la valeur dans les réseaux.

## **La gestion des flux physiques, clef de la sûreté**

### *La gestion des capacités de long terme*

En 2008, année de création d'Epex spot, une autre filiale des gestionnaires de réseaux français (RTE), belge, néerlandais, allemands et luxembourgeois est créée : CASC. Capacity

Allocation Service Company, devenue depuis CASC-EU, a pour objet d'être l'opérateur unique des enchères sur les allocations annuelles et mensuelles pour les capacités de transport mises à disposition par les gestionnaires de transport concernés. CASC vient ainsi structurer et soutenir les marchés de gré à gré entre acteurs, en organisant la valorisation et l'utilisation des capacités physiques du réseau à moyen terme (un an). Petit à petit, les contrats historiques de long terme entre opérateurs intégrés sont ainsi amenés à s'éteindre et à être remplacés par des accords négociés sur la base de règles de marché entre acteurs énergéticiens, producteurs et commercialisateurs, responsables d'équilibre sur leur périmètre d'activité.

Ces contrats peuvent également être la conséquence d'appels d'offre ou d'enchères organisés par des gros consommateurs, qu'ils soient multi sites européens ou en arbitrage permanent au niveau mondial tel certains clients électro intensifs<sup>65</sup> pour lesquels l'électricité représente un poste majeur de dépense lorsqu'on l'évalue sous la forme d'un pourcentage du chiffre d'affaire. Pour ces consommateurs à très forte sensibilité électrique, les variations de prix sur les marchés de l'électricité ont des conséquences importantes en termes de compétitivité mondiale et de profitabilité. Ces industriels peuvent être alors amenés à répercuter les variations de prix sur leurs produits s'ils le peuvent, à se couvrir financièrement contre les risques de hausse, à délocaliser leur production vers des pays ou régions où les prix et la qualité de fourniture de l'électricité leur conviennent.

Ces clients potentiellement délocalisables sont un enjeu pour les économies nationales et la compétitivité européenne à long terme. Ils reflètent la vitesse et la souplesse du phénomène de mondialisation de l'économie industrielle historique. Accompagnés par la transformation des systèmes énergétiques mondiaux, ils sont la proie et l'objet de toutes les convoitises économiques, politiques et financières. Héritiers de l'industrialisation du XIXe siècle, ils sont rejoints, du point de vue des enjeux de consommation électrique, par les nouvelles économies de la fin du XXe siècle que sont les économies numériques

---

<sup>65</sup> Les entreprises des secteurs de la sidérurgie, de la cimenterie, de la production d'aluminium, de la chimie sont des exemples, de même que le transport ferroviaire. Les premiers sont délocalisables, les seconds non.

(dématérialisation ou nouveaux services) et gestion de méga données, nécessitant eux aussi qualité de fourniture et volumes d'énergie pour alimenter les serveurs et autres calculateurs et les maintenir dans des conditions optimales de fonctionnement. Ces économies nouvelles sont peu sensibles à la distance les séparant de la majorité de leurs utilisateurs, elles cristallisent de nouveaux enjeux de mondialisation axés sur la communication : leadership en termes d'information, diffusion de cultures, captation, circulation et traitement des données.

Sur ces segments de marché, gros producteurs ou gros consommateurs, les enjeux de fluidité, de couverture de risques et de qualité sont majeurs. Le gestionnaire de réseaux de transport devient un interlocuteur particulier, dont il est attendu qu'il facilite la mise en œuvre de la stratégie industrielle de l'industrie tout en restant dans un subtil rôle de neutralité non discriminante. C'est sans doute là une des ambiguïtés particulières à l'industrie électrique que d'œuvrer à la coopération européenne tout en gérant les positions historiques industrielles et les approches politiques nationales associées. Cela se traduit, entre autres, par un renforcement des contraintes et des attentes en termes de sécurité électrique et de qualité de l'onde électrique « locale » délivrée, réponse apportée par les réseaux électriques.

Mais revenons à l'approche globale au niveau européen.

#### *La coordination des enjeux de sécurité d'exploitation*

En 2009, afin de renforcer la sûreté de fonctionnement de l'édifice, c'est CORESO qui est fondé à l'initiative des GRTs français, allemands, anglais, belge et italien, avec pour objectif d'améliorer la coopération technique (échanges de données techniques, analyse permanente de la sécurité des systèmes et calculs d'interfaçage entre les réseaux) et de lisser les facteurs de risque liés aux aspects multiculturels. En effet, l'incident du 4 novembre 2006, le plus grand sur l'Europe, a rappelé que la sûreté du système était fondamentale – et pas que pour les clients électro intensifs - et en interaction permanente avec l'environnement que traverse les réseaux. Ce jour-là, afin de laisser passer un navire sur la rivière Ems (nord de l'Allemagne) surplombée par une liaison à 400 000 volts, un des gestionnaires de réseaux allemands a mis hors service l'ouvrage concerné par mesure de sécurité des tiers. Suivant les lois de l'électricité, les flux électriques se sont immédiatement reconfigurés et redistribués sur

les autres ouvrages disponibles, les saturant et provoquant par phénomène de « cascade » le déclenchement des protections d'autres ouvrages, les mettant hors service, ce qui a amplifié les phénomènes qui se sont propagés en Allemagne, mais aussi en Autriche, Hongrie, Croatie, et finalement sur toute l'Europe. Au plus fort de la crise, 15 millions de foyers ont subi des coupures de courant, illustrant en creux à quel point l'électricité est au cœur de nos sociétés modernes.

La quête de l'intégration du marché par les réseaux ne peut souffrir que des évènements de cette ampleur se produisent. La sûreté, donc la confiance, sont les fondamentaux de la stratégie européenne déployée. Les gestionnaires de réseaux ont donc intégré cet enjeu, entre autre via Coreso.

#### *La recherche de solutions novatrices*

L'Europe a de manière concrète permis aux gestionnaires de réseau nationaux, pour la majorité d'entre eux dépourvus à leur création de compétences en recherche et développement, de partager des projets de recherche et d'en trouver les moyens humains et financiers. Les « Framework Programs for Research and Technological Development » sont des outils de l'Union européenne permettant de favoriser la recherche dans la zone Europe. Du premier programme (FP1, 1984-1988, 3,75 M€) au programme actuellement en vigueur (FP8, aussi dénommé Horizon 2020), les objectifs et les budget alloués ont évolués. Les programmes 6 (2002-2006, 17 M€) et 7 (2007-2013, 50 M€ hors Euratom) étaient très orientés vers la recherche technologique. Le programme 8 (2014-2020, 80 M€ estimé) est concentré sur l'innovation favorisant la croissance économique de la plaque européenne.

Dès FP 7, quelques programmes sont menés sous égide européenne afin de traiter de nouvelles problématiques techniques d'intégration. Le projet PEGASE<sup>66</sup> a, par exemple, rassemblé vingt-deux partenaires européens, dont neuf gestionnaires de réseaux, autour du

---

<sup>66</sup> Cf. annexe 5

développement de nouveaux modèles de l'état du réseau sur des zones multi-pays. I tesla<sup>67</sup> et Optimate<sup>68</sup>, lancés en 2012 à cheval sur FP7 et Horizon 2020, traitent respectivement des évolutions des règles de sûreté (en y associant CORESO) et de la création de nouvelles règles de marchés permettant une intégration efficiente des nouvelles sources de production d'électricité d'origines renouvelables. E-Highway2050<sup>69</sup>, lancé en 2012, aborde les méthodes de développement de futures autoroutes de l'électricité (Supergrids). Inspire Grid<sup>70</sup>, démarré en 2013, aborde la question de la collaboration avec les parties prenantes. LIFE Elia<sup>71</sup>, prévu sur la période 2011-2016, supporte la concrétisation et l'étude de trames vertes sous des ouvrages existants... RTE, l'un des rares gestionnaires européens à avoir été doté dès sa création de moyens humains et de ressources financières en R&D, est à l'initiative ou collabore à chacun d'entre eux, élargissant ainsi sa sphère d'influence et sa coopération à d'autres secteurs que les seuls champs développement-exploitation-maintenance de réseaux physiques.

Tous ces projets de recherches associent en effet plusieurs dimensions : plusieurs pays, plusieurs natures de partenaires, plusieurs compétences. Les gestionnaires de réseaux de transport, et, parmi eux, particulièrement RTE, sont à la manœuvre et rassemblent sur leurs problématiques les scientifiques et spécialistes d'universités et d'établissements de recherche, rejoints, le cas échéant et selon les enjeux, par des industriels. Les fonds européens dédiés à ces projets permettent à des entités complémentaires mais relevant de financement et de politiques publiques disparates de lever des problématiques plus larges, avec des retombées positives directes pour chacun d'entre eux. Cela leur permet de mutualiser des moyens et des compétences, mais aussi de s'émanciper de tutelles ou d'usages anciens. L'Europe des 3 x 20 contourne les postures nationales en favorisant la globalisation de la connaissance sur une maille plus adaptée aux enjeux qu'elle entend traiter.

---

<sup>67</sup> *Idem.*

<sup>68</sup> *Idem.*

<sup>69</sup> *Idem.*

<sup>70</sup> *Idem.*

<sup>71</sup> *Idem.*

## **L'extension physique des interconnexions : en route vers la fluidité du marché ?**

En parallèle des dispositifs et outils évoqués, les réseaux physiques, supports de ceux-ci, continuent à s'adapter. Jusqu'à encore très récemment, RTE, comme ses homologues, a abordé les problématiques de l'offre et de la demande uniquement du point de vue du système électrique national.

En 2005, par exemple, les échanges aux frontières font l'objet d'un paragraphe intitulé « les interconnexions avec les systèmes voisins » dans le document public<sup>72</sup> publié tous les deux ans par l'entreprise et analysant les perspectives en termes d'offre de production et de demande de consommation pour la France. Dans celui-ci, on rappelle que les interconnexions permettent une plus grande sûreté, une mise en commun des réserves de sécurité, et ouvrent la possibilité d'une utilisation optimale du parc de production au bénéfice du territoire interconnecté, donc de la France. À l'époque, les capacités nominales d'exportation sont de 14 GW, les capacités d'import ne sont pas citées. Les projets de renforcement sont l'apanage d'accords entre homologues : RTE et Elia pour la frontière belge en rajoutant un circuit à 400 kV entre Avelin et Avelgem, RTE et REE pour la frontière espagnole avec une concertation qui se poursuit<sup>73</sup> sur un projet entre la France et l'Espagne, adossée à une problématique technique basée sur l'« ampleur des aléas d'exploitation qui peuvent affecter [les capacités disponibles] » au vue « de la taille des systèmes électriques français et ibériques ». Les interconnexions sont encore présentées officiellement comme un moyen d'exporter et de se sécuriser.

En moins de dix ans, l'évolution est impressionnante. En sus des éléments déjà abordés, le développement d'interconnexion est devenu un sujet européen. En 2012, par

---

<sup>72</sup> RTE, *Bilan prévisionnel de l'équilibre offre demande d'électricité en France*, édition 2005.

<sup>73</sup> Se référer aux travaux de Renan Viguié, *Histoire des échanges électriques entre la France et l'Espagne de l'entre-deux-guerres à nos jours*, juin 2007.

exemple, la même publication<sup>74</sup>, répondant au même cadre législatif national français, traite dans son chapitre 5.4 des besoins en import de la France pour contribuer à son équilibre offre-demande, besoins conditionnés par les capacités d'échanges entre la France et ses voisins. La perspective s'est inversée, du moins dans le discours porté. La France a officiellement besoin de ses voisins, au même titre qu'elle peut leur fournir de l'électricité.

Dès lors, les projets d'interconnexion évoqués dans ces documents publics se réfèrent au cadre européen (TYNDP 2012) et le spectre des projets est soudain très large :

- France - Angleterre (renouvellement d'une liaison de 1986, remplacée par 2000 MW de liaison à courant continu),
- France – Benelux – Allemagne (plusieurs projets consécutifs à plusieurs problématiques dont des flux exportateurs vers l'Allemagne du fait de la fermeture des centrales nucléaires allemandes et saturant à 60 % les liaisons existantes, des fluctuations importantes des transits liées aux variabilités de la production solaire en provenance d'Allemagne, de la production éolienne de tous les pays frontaliers et de la consommation (et surtout de la thermo sensibilité liée à l'importance du chauffage électrique en France)),
- France - Espagne (projet en cours de réalisation à l'époque, en souterrain, de 1 200 MW à courant continu pour mise en service en 2015 sous médiation européenne et fonds partiellement européens, et annonce de projets à venir supplémentaires),
- France – Suisse - Italie (mise en œuvre d'équipement nouveau, renforcement de lignes existantes, création d'une interconnexion de 1 200 MW en continu entre RTE et Terna).

---

<sup>74</sup> RTE, *Bilan prévisionnel de l'équilibre offre demande d'électricité en France*, édition 2012

Trois ans plus tard, en mars 2015, RTE communique cette fois largement sur une maille européenne, et affiche les projets en cours, se faisant dorénavant le relais des travaux européens<sup>75</sup> :

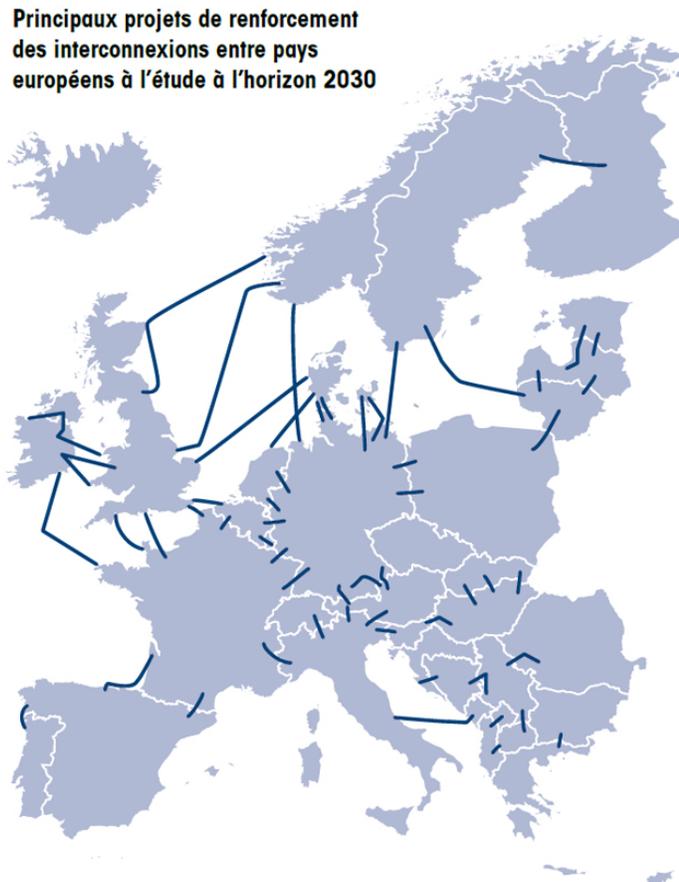


Figure 18 : Projets de renforcement de l'intégration des réseaux horizon 2030<sup>76</sup>

Le discours a changé. La justification des ouvrages pressentis n'est plus la sécurité du système. Il s'oriente vers l'établissement de capacités de fonctionnement équitables. Ainsi, des états des lieux en termes de capacité des différents pays à pouvoir bénéficier d'un bon

<sup>75</sup> RTE, *Préparer aujourd'hui le réseau de demain : RTE au carrefour du système électrique européen, enjeux et chiffres clefs*, édition 2014,

[http://www.rte-france.com/sites/default/files/plaquette\\_interconnection\\_europe.pdf](http://www.rte-france.com/sites/default/files/plaquette_interconnection_europe.pdf)

<sup>76</sup> *Idem.*

fonctionnement du marché de l'électricité sont posés : « Les capacités de production installées dans les pays en regard de leur consommation sont très différentes d'un pays européen à l'autre : certains pays sont structurellement importateurs et d'autres exportateurs. Dans ce paysage très contrasté, certaines capacités d'échanges en apparence peu élevées sont en pratique suffisantes étant donné le peu d'opportunité économique aux échanges d'électricité. D'autres qui semblent plus élevées sont quant à elles saturées et mériteraient d'être renforcées »<sup>77</sup>.

Les résultats des couplages de marché viennent étayer le besoin de nouvelles interconnexions, puisque l'utilisation optimale des interconnexions existantes ne permet une convergence de prix sur la plaque concernée que de l'ordre de 60 % du temps. Le reste du temps, les prix redeviennent nationaux du fait de congestions sur les interconnexions ou sur les réseaux nationaux. Les interconnexions, après avoir précédé et soutenu la mise en place du marché, en deviennent la limite physique à repousser.

---

<sup>77</sup> *Idem*, p.4.

## CARTE DES PRINCIPAUX PROJETS À 10 ANS

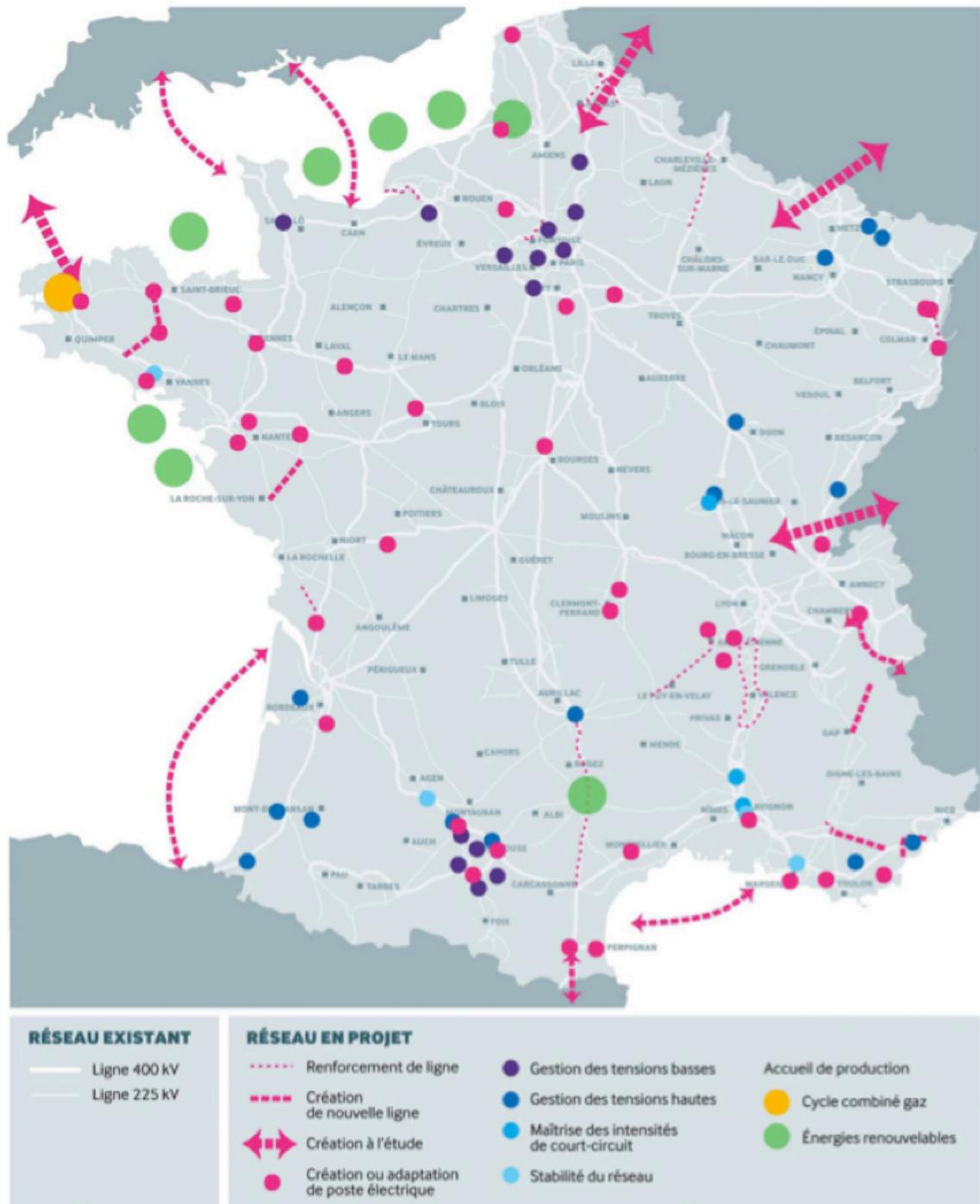


Figure 19 : Projets d'interconnexion entre la France et ses voisins à 10 ans (© RTE, 2014), hors parcs éoliens offshore en mer du nord et zone manche et atlantique<sup>78</sup>.

<sup>78</sup>Idem.

Dans son livre<sup>79</sup>, Vincent Lagendijk analysait la croissance des interconnexions et les solutions techniques apportées à des problématiques politiques. Depuis l'intervention de l'Europe dans la dérégulation des marchés électriques, cette capacité à coopérer et à innover pour résoudre les difficultés politiques rencontrées s'est révélée être une force majeure de ce secteur d'activité, illustrée par tous les dispositifs inventés et mis en œuvre afin d'assouplir et d'améliorer les services rendus par les interconnexions existantes, évoqués précédemment.

La complexité des dispositifs élaborés et rendus opérationnels grâce à une coopération accrue non seulement entre les acteurs du secteur électrique mais également avec d'autres secteurs d'activité économique (le commerce de gros, les bourses, la finance) est dans la droite ligne de la culture historique des ingénieurs électriciens. Les acteurs politiques non experts se retrouvent de fait dans l'impossibilité de saisir les leviers de ces dynamiques protéiformes. Cette « intégration cachée » trouve ici une illustration non seulement physique, telle que Johan Schot l'illustrait, mais aussi sans frontière car financière. D'aucuns, témoins et acteurs actuels de ces développements, insistent sur le caractère fortement régulé de ces développements, comme gage de la capacité des instances politiques à les piloter, à les maîtriser. Il est vrai que le cadre est fixé par la Commission européenne, que les projets de R&D sont sélectionnés par des organisations qualifiées, et qu'un régulateur européen a été mis en place (ERGEG, puis ACER en 2009<sup>80</sup>) pour contrebalancer l'activité de l'ENTSO-E<sup>81</sup>. Sous régulation, ENTSO-E est, entre autres, en charge de l'élaboration des schémas de développement des réseaux à 10 ans et de l'élaboration de méthodologies d'évaluation coût/bénéfice des projets afin de les évaluer et de les comparer entre eux. Ces projets, dont les « autoroutes » de l'électricité répertoriés dans le cadre des TYNDP, pourront bénéficier du support de l'UE dans le cadre des « Projets d'Intérêt Commun »<sup>82</sup>, avec pour ligne de mire le meilleur intérêt commun et l'optimisation par le marché.

---

<sup>79</sup> Vincent Lagendijk, *Electrifying Europe: The power of Europe in the construction of electricity networks*, Amsterdam, Aksant Academic Publishers, 2008, 246 p.

<sup>80</sup> cf Annexe 3

<sup>81</sup> *Idem.*

<sup>82</sup> *Idem.*

Mais ces dispositifs devront probablement également cohabiter avec des projets d'initiative privée, à l'instar des télécommunications au début des années 2000 qui ont vu fleurir les câbles de communication entre zones, entre continents, opérés par des entreprises privées. La question n'est peut-être pas tant d'éviter que ces projets privés ne voient le jour – pourquoi éviter l'entreprise privée quand on prône le marché ? – que de gérer le faisceau de contraintes que doivent impérativement respecter tous les acteurs de même nature, sauf à considérer que certains acteurs n'opèrent pas en tant que GRT ou interconnexion, mais en tant que fournisseurs d'énergie. En effet, des écarts de prix de l'électricité très importants entre deux pays non directement frontaliers peuvent trouver intérêt du point de vue d'un optimum global à être partiellement traités par une liaison point à point privée, tant que cet opérateur privé endosse l'ensemble des risques associés et sans en faire porter les externalités sur les opérateurs publics comme c'est souvent le cas lorsque ces deux types de marchés coexistent.

L'accélération de ces dix dernières années illustre la dynamique de construction de l'Europe électrique, qui se bâtit de la base vers le sommet grâce aux besoins techniques et stratégiques des opérateurs de réseau de transport. Les initiatives régionales s'appuient toutes sur un fonctionnement structuré dans le but de favoriser l'ouverture et la collaboration, avec un mode de fonctionnement revendiquant une très forte « transparence » (les comptes-rendus de réunion sont, par exemple, publiés sur les sites Internet des GRTs, des régulateurs, des organismes concernés). Ces modes de fonctionnement sont dans la droite ligne du fonctionnement historique des électriciens européens, modes de fonctionnement de type « fédéralistes », revisités et modernisés afin d'offrir une vitrine accessible à tout un chacun à travers les moyens de communication numériques actuels : sites Internet, applications mobiles, mise à disposition de nombreux rapports et études produites par les services concernés. ENTSO-E est par ailleurs officiellement en charge de l'établissement de Codes de réseaux, travail de normalisation des règles d'accès aux réseaux de transport sur l'ensemble de la plaque européenne, œuvrant à une intégration des « façons de faire » au niveau européen. L'approche par les outils perdure donc actuellement à tous les niveaux : il est toujours plus facile de négocier le « comment » que le « pourquoi », et la véritable question du bon niveau

d'élaboration et de pilotage des politiques énergétiques – national ou européen – demeure le point d'achoppement politique et économique de l'ensemble.

Ainsi se pose, en creux, la question de la légitimité au sens démocratique de ces acteurs que sont les gestionnaires de réseaux de transport. Ils ne sont pas réellement mandatés par leur État d'appartenance, mais leur action publique s'inscrit et est cautionnée par des autorités de régulation nationales. Ils sont parties de ENTSO-E, organisation créée par les directives européennes, et héritière d'initiatives volontaires des acteurs d'un secteur d'activité. En effet, le lent mouvement de coopération et de regroupement associatif des acteurs concernés (et décrit par Vincent Lagendijk à travers l'émergence de l'UCPTE en 1951) a conduit à sa transformation en une organisation institutionnelle dotée d'une mission technique et politique. Rappelons brièvement qu'à travers les différentes associations sectorielles de nature volontaire et industrielles qui s'étaient constitués sur des plaques géographiques voisines, ETSO, en 1999, a été le creuset d'un regroupement majeur de ATSOI, UKTSOA, Nordel et UCTE, les projetant dans une première structure commune. En 2001, ETSO est déjà une association internationale regroupant 32 GRTs indépendants de 15 pays de l'Union européenne, mais aussi de Norvège et Suisse. En 2009, alors qu'elle rassemble 40 gestionnaires de réseau de transport, l'association reçoit un mandat de l'Union européenne en même temps qu'elle devient ENTSO-E<sup>83</sup>. Le bras opérationnel de l'Europe est constitué, mais la politique européenne de l'énergie ne le guide pas.

ENTSO-E est « en équilibre » avec l'ACER, son pendant régulateur coordonnant les régulateurs nationaux du secteur électrique, au même titre qu'en France RTE et la CRE se sont appuyés mutuellement l'un sur l'autre pour fonder et légitimer leurs existences dans la décennie précédente. La méthode a bien fonctionné en France : s'appuyant l'un sur l'autre, RTE et la CRE ont pu s'épauler et imposer une ouverture du marché électrique en opposition à un modèle patriotique très intégré et très fort incarné par Électricité de France, modèle protégé politiquement par la majorité des élus nationaux. Ensemble, ils ont également permis la mise

---

<sup>83</sup> cf. Annexe 3

en œuvre de la politique énergétique française, tant du point de vue du raccordement des énergies renouvelables que de l'optimisation des parcs de production du point de vue des émissions de GES<sup>84</sup>. Cette construction par les outils a donc été reproduite et transposée à l'échelle de l'Europe.

Mais la question de la subsidiarité européenne se pose clairement, ainsi que celle de l'exercice de la représentation démocratique et de la juste concertation avec les parties prenantes de l'Europe et des territoires. Finalement, l'Europe de l'électricité n'est-elle qu'un marché ?

---

<sup>84</sup> éco2mix, proposé par RTE depuis 2010 et enrichi au fil des ans, est présentée comme une « application citoyenne pour tout savoir sur l'électricité ». Elle permet de suivre les variations de consommation et de production à chaque instant de la journée sur l'ensemble du territoire métropolitain français et par région, et d'accéder à plus de 15 millions de données, dont les échanges commerciaux aux frontières, les émissions de CO2 par kWh d'électricité produite en France et des données de marché (prix Spot par exemple).  
<http://www.rte-france.com/fr/eco2mix/eco2mix>

## **4 - Les réseaux de transport d'électricité ou le mythe de la pacification par le partage des intérêts**

D'un certain point de vue, l'Europe a repris à son compte les objectifs français des années 1970 qui ont jadis mené au lancement d'un grand programme électronucléaire : la sécurité d'approvisionnement et la compétitivité économique. Quarante ans plus tard, elle vise à résoudre l'équation actuellement impossible de trois objectifs stratégiques : la sécurité énergétique, la compétitivité économique et la protection de l'environnement. Elle a choisi de développer son influence sur le monde à travers les principales compagnies mondiales qu'elle « détient » dans chacun des segments de l'activité énergétique mondiale (EDF, RWE, E.ON, TOTAL, BP, Shell, GdF-Suez, Vestas, Areva, Alstom, Siemens, etc), et de mieux « mutualiser » les divers atouts historiques, géographiques, technologiques et environnementaux dont elle dispose à travers la mise en œuvre effective d'un grand marché intérieur.

### **Le climat, pari européen pour un leadership mondial**

Dans ce but, sous couvert de veiller à la sûreté des réseaux et dans la perspective de l'accroître, c'est-à-dire de demeurer irréprochable sur le bon exercice de leur mission de base, la coopération entre gestionnaires de réseaux de transport en Europe se transforme en coordination opérationnelle de plus en plus efficiente. Cette coordination technique permet d'assurer la trame d'une sécurité d'approvisionnement de l'ensemble de l'Union, et d'y convier également des États non membres comme la Suisse, techniquement au cœur de la plaque électrique.

L'Europe poursuit ainsi ses objectifs propres : c'est particulièrement vrai de la cible dite « des 3 x 20 »<sup>85</sup>. Dans cette nouvelle étape des marchés de l'énergie, l'Union européenne affiche l'ambition d'orienter l'ensemble de l'économie européenne vers la sobriété en carbone. Ainsi, en 2007, l'Union européenne s'est fixée des objectifs pour l'horizon 2020 qu'on pourrait qualifier à première vue d'objectifs environnementaux :

- 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre,
- 20 % d'augmentation de l'efficacité énergétique
- 20 % d'énergies renouvelables.

Alors que les deux premières mesures sont contraignantes, la troisième ne l'est pas. L'ambition n'en est pas que la vertu : l'objet est, entre autres, de forcer le passage d'un statut marginal à un statut industriel aux technologies renouvelables d'avenir (hors hydroélectricité). C'est également une tentative de développement économique et de dynamisation de l'innovation et du développement de nouvelles filières industrielles européennes, tant sur l'amont (les nouvelles sources de production) que sur l'aval (l'efficacité énergétique, le pilotage de la consommation, la modération ...).

Les principales mesures proposées sont les suivantes :

- extension du système d'échange de quotas d'émission, mis en place en 2005, à l'ensemble des grandes entreprises polluantes (notamment les centrales électriques) et à un éventail plus large d'émissions de gaz à effet de serre, comme le protoxyde d'azote (fertilisants) et les hydrocarbures per fluorés (aluminium);
- application d'objectifs de réduction des émissions aux secteurs ne participant pas au système d'échange de quotas d'émission (bâtiment,

---

<sup>85</sup> L'appellation 3 x 20 désigne communément les textes européens traitant du paquet climat/énergie de l'Union Européenne. Ce paquet législatif a été adopté en décembre 2008, puis révisé en octobre 2014.

transports et déchets par exemple): chaque État membre reçoit un objectif national défini de façon équitable, en fonction de sa situation spécifique;

- définition d'un objectif contraignant pour l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation globale, applicable à tous les États membres;
- mise en place d'un nouveau cadre juridique pour le piégeage et le stockage souterrain du carbone, afin d'encourager l'investissement dans ces techniques coûteuses.

La justification économique de cette orientation est, entre autres, basée sur le rapport Stern<sup>86</sup> sur le changement climatique. L'Europe part ainsi de l'axiome que la lutte contre le changement climatique coûtera moins de 1% du PIB maintenant, mais beaucoup plus cher plus tard si rien n'était fait. À ce postulat de départ se rajoute indéniablement la préoccupation de renforcer la sécurité et l'indépendance énergétique de l'Union, et ainsi de réduire ses importations de gaz et de pétrole.

En 2014, soit six ans avant l'échéance initiale de 2020, l'Europe adapte les cibles. Le nouveau paquet énergie/climat prévoit, sept ans plus tard, et cette fois pour 2030, 40% de réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990 (objectif contraignant), 27% d'énergies renouvelables dans le bouquet énergétique global, 27 % d'économies d'énergie. C'est qu'entre-temps, certains outils de gouvernance ou de marché ont eu des impacts majeurs sur les objectifs recherchés.

---

<sup>86</sup> Rapport sur l'évaluation économique des conséquences du dérèglement climatique rédigé par l'ancien économiste en chef de la Banque mondiale Sir Nicholas Stern à la demande du gouvernement anglais, publié en 2006.

C'est le cas du protocole de Kyoto<sup>87</sup>, qui propose une cible de réduction de 8% entre 2008 et 2012 pour l'Union européenne (EU [15]), la Suisse et la plupart des pays d'Europe centrale et orientale. L'UE a alors effectué un arrangement interne en vue d'atteindre ses 8% de réduction en « distribuant » différents taux à ses États membres. Ces objectifs varient de 28% de réduction pour le Luxembourg, 21% pour le Danemark et l'Allemagne. En revanche, l'augmentation pourra atteindre 25% pour la Grèce et 27% pour le Portugal.

Mais la non ratification du traité par les États-Unis, puis le retrait du Canada en 2011, et enfin les difficultés des négociations internationales pour construire un nouvel accord mondial prenant la suite de la seconde phase du protocole initial (2012-2017) et se heurtant, entre autres, à la difficulté d'intégrer les économies des pays dits « émergents » tels que la Chine ou le Brésil, ne permettent pas une saine mise en perspective pour les acteurs économiques, et donc pour leurs États.

De manière concomitante, des outils de marché, comme la bourse du carbone, n'ont pu produire tous leurs effets. En France, la bourse du carbone avait été lancée le 24 juin 2005 par Powernext. En 2007, cette activité est confiée à Bluenext<sup>88</sup>, bourse carbone détenue par NYSE Euronext et la Caisse des dépôts. L'absence d'autorisation de gestion des quotas de la seconde phase de Kyoto, conjuguée à une fraude massive à la TVA sur les produits carbone dont Bluenext a été considéré comme responsable, ont conduit à la cessation de toute activité en 2012. En parallèle, le prix de la tonne de CO<sub>2</sub> sur le marché européen (via les mécanismes d'ETS<sup>89</sup>) s'est effondré, passant de 30 euros/tonne en 2008 à moins de 5 euros/tonne en 2014.

Enfin, l'exploitation à grande échelle au niveau mondial du gaz de schiste a démarré au cours des années 2000 lorsque le prix des hydrocarbures s'est établi durablement au-dessus d'un seuil élevé en relation avec la stagnation de la production du pétrole et du gaz

---

<sup>87</sup> Cet accord international adopté à l'unanimité en 1997 et entré en vigueur officiellement le 16 février 2005, est bâti sur la Convention-Cadre des Nations unies sur les changements climatiques. Il met en place des objectifs légalement contraignants et des délais pour réduire les émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés (par rapport à l'année de référence 1990).

<sup>88</sup> Cf Annexe 4

<sup>89</sup> Le "European Union Emissions Trading Scheme" (EU ETS) est le mécanisme européen d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre en Europe. Cf Glossaire

conventionnel et la croissance de la consommation énergétique mondiale. Ces prix, conjugués aux avancées dans le domaine des techniques d'extraction, ont permis de justifier les investissements très importants nécessaires pour permettre la mise en production de nombreux puits, surtout aux États-Unis. Il faut rappeler que les réserves de gaz de schiste sont réparties sur tous les continents mais la Chine, l'Argentine, l'Algérie et les États-Unis en sont dans cet ordre potentiellement les plus gros détenteurs. De 2010 à 2012, l'augmentation de la production de gaz de schiste aux États-Unis et au Canada (avec les sables bitumineux de l'Alberta) a entraîné une pression à la baisse du prix du gaz. Mais en 2013, le point d'équilibre en termes de prix du gaz a été atteint, les investissements ont chuté et les prix du gaz ont nettement remonté. Les effets du boom du gaz de schiste sur les marchés internationaux de l'énergie ont été très importants, en particulier en Europe : hausse de la production d'électricité à base de charbon aux dépens du gaz, diminution de l'attractivité économique des énergies renouvelables, etc.

Ainsi, la perspective de faire endosser aux réseaux électriques, outils d'optimisation économique depuis toujours, une mission écologique en étendant leur envergure et leur intégration n'est plus aussi évidente à justifier. Il manque en effet pour le moment le bouclage via des signaux de marchés (taxes, marché du CO<sub>2</sub>, pollueur payeur, etc..) du dispositif, afin que l'association de la performance économique et l'optimisation écologique soit possible. Par ailleurs, la multiplication des objectifs (réduction des GES, augmentation des ENR, amélioration de l'efficacité) les rend d'autant plus difficiles à atteindre qu'aucune concertation sur les politiques énergétiques nationales au sein de l'Europe n'est aujourd'hui possible, rendant toute décision politique nationale hasardeuse, voire dangereuse pour les autres. Cette situation est, par exemple, illustrée par les contraintes créées sur ses voisins par les décisions nationales allemandes d'arrêt du nucléaire et de subventions massives aux ENR – en minimisant la difficulté de renforcement de leurs propres réseaux de transport entre le nord et le sud du pays. Le point d'étape aujourd'hui est intéressant à observer : amplification des fluctuations des flux aux frontières allemandes selon les conditions météorologiques, dynamisation des outils de production au charbon, interrogations sur l'échéance de fermeture des dernières tranches nucléaires, mécontentement des voisins subissant des congestions de réseaux et devant assurer la sûreté des réseaux malgré le caractère extraterritorial des

productions concernées, part de plus en plus importante (par accroissement mécanique de la part des énergies renouvelables dans le bouquet global) de l'énergie traitée *hors* marché car subventionnée... La mise en œuvre d'une politique énergétique nationale volontariste ne peut atteindre pleinement ses objectifs sans une coopération étroite entre pays riverains. C'est aussi à cela qu'on peut mesurer aujourd'hui l'état de l'intégration de l'Europe électrique, déjà importante, non achevée.

## **La transition écologique comme relance de l'innovation et levier de transformation économique**

Pour autant, d'autres leviers sont utilisés. L'intégration des énergies dites « renouvelables », objectif européen contraignant, vient suffisamment ébranler les dispositifs en place pour que la dynamique de transformation des réseaux de transport se poursuive. Cette fois, il ne s'agit plus tant de mettre l'accent sur la sobriété en carbone, même si elle peut demeurer, que de poursuivre la quête de l'autonomie énergétique grâce à la « transition énergétique » de la plaque européenne.

L'augmentation de la part des énergies de source renouvelable dans les pays européens rend cette coopération d'autant plus indispensable que ces nouvelles sources ne sont pas forcément de nature pilotable. Elles sont pour la plupart intermittentes puisque disponibles uniquement lorsqu'il y a du vent ou du soleil. De plus, en l'absence à ce stade de solution de stockage massif, elles ne peuvent être réellement utilisées et optimisées aujourd'hui qu'à travers une mutualisation à l'échelle européenne des facteurs favorables géographiques (terrestres et offshore), environnementaux (régimes de vents, ensoleillement...) et politiques.

Comme l'évoque justement William F. Pickard<sup>90</sup>, il est non seulement raisonnable du point de vue de la stabilité des systèmes économiques, tels que nous les connaissons, d'envisager un virage drastique vers un système basé sur l'usage d'énergies renouvelables, mais cela devient urgent à l'échelle de la capacité d'adaptation des systèmes supports, dont le système électrique. Par ailleurs, la question du leadership au niveau mondial en termes d'innovation et de technologies, donc d'industries, est ouverte. Enfin, les atouts des bouquets énergétiques nationaux historiques pourraient retrouver une certaine « jeunesse », s'ils disposaient d'une échelle géographique nouvelle sur laquelle ils puissent prouver leur bonne contribution à un fonctionnement plus large, plus global, plus intégré.

Ainsi par exemple, EDF a clairement identifié le bénéfice économique et concurrentiel que lui apporterait un développement accru des interconnexions françaises, sur la base de son parc de production actuel. Dans une présentation de 2010<sup>91</sup> effectuée dans un contexte professionnel, l'entreprise chiffre le bénéfice global d'une augmentation des capacités d'échanges de 30 % pour la zone de l'Europe de l'Ouest à 600 millions d'euros par an, ainsi qu'une réduction des émissions de CO<sup>2</sup> associées de 2,4 millions de tonnes par an, soit 0,3 % des émissions de cette zone *Central Ouest Europe*. Cette estimation est obtenue en comparant les coûts de renforcement des interconnexions aux frontières françaises, estimés à 380 millions d'euros par an, avec les coûts fixes d'investissement en capacité de production rendus non nécessaires du fait de l'augmentation des échanges et augmenté des coûts variables inutiles du fait d'une meilleure optimisation de l'usage des mix énergétiques des pays concernés. Est-il utile de préciser que du point de vue de cet opérateur énergétique, le parc de production historique français trouverait probablement là un débouché légitimant la recherche d'une performance d'exploitation interne accrue, et justifierait des investissements très

---

<sup>90</sup> Washington university, *Where renewable electricity is concerned, how costly is « too costly » ?*, Energy Policy, 2012, 49, p. 346-354.

<sup>91</sup> Y. Rebours, M. Trottignon, V. Lavier, T. Derbanne, F. Meslier, *How much electric interconnection capacities are needed within Western Europe ?*, Energy market, june 2010, p. 1-6.

coûteux non seulement de modernisation du parc français existant (prolongation de durée de vie de centrales, renouvellement des concessions hydrauliques, etc) mais également de capacités supplémentaires (nouveaux EPR, projets éoliens et solaires, etc) ?

Par ailleurs, étendre le « terrain de jeu » grâce au développement de systèmes de mise en commun agiles est intellectuellement séduisant. Il suffit pour cela d'observer les gisements potentiels sous ou non utilisés pour s'en convaincre.



Figure 20 : Opportunités de développement des sources d'énergies renouvelables vues de France<sup>92</sup>

---

<sup>92</sup> Idem.

Certains États ont d'ailleurs anticipé le mouvement et développé un leadership. Revenons ainsi au cas de l'Allemagne. Au début du XXI<sup>e</sup> siècle, pour des raisons de politique intérieure et après avoir préparé le terrain en permettant la mise en place de filières industrielles nationales ad hoc dans les années 1990, cette économie a entamé sa sortie du nucléaire. Dès 2000, la coalition Vert-SPD allemande officialise une sortie du nucléaire grâce à la convention du 14 juin 2000, convention qui limite la quantité d'énergie qui pourra être produite par les centrales déjà en service avant leur fermeture. Cette sortie du nucléaire est alors prévue à l'horizon 2020. En 2010, la majorité conservatrice menée par Angela Merkel fixe des objectifs nationaux à l'horizon 2050 - l'Energiekonzept - qui confirment la fin du nucléaire, mais avec une échéance plus lointaine (2036).

L'accident de Fukushima du 11 mars 2011 accélère le calendrier. L'Energiewende ne remet pas fondamentalement en cause les orientations de l'Energiekonzept mais revient au calendrier des années 2000. La sortie du nucléaire est désormais prévue en 2022 et les 7 réacteurs les plus anciens (mis en service avant 1980) sont mis à l'arrêt, soit plus de 8 000 MW de puissance nationale installée stoppés. Le bouquet électrique allemand reposant historiquement sur le charbon, et en particulier le lignite de Rhénanie, les centrales classiques sont sollicitées. Les voisins européens aussi, grâce aux interconnexions en place. En effet, à partir de 2011, les flux entre la France et l'Allemagne, y compris ceux transitant par la Belgique et la Suisse, augmentent fortement (cf. figure 11). Ils deviennent également plus difficiles à interpréter, du fait de l'écart grandissant entre les chemins physiques suivis par les flux d'énergie et les échanges contractuels concernés. Ce phénomène de « déséquilibre » est amplifié par le fort développement d'éolien et de photovoltaïque en Allemagne rendu possible par la préexistence des filières industrielles, et le gros effort de subvention de l'État. Par ailleurs, les mécanismes de marché développés par l'Allemagne imposent que l'énergie d'origine renouvelable ainsi produite soit acceptée « à tout prix » par les réseaux de transport

---

allemands, quitte à déséquilibrer les réseaux voisins frontaliers... La démarche nationale prime sur les considérations européennes.

Autre exemple en Espagne, péninsule électrique historique en Europe, où le fort potentiel éolien et solaire a été largement subventionné afin de faire émerger non seulement un parc de production très significatif, mais aussi un champion éolien international : Iberdrola. Les années 2000 ont vu en effet cette entreprise se transformer profondément et devenir non seulement l'énergéticien leader en Espagne, mais aussi un des plus gros acteurs mondiaux, entre autres, sur la part de marché en développement de l'éolien.

Mais lorsque la demande intérieure ne suit pas – ce qui est le cas avec la crise que subissent les économies espagnole et portugaise depuis 2008, les interconnexions en place ne permettent pas d'utiliser correctement ces énergies disponibles sur d'autres puits de consommation. L'arbitrage se réalise donc sur la plaque ibérique, en baissant les productions d'autres origines, et sans permettre un usage efficient des capitaux immobilisés dans ces sources de production.

Ainsi, en l'absence de politique énergétique commune à l'ensemble de l'Europe, chaque nation développe sa stratégie de production d'électricité propre et ses filières industrielles associées. L'impulsion initiale donnée par l'Europe à travers l'imposition d'un marché ouvert de l'électricité puis des objectifs 3x20 s'est transformée en patchwork de politiques plus ou moins volontaristes de développement d'électricité à base de renouvelable, soutenues par des subventions de natures nationales les empêchant de s'intégrer au marché développé en parallèle. C'est un peu comme s'il y avait les anciens modes de production, soumis à la dérégulation et mis en concurrence, et les nouveaux, supportés par la collectivité grâce aux différents systèmes de subvention et d'accès au réseau, la part de ces derniers gagnant proportionnellement sur la part des premiers, et déséquilibrant petit à petit la lecture d'ensemble par leurs effets sur les perspectives de moyen et long terme pour tous : marché de gros, contrats négociés, certificats d'origine, seuil de rentabilité des capacités, stratégies de parts de marchés, intégration d'autres externalités, etc. Ainsi, si les marchés de gros ne sont pas robustes, comment obtenir un point mort pour les nouvelles sources de production qui soit rationnel, à défaut d'être stable ?

Indéniablement, la nature des productions disponibles a évolué. La figure suivante propose un focus sur l'évolution de la moyenne européenne des 27, de l'Allemagne, de l'Espagne et de la France depuis 10 ans.

	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Union européenne (28 pays)</b>	<b>14,3</b>	14,8	15,3	16,1	17,0
<b>Allemagne</b>	<b>9,4</b>	10,5	11,8	13,6	15,1
<b>Espagne</b>	<b>19,0</b>	19,1	20,0	21,7	23,7
<b>France</b>	<b>13,8</b>	13,8	14,1	14,4	14,3
	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Union européenne (28 pays)</b>	19,0	19,6	21,7	23,5	<b>25,4</b>
<b>Allemagne</b>	17,4	18,1	20,9	23,6	<b>25,6</b>
<b>Espagne</b>	27,8	29,8	31,6	33,5	<b>36,4</b>
<b>France</b>	15,0	14,7	16,2	16,4	<b>16,9</b>

Figure 21 : Pourcentage des sources d'énergie renouvelable dans l'électricité<sup>93</sup>

L'Allemagne s'illustre particulièrement avec une augmentation de plus de 16 points en dix ans qui est loin de n'être due qu'à la fermeture de sept de ses réacteurs nucléaires : la progression de la part du renouvelable dans son bouquet national est régulière et maîtrisée. L'Espagne également présente une forte dynamique. On pourra noter le contraste présenté avec la dynamique française sur la même période.

Dans le même temps, l'électricité produite nationalement et disponible pour la consommation finale (c'est-à-dire pour les industries hors secteur énergétique, les transports et les ménages) n'a pas suivi les mêmes tendances.

---

<sup>93</sup> Eurostat, *Part de l'énergie provenant de sources renouvelables* [nrg\_ind\_335a], mars 2015.

	2004	2005	2006	2007	2008
Union européenne (28 pays)	<b>2 748 287</b>	2 785 967	2 835 599	2 853 687	2 866 260
Allemagne	<b>521 268</b>	522 264	527 970	529 356	527 574
Espagne	<b>230 669</b>	242 222	246 126	250 785	255 097
France	<b>420 165</b>	422 779	426 897	426 367	432 660
	2009	2010	2011	2012	2013
Union européenne (28 pays)	2 712 745	2 843 797	2 786 975	2 797 430	<b>2 778 315</b>
Allemagne	497 259	532 424	525 546	525 833	<b>518 089</b>
Espagne	239 779	245 393	242 619	239 420	<b>231 671</b>
France	414 215	444 571	416 290	433 747	<b>447 644</b>

Figure 22 : Volumes d'électricité annuels disponibles pour la consommation finale (GWh)<sup>94</sup>

Les productions de l'Europe des 28 n'ont pas encore retrouvé leur niveau d'avant la crise de 2008, à l'instar de l'Allemagne. L'Espagne a, elle, retrouvé un bon niveau de production, et la France, après un « trou » en 2009, poursuit le développement de son secteur électrique. Est-ce à dire que les échanges aux frontières, de nature commerciale depuis plus de dix ans, deviennent le vecteur de la capacité de certains Etats à transformer la nature de leur bouquet énergétique ?

En effet, l'Allemagne a notablement pris de l'avance en la matière. En fermant des tranches nucléaires, en planifiant la fermeture de celles restantes, en favorisant, à l'aide de systèmes de subvention, le développement des sources de production renouvelables, le bouquet a changé d'équilibre, et les flux électriques ne sont plus nationaux. Parce que l'Allemagne a omis le développement et le renforcement des structures de transports internes à ses frontières et nécessaires à la relocalisation géographique et au changement de nature de ses nouvelles sources de production, et qu'elle a voulu sa transition électrique de manière indépendante et dans une optique nationale, les volumes massifs d'électricité produits à base de solaire et de vent issus de son territoire viennent se déverser, phénomène récent, pour partie sur ou à travers ses voisins territoriaux interconnectés.

---

<sup>94</sup> Eurostat, *Approvisionnement, transformation, consommation - électricité - données annuelles* [nrg\_105a], mars 2015.

## **Les réconciliations techniques, palliatifs aux pannes politiques**

C'est donc à nouveau – comme pour la création et le développement du marché de l'électricité européen – aux gestionnaires de réseaux de transport de gérer ces nouvelles problématiques, et de réconcilier les enjeux. Ils le font en maintenant des efforts de coordination, mais également en fournissant de nouveaux signaux de marchés et en élaborant de nouveaux outils de marché.

Ainsi, une des caractéristiques majeures des nouveaux types de production d'origine renouvelable est leur total manque de souplesse : ils produisent (vent, soleil), ou ils ne produisent pas. Au même titre par exemple que le turbinage au fil de l'eau sur les fleuves, ils ne peuvent être arrêtés ou redémarrés rapidement et à moindre coût. Sur les marchés de gros de l'électricité, les prix étant construits de façon organisée, il peut donc arriver qu'en situation de basse demande de consommation et de forte production de nature non flexible, les prix résultants soient négatifs, puisque le signal de baisse de production envoyé par le marché ne peut être suivi par certains producteurs. En effet, dans un monde classique, maîtrisé, il arrive de compter sur des prix négatifs pour faire face à une surproduction soudaine d'énergie. On envoie alors des signaux de marché appropriés pour réduire la production. Dans ce cas, les producteurs « conventionnels<sup>95</sup> » doivent comparer les coûts engendrés par l'arrêt et le redémarrage de leurs centrales avec le coût de revente de leur énergie à des prix négatifs (ce qui signifie payer au lieu de recevoir de l'argent). Si leur outil de production est suffisamment flexible, ils arrêteront de produire de l'électricité pendant cette période, ce qui empêchera ou absorbera les prix négatifs sur le marché de gros et réduira la tension sur le réseau. En Allemagne, on a ainsi pu observer, en 2012, 56 heures sur 15 jours de prix négatifs sur le marché du jour pour le lendemain, contre 41 heures sur 10 jours sur le marché infra

---

<sup>95</sup> Conventionnels au sens de non subventionnés, par opposition aux énergies renouvelables subventionnées, qui ne sont pas soumis à ces prix négatifs.

journalier<sup>96</sup>. Les prix négatifs sont un signal, un indicateur pour les acteurs du marché. Si les producteurs décident de maintenir leur production, c'est qu'ils doivent avoir calculé que c'est le mieux et le plus rentable, compte tenu des coûts de fermeture et de réouverture de leurs centrales. Les prix négatifs sont censés inciter les producteurs à développer des moyens de production plus flexibles, capables de réagir plus efficacement aux fluctuations de la production d'énergie, afin d'augmenter la sécurité d'approvisionnement et d'éviter la survenue de ces prix négatifs. Dans cette vision contradictoire d'un marché cohabitant avec un développement subventionné, on exonère les énergies renouvelables de toutes les conséquences de leur présence : elles ne sont soumises ni aux fluctuations des prix de marché, ni aux arbitrages des systèmes électriques pour des considérations d'exploitation. Il n'est pas actuellement possible de décider de commander ces productions intermittentes, ne serait-ce qu'en décidant de les interrompre, de les « débrancher » en cas de surabondance temporaire.

Du point de vue du marché, la liquidité, basée sur une offre et une demande élargies, serait la clef pour réduire la survenue de prix négatifs. A nouveau, c'est là qu'entrent en jeu les solutions de négociation transfrontalière. Sur le marché du jour pour le lendemain, le couplage de marché est la solution proposée par les gestionnaires de réseaux de transport et les organisateurs du marché afin d'utiliser de manière optimale les capacités transfrontalières existantes entre deux marchés (ou plus).

Selon EPEX, « Grâce au couplage de marché en Nord Ouest Europe (NWE - North-Western Europe), entre la France, l'Allemagne, le Benelux, la Grande-Bretagne et les pays nordiques et baltes, les prix négatifs ont été, soit absorbés, soit évités. Par exemple, en cas de prix bas ou négatifs en Allemagne, la France, la Suède, le Danemark et le Benelux importeront de l'électricité jusqu'à ce que la capacité transfrontalière soit complètement utilisée ou que les prix convergent<sup>97</sup> ».

---

<sup>96</sup> Epex, questions-réponses, [www.epexspot.com/fr/epex\\_spot\\_se/fondamentaux\\_du\\_marche\\_de\\_l\\_electricite/Prix\\_negatifs](http://www.epexspot.com/fr/epex_spot_se/fondamentaux_du_marche_de_l_electricite/Prix_negatifs)

<sup>97</sup> *Idem*.

Ainsi, l'introduction sur les marchés électriques de grands volumes d'électricité d'origine renouvelable éolienne et solaire, notamment en Allemagne où la loi confie aux gestionnaires de transport allemands la responsabilité de les vendre intégralement à travers les marchés organisés, a pour conséquence les occurrences de ces prix négatifs, et donc le découragement – via le prix – de la production d'électricité d'origine thermique classique pour leur céder la place quand ils sont productifs. Cela vient encore profondément rebattre le jeu de la production électrique.

En effet, ces transformations ont été pensées depuis plus de quinze ans du point de vue des volumes d'énergie électrique échangées, transitées, consommées, rarement du point de vue de leur puissance de pointe de demande, c'est-à-dire des situations où la demande présente une forte croissance sur un temps court, qu'il y ait ou pas du soleil et/ou du vent. De plus, et de manière plus générale, les voies d'étranglement des flux que peuvent représenter certaines interconnexions mal adaptées aux capacités de part et d'autre des frontières (que ce soit en termes de sources de production ou en termes de puits de consommation) peuvent avoir des effets de bord conséquents pour la sûreté des systèmes électriques en période de pointe. En effet, avec cette arrivée sur certains systèmes d'un potentiel massif d'électricité d'origine renouvelable sans disposer d'un dispositif d'acheminement et de partage adapté, on constate une aggravation de la désoptimisation des modèles économiques installés.

En « grignotant » le nombre d'heures potentiellement disponibles nécessaires à légitimer le maintien à disposition et le fonctionnement de moyen de production « de pointe » (turbines à gaz, thermique classique...), les énergies renouvelables de par leur caractère volatil viennent condamner le maintien de capacité de production conventionnel. De nouveaux mécanismes de marché sont à développer pour assurer la permanence d'une nouvelle forme de service aux systèmes : la capacité de mise à disposition de production rapide (y compris d'origine renouvelable, tels que les barrages). D'autres seront encore sans doute à adapter, à développer, dans un but toujours plus souple, efficace, liquide, fluide, global.

Ainsi par exemple, pourquoi ne pas développer des capacités d'effacement de consommation, flexibles et pilotables au même titre qu'un outil de production conventionnel. En France, les NEBEF (notification d'échanges de blocs d'effacement) sont un premier effort de réponse par action sur la courbe de consommation. Initialement due à un besoin d'acteurs

électro-intensifs<sup>98</sup> de voir leurs coûts d'énergie primaire baisser afin de demeurer compétitifs à l'échelle mondiale, la valorisation de capacité d'effacement de blocs de consommation importants donne un sens nouveau à l'interpénétration des enjeux et des problématiques énergétiques mondiales. Il ne dépend plus des seuls énergéticiens d'organiser les équilibres des systèmes électriques. Les gros consommateurs peuvent choisir de développer des arbitrages sur leurs productions et leurs processus industriels et les valoriser sur un marché accessoire à leur cœur de métier. Ils deviennent, dans le même temps, fournisseurs d'un service au système électrique global. Différents types d'acteurs devraient émerger à l'avenir, dont des acteurs capables de piloter – plus ou moins finement – de multiples petites et moyennes consommations, et ainsi de fournir des puits de consommation ou des sources d'effacement aux systèmes globaux. La question des niveaux d'optimisation et de leur modularité est également à venir. Le « smartgrid<sup>99</sup> », imparfaitement appelé en français réseau intelligent, devra être capable d'intelligence collective et évolutive, dans le temps et l'espace. La place aux initiatives locales (lieux de fonctionnalités, collectivités, production annexe à une activité principale, besoin de résilience ou d'autonomie, etc..) est encore à envisager du point de vue de ses apports à un collectif plus optimal et assurant bénéfices mutuels et secours. Les réseaux vont encore s'entrelacer, horizontalement, verticalement, technologiquement. Il semble bien que la volonté d'appréhender et de traiter de manière homogène le sujet ait vécu. Reste à inventer le cadre général dans lequel ces « nouvelles formes d'optimisation » vont se développer, du local au global.

D'autres approches essaient de pallier les « défauts du marché », en abordant des dimensions de puissance et de disponibilité, c'est-à-dire de sûreté, plutôt que de coût du volume d'électricité produit. C'est le cas du mécanisme de capacité en cours de déploiement en France. RTE doit qualifier en 2015 et 2016 des moyens de production et d'effacement

---

<sup>98</sup> cf glossaire.

<sup>99</sup> L'anglicisme Smartgrid est conservé car il couvre les dimensions horizontales et verticales des transformations à venir de manière plus globale que sa traduction française de réseau intelligent.

d'électricité. Les moyens proposés par les opérateurs doivent permettre aux fournisseurs d'électricité de couvrir en permanence les consommations de leurs clients à partir de 2017, y compris en cas de pointe de froid décennal, par exemple. En organisant un marché des capacités disponibles entre les acteurs, c'est-à-dire en donnant une valeur aux outils installés et à leur maintien en capacité de produire ou de s'effacer, ce mécanisme a pour objet de responsabiliser les acteurs économiques du système électrique quant à la sûreté de l'ensemble de l'édifice, mais seulement à l'échelle de la France métropolitaine. Il fait partie des correctifs de marché, apportés pour améliorer son efficacité.

Ainsi, la transformation des systèmes électriques du point de vue de la localisation et du couple capacité/temps de mise à disposition des moyens de production ou d'effacement des puits de consommation se pose, là où le marché laissait espérer une adaptation naturelle de ses facteurs de production intrinsèques. À nouveau, la question du soutien – quel qu'en soit le moyen – au maintien ou au développement est cruciale pour garantir la sécurité des systèmes. Sous un angle de vue temporel, c'est bien la question de la trajectoire entre le court terme – symbole de nos sociétés capitalistes modernes – et le long terme – gage de notre capacité de projection dans l'avenir – que ces transitions doivent parvenir à parcourir.

Sans coordination globale, sans stratégie européenne, le marché a ouvert le système, déséquilibré les positions anciennes, ouvert la porte à certaines innovations et permis certaines prises de risques. Deux types d'acteurs – les gestionnaires techniques des systèmes électriques et les gestionnaires techniques des marchés financiers – sont aujourd'hui en charge des réconciliations physiques, économiques et temporelles. Ils en sont également les limites techniques.

## **Le développement des interconnexions renouvelé par le marché**

Les capacités d'interconnexions entre les Etats, entre les marchés, sont les limites physiques actuelles du marché européen, comme elles l'ont été pour le marché américain<sup>100</sup>, car vécues dans les années 70 comme « le véritable goulet d'étranglement de l'industrie, le lieu de contrôle effectif du marché par les monopoles propriétaires des lignes ». Ce n'est d'ailleurs pas pour rien que l'Europe tente de pallier à cet état de fait à l'aide d'orientations institutionnelles, d'ouverture à des financements pour la concrétisation des projets mais aussi en termes de R&D technique et sociologique. Dès 2008, les goulets d'étranglement que sont les lignes transfrontalières ont fait l'objet de beaucoup d'attention. Des Plans d'interconnexion prioritaires sont élaborés (2008), un livre vert<sup>101</sup> publié en 2009, des orientations pour les infrastructures énergétiques transeuropéennes officialisées en 2013. Deux-cent-quarante-huit projets d'intérêt commun sont alors identifiés, afin de les faire bénéficier de procédures administratives accélérées et de soutien financier. L'Europe intervient ainsi en substitution des traditionnels accords bilatéraux d'État à État ou d'entreprise à entreprise ayant permis les interconnexions jusqu'à présent. À l'instar de la médiation assurée par Mario Monti quant à l'acceptabilité sociétale sur le projet porté par la Joint venture RTE-REE (Inelfe) sur la dernière interconnexion entre la France et l'Espagne inaugurée en 2015, et à contre-pied des difficultés parfois rencontrées par les États membres pour endosser de nouveaux projets d'infrastructures mal perçues par leurs populations, l'Europe tente de permettre la réalisation de nouvelles infrastructures de transport.

Pour cela, deux domaines voient leurs limites « psychologiques » repoussées. En apportant des sources de financement importantes (de l'ordre de 6 milliards d'euros d'ici à 2020 au seul titre du mécanisme pour l'interconnexion pour l'Europe par exemple), les industriels et les ingénieurs voient l'échelle de faisabilité technique profondément remise en cause. Là où des enjeux nationaux et des habitudes techniques justifiaient des projets

---

<sup>100</sup> Jean-Paul Simon, *La libéralisation des réseaux d'électricité aux Etats-Unis*, Réseaux, 1989, volume 7/35, p. 89.

<sup>101</sup> Union européenne, *Vers un réseau d'énergie européen, sûr, durable et compétitif*, 09/04/2009, [www.eur-lex.europa.eu](http://www.eur-lex.europa.eu)

classiques en technique terrestre aérienne d'un coût de « quelques » centaines de millions d'euros, des impératifs européens et des enjeux plus structurants, associés à des moyens de financement plus ambitieux (subventions, prêts spécifiques, aides aux financements), ouvrent la porte à des innovations majeures. Ainsi, la liaison à courant continu souterraine entre la France et l'Espagne inaugurée cette année a été le vecteur de l'élaboration d'un programme d'accélération d'investissements européens majeurs dans un cadre de crise économique et de recherche de relance structurelle. Des tabous sont tombés, et les projets innovants et motivants pour des ingénieurs sont devenus visibles, tant en R&D sous la forme de programmes européens déjà évoqués, que de manière opérationnelle (liaison à courant continu sous-marine, plateforme de conversion électrique offshore, réseaux connectés marins, etc). Des programmes communs sont élaborés, d'abord par juxtaposition de projets nationaux, puis par élaboration de méthodes communes d'évaluation des paramètres caractéristiques (de type « bénéfiques comparés aux coûts »), afin de tendre vers l'élaboration de schémas d'infrastructures de dimension « européenne », qu'on les appelle « autoroutes électriques » ou encore réseau de transport transeuropéen.

L'Europe des réseaux électriques est en marche, le marché aussi. L'uniformisation des méthodes devrait niveler les difficultés techniques et fournir un certificat de « neutralité » aux électrons bientôt totalement échangeables. La question de la sécurité d'approvisionnement et du bénéfice économique pour les consommateurs européens est-elle pour autant tranchée ? Ces transformations de l'amont de la chaîne ont un coût en capital, en formation, en transformation des organisations très conséquent. Les transformations en aval de la chaîne en sont encore aux balbutiements, que l'on parle d'opérateurs d'effacement, d'efficacité énergétique ou de smartgrids. Ces évolutions en termes de matériels, de modèles d'affaires, de relocalisation des échelles d'optimisation ont également un coût, tant pour les acteurs en place que pour les nouveaux entrants. Ces coûts ne se justifieront qu'en maintenant un niveau relativement élevé des services rendus, payés par les consommateurs. Par ailleurs, ces coûts sont actuellement régulés sur des mailles nationales, ce qui interroge davantage la vitesse

d'intégration d'un système européen. Comme l'illustrent Marc Glita et Aurélien Gay<sup>102</sup>, la question de la rémunération des actifs nationaux induits par des décisions européennes ou étrangères devient de plus en plus visible : il ne s'agit pas uniquement de trouver des mécanismes de compensation de flux entre gestionnaires frontaliers, mais également de repenser la régulation des actifs actuels et à venir, afin que chaque consommateur paie un juste prix. Cela amène la question de la base d'actifs à réguler, de la force d'un régulateur européen à venir, de la pérennité de systèmes de péréquation territoriale ainsi qu'en termes de segment de clientèle adressée. Bref, le modèle du monopole naturel va devoir évoluer sous peine de se voir ébranler par l'arrivée d'opérateurs privés de commodités sur certaines niches très lucratives, ou d'entrée au tour de table de gestionnaires de réseaux d'investisseurs plus spéculatifs, au gré des besoins de financement des industriels ou États actuellement actionnaires. La question des actionnariats des gestionnaires de réseau régulés est une question à venir qui verra profondément s'opposer les visions manichéennes de nos sociétés : actionnariat de profitabilité contre actionnariat de stabilité, rien n'est joué.

Les réseaux n'ont pas fini d'offrir un service d'optimisation à ces acteurs, à condition de continuer à percevoir une rémunération pertinente des services rendus aux collectifs. Leur position très particulière dans ce marché très régulé est à la fois leur plus grande force depuis longtemps, mais aussi leur talon d'Achille : comment l'Europe pourra-t-elle résister aux assauts d'acteurs économiques prêts à réaliser des liaisons privées coûteuses *et* très rentables, au détriment d'un service public du transport qui pourrait se voir reléguer naturellement aux missions les plus ingrates ? En 2013, RTE annonçait un chiffre d'affaires associé au fonctionnement de ses interconnexions de 369 millions d'euros<sup>103</sup>, soit 7,8 % de son chiffre d'affaires global, en marché réglementé. C'est là toute l'ambiguïté de leur essor extraordinaire depuis dix ans, monopoles « naturels » en marché « régulé ». Il faudra rapidement appréhender dans leur globalité les effets induits par la mission ambitieuse qu'à conférée l'Europe aux systèmes électriques : tenter de mettre en place un cadre réglementaire

---

<sup>102</sup> Marc Glita et Aurélien Gay, *Quelle politique européenne pour les réseaux électriques ?*, Annales des Mines – Responsabilité et environnement, 2013/1 n°69, p. 85-91.

<sup>103</sup> RTE, *rapport de gestion des comptes consolidés 2013*, Annexe, note 7 – Chiffre d'affaires.

socialement acceptable et à même d'attirer les investisseurs sur toute la nouvelle chaîne de valeur serait cohérent avec la volonté d'innovation et de leadership. National, ou européen.

## **Conclusion**

En un demi-siècle, les finalités des connexions reliant sources de production et puits de consommation ont donc profondément évolué. Elles sont passées d'un besoin local à une dimension nationale (grands réseaux maillés nationaux, la plupart du temps intégrés verticalement dans le secteur d'activité électrique, tel EDF en France), pour atteindre une dimension de fonctionnalité transnationale au sein de l'Europe. En insistant sur les renforcements des liens physiques, techniques et financiers entre systèmes économiques de plaques régionales sous européennes, en « détricotant » les entreprises intégrées qui ont permis la construction des réseaux maillés nationaux, l'Europe se fait l'outil d'une nouvelle complexification des systèmes électriques, dans la perspective politique d'une autonomie énergétique plus globale, d'une efficience plus marquée renforçant la compétitivité globale européenne au profit des marchés, tant en économie réelle que financière. Sans mécanisme de bouclage sur les thèmes qui lui sont chers, permettant l'internalisation économique de l'enjeu climatique par exemple, elle reste en quête des moyens d'assumer une responsabilité et un leadership plus large quant à la durabilité des conditions de vie de ses concitoyens.

L'Europe en tant qu'institution achève ainsi un grand mouvement d'encerclement de ces États membres et de captation d'un thème qui ne faisait pas partie de ses prérogatives : la stratégie énergétique. En un temps relativement court (20 ans), une dynamique institutionnelle a réussi à s'approprier un sujet parfaitement régalien, à le faire sien, et à imposer sa vision – même si des résistances demeurent – à des États membres souverains en usant des règles de droit et de fonctionnement qu'eux-mêmes lui avaient donné.

Les acteurs économiques, souvent historiquement opérateurs nationaux sous la houlette de leur État d'appartenance et au service de celui-ci, ont dû s'adapter. Leurs stratégies ne sont encore ni cohérentes ni explicites, mais les grandes manœuvres de consolidation ou de

réorganisation du secteur ne pourront voir le jour que lorsqu'un certain « dépassement » de l'État nation sera possible, qu'un fédéralisme aura émergé, ou qu'une troisième voie intermédiaire permettra à chacun de coexister et de pousser ses atouts sans mettre en péril l'édifice commun.

Cette dynamique de transformation des États et des économies nationales via une action technocratique, dépassionnée et inéluctable ne laisse pas d'être, d'un certain point de vue, admirable, même si elle pose, et de manière aiguë, la question du pilotage politique de l'institution, et de sa capacité à porter une vision de plaque européenne sur la scène internationale, tout en permettant à ces membres d'en tirer des bénéfices.

Les chemins à paver devront apporter des bénéfices indispensables aux membres de l'Europe selon deux dimensions présentant des logiques différentes :

- des bénéfices directs intra communautaires, qui aujourd'hui encore sont contrastés selon que l'on aborde la question sous l'angle sectoriel (le secteur de l'électricité) ou global (performance des économies nationales sous-tendues par la performance énergétique) ;
- des bénéfices indirects à travers une amélioration de leur compétitivité en termes de coûts énergétiques sur l'espace extracommunautaire au sein de la compétition mondiale.

Supports de ces efforts depuis quarante ans, les réseaux de transport d'électricité ont toujours été en mutation. Ouvrages physiques voyants, ils rendent de plus en plus de services invisibles. De ce point de vue, ils sont globalement en phase avec l'évolution de la notion de progrès au sein de nos sociétés occidentales développées qui ne supportent aucun nouvel impact industriel. Dans nos mondes confortables, où le niveau de satisfaction global ressenti rend sensible à des aspects relevant de l'esthétique et de la perception, peut-être devront-ils assurer leur pérennité en se fondant dans les paysages, tant par mimétisme (transformation en support de trame verte, de réserves de biodiversité, hébergeur de services éco systémiques variés) que par effacement (restructuration de réseau amenant à la disparition de tronçons, développement de réseaux souterrains).

Mais ils vont continuer à s'étendre, quitte à s'enfourir, s'ensouiller, s'immerger, prétextant la sécurité et l'optimisation globale pour finalement garantir leur caractère incontournable. Leur durabilité physique leur permet de grands espoirs stratégiques. Leur gouvernance même est ébranlée. Ils sont en train de muer d'un statut cautionné par la contrainte technique vers une position d'acteurs économiques majeurs. Sous couvert de services publics nationaux, puis européens, ils construisent leur pérennité économique en vue de devenir des entreprises très profitables à l'avenir pour leurs actionnaires. Leurs actifs étant par nature capitalistiques mais à durée de vie beaucoup plus longue que leurs durées d'amortissement, leur rente est sans doute à venir. Ses outils au service de la planification du développement des Nations continuent ainsi leur mutation « entrepreneuriale » afin de préserver leur cœur de métier et de faire durer leur activité.

Dans les enjeux autour de la propriété des liaisons d'interconnexion, la question soulevée sera celle de la captation de la richesse : délibérément orientée vers la rémunération de la prise de risque d'investisseurs privés ou captée par des opérateurs plus lourds sous tutelle politique (européenne ou nationale) via un régulateur, à des fins de redistribution.

Quant à leurs missions, leur gouvernance demeure imprécise : le régulateur ne peut exercer que le mandat que lui a confié le politique, et ce mandat est aujourd'hui souvent réduit aux seuls champs de l'approbation des développements et aux validations tarifaires. En ce sens, et du point de vue de l'idée de gouvernance proposée par Weinstock en 2012, on peut considérer que c'est un cas d'école :

- aux forces politiques et économiques la main sur les énergéticiens,
- aux gestionnaires de réseaux de transports la gouvernance des moyens d'assurer nos transitions énergétiques vers un monde peu émetteur de CO<sup>2</sup>, efficace en termes de consommation énergétique, et durable.

Mais peut-on laisser ces acteurs régler seuls les incohérences politiques et le manque de fédéralisme européen ? Si chaque pays ne peut évoluer seul, et si tous ne peuvent trouver d'accord commun en termes de politique énergétique européenne, ne faut-il pas inventer des modèles de concertation accrue en amont ? Ces modèles pourraient a minima assurer que les développements à concéder ne sont pas uniquement curatifs, mais que les externalités

extranationales sont acceptables par les partenaires européens touchés. Ils pourraient prendre la forme de « revues par les pairs », aborder les sujets sous des angles plus techniques que politiques, recueillir des avis plutôt que des veto ... Un objectif intermédiaire de cette nature permettrait de ne pas perdre de temps, d'emprunter des chemins de moindre regret, et, pourquoi pas, de préparer des voies de consensus à l'avenir.

Ainsi, le changement de paradigme en cours sur « l'Europe de l'énergie » ne saurait être négligé. Nous assistons en effet « en direct » depuis quelques années au spectacle de nombreuses forces vives à l'œuvre pour dessiner une Europe de l'énergie dont les frontières, la gouvernance et les enjeux sont très politiques, mais dont les réseaux sont déjà les têtes de ponts offensives sur le terrain. Ces réseaux, dans leur acceptation technique, n'ont-ils donc pas de fin ? Peuvent-ils continuer à étendre leurs interconnexions sans frein ? Les projets de champs éoliens offshore en mer du Nord et de réseau Medgrid au sud de la Méditerranée posent la question de cette réduction absolue de notre planète, et de la captation – ou du partage – de ses ressources essentielles à nos modes de vie actuels. Les réseaux sont en train de devenir les éléments structurants de nos sociétés. Qu'ils soient électriques ou sociaux, ils réinventent leur capacité à être les catalyseurs de nos activités. L'une des questions fondamentales qui se posent est à nouveau celle de leur finalité : outils de l'intérêt général, objets de profit en vertu d'un bon fonctionnement de marché, vecteurs d'influence sur les utilisateurs ? Leurs convergences esquissent les trames de nos Sociétés à venir, et on peut espérer que ce débat n'est pas tranché.

« Les réseaux électriques ne cessent de s'interconnecter les uns aux autres, dans un mouvement sans fin, qui a commencé avec l'électricité industrielle et qui ne s'arrêtera peut-être que lorsque la planète entière sera « interconnectée »<sup>104</sup>.

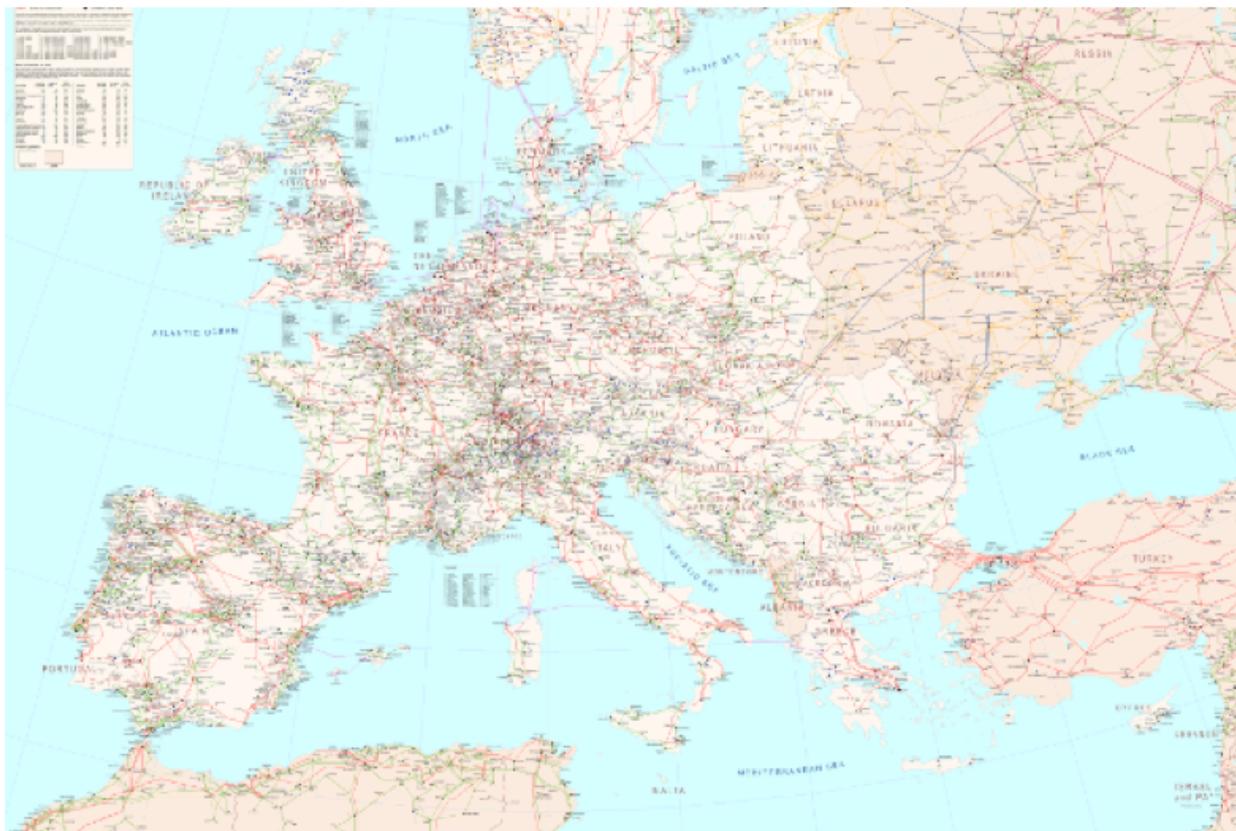


Figure 23 : Réseau électrique interconnecté de ENTSO-E, 2013

---

<sup>104</sup> Persoz, *op. cit.* p. 783.

# **Bibliographie**

## **Sources sectorielles**

RTE (Réseau de transport d'électricité français) : [www.rte-france.com](http://www.rte-france.com)

CRE (Commission de régulation de l'électricité en France) : [www.cre.fr](http://www.cre.fr)

ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) :  
[www.entsoe.eu](http://www.entsoe.eu)

*Bulletin d'histoire de l'électricité* (Association pour l'histoire de l'électricité en France, créée en 1982), devenu *Annales historiques de l'électricité* (comité de l'histoire de l'électricité en 2001), soutenues par EDF. Depuis 2013, comité d'histoire de l'électricité et de l'énergie, soutenu par le pôle mécénat de la direction des relations institutionnelles d'EDF.

## **Publications institutionnelles**

### **Internationales**

Nations Unies, Commission économique pour l'Europe, *Perspectives à long terme de l'industrie de l'énergie électrique en France, 1970-1985*, 1974, 105 p.,

Communautés européennes, *Étude du marché européen des centrales nucléaires industrielles pour la production mixte de vapeur et d'électricité : synthèse*, Luxembourg, Communautés européennes, 1975, 77 p.

Bernard bourgeois en collaboration avec Nicola Merzagora, *Impacts régionaux (EUR 10) des deux chocs pétroliers : les liaisons entre politiques énergétiques et politiques de développement régional*, rapport de recherche présenté à la direction générale de la politique régionale de la commission des communautés européennes. , 1987, 182 p.

Commission européenne, Direction générale de l'énergie et des transports, *Pour une politique énergétique de l'Union européenne*, Livre vert, 1995

Commission européenne, Direction générale de l'énergie et des transports, *Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique*, Livre vert, 2000

Commission européenne, Direction générale de l'énergie et des transports, *Infrastructures énergétiques européennes : désengorger et compléter les réseaux*, 2002, 114 p.

Commission européenne, Direction générale de l'énergie et des transports, *Interconnecter l'Europe : nouvelles perspectives pour les réseaux transeuropéens de l'énergie*, 2008, 31 p.

### Françaises

Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire, *Rapport présenté par la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire sur le choix du programme de centrales nucléaires nucléo-électriques pour le VIème plan*, Paris, ministère du Développement Industriel et Scientifique, 1970, 24 p.

Mandil C., Maillard D. et Pery J.-P., *La réforme de l'organisation électrique et gazière en France*, Paris, Rapport du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, 1993, 53 p.

Mandil C., Bressand A., Van der Linde C., Luciani G., McNaughton J, Mulder M., *Une nouvelle politique européenne de l'énergie ? Constats et propositions*, Paris, Synopia, 2014.

Oudin J., *Rapport d'information sur le marché intérieur de l'électricité et du gaz naturel*. Variante du titre : *Électricité et gaz, pour un marché intérieur respectueux du service public*, Paris, Sénat, 1994, 54 p. Coll. : Les rapports du Sénat.

Revol H., *Rapport d'information sur le marché intérieur de l'électricité et du gaz naturel et ses conséquences pour la France. Marché intérieur de l'électricité et du gaz naturel, quelle politique pour la France ?* Paris, Sénat, 1994, 64 p. Coll. : Les rapports du Sénat

Commissariat Général au Plan, *Rapport sur l'énergie 2010-2020. Les chemins d'une croissance sobre*, Commissariat Général au Plan, Paris, La Documentation française, 1998, 500 p.

Commissariat Général au Plan, *La maîtrise de l'énergie. Rapport d'évaluation*, Paris, La Documentation française, 1998, 472 p.

Commission d'enquête sur le coût réel de l'électricité, *Audition de M. Jean-François CONILLACOSTE, directeur général de Powernext et de EPEX SPOT*, Sénat, 9 mai 2012.

## **Livres**

André R. et Ravel J., *Transport d'énergie et télécommunications : 40 ans d'histoire d'un grand service d'EDF*, Paris, Collection "ELEC", AHEF, 1991, 471 p,

Asselain Jean-Charles, *Histoire économique de la France, du XVIIIe siècle à nos jours, tome 2 Depuis 1918*, Histoire, Points, 1984, 2011, 274 p.

Beltran A. et Couvreur J.-P., *Électricité de France. 50 ans d'histoire(s) à l'International*, Paris, Le Cherche-Midi, 1996.

Bouneau Christophe, Yves Bouvier, Sophie Coeuré et Pierre Lanthier, *L'électricité en réseaux (Networks of Power)*, Presses universitaires de France et Vicoitres éditions, juin 2004, 188 p.

Bouneau Christophe, Denis Varaschin, Léonard Laborie, *Les paysages de l'électricité : perspectives historiques et enjeux contemporains (XIXe-XXIe siècles)*, Bruxelles ; Bern ; Berlin etc. : P.I.E.-P. Lang cop. 2012

Bouneau Christophe, Michel DERDEVET, Jacques PERCEBOIS, *Les réseaux électriques, au cœur de la civilisation industrielle*, Timée Editions, 2007, 174 p.

Chevalier Jean-Marie, Philippe Barbet, Laurent Benzoni, *Économie de l'énergie*, collection Amphithéâtre, Dalloz, 1986, 363 p.

Chevalier Jean-Marie, sous la direction de, *Les nouveaux défis de l'énergie : climat, économie, géopolitique*, Economica, 2009, 299 p.

Croguennoc Alain et Bernard DALLE, sous la direction de, *Evolutions du réseau de transport d'électricité, vecteur de développement durable*, hermès science, Lavoisier, 2011, 416 p. (monographie d'entreprise, RTE)

De Carmoy Guy, *Le dossier européen de l'énergie: les marches, les industries, les politiques*, collection insead- management, 1971, 192 p.

Hughes Thomas Parke, *Networks of Power, Electrification in Western Society, 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, 1983, 474 p.

Le Maux Florence, *La Commission programmes de transport de 1968 à 1983*, Bulletin d'histoire de l'électricité, 26, décembre 1995, 151 p. non disponible en bibliothèque

Legendijk Vincent, *Electrifying Europe: The power of Europe in the construction of electricity networks*, Amsterdam, Aksant Academic Publishers, 2008, 246 p.

Lasne Luc, *Electrotechnique*, Paris, Dunod, 2008.

Lepage Henri, Boucher Michel, *La libéralisation des marchés de l'électricité*, Institut économique de Montréal, Ed. Saint-Martin, 2001, 328 p.

Morsel H. sous la direction de, *Histoire générale de l'électricité en France sous la direction de François Caron et de Fabienne Cardot* ; publiée par l'Association pour l'histoire de l'électricité en France. Paris : Fayard c1991- Tome 3 – 1947-1987,

Nogaret E. et H. Persoz, *Le développement des interconnexions électriques autour du bassin méditerranéen*, Revue de l'énergie, août-septembre 1992.

Persoz Henri, *40 ans d'interconnexion internationale en Europe. Le rôle de l'UNIPÉDE*, dans *Électricité et électrification dans le monde*. Paris, Association pour l'histoire de l'électricité en France, 1992, p. 293-303.

Puiseux Louis, *L'énergie et le désarroi post-industriel. La prévision de consommation d'électricité* (dossier méthodologique, complément du livre paru sous le titre « l'énergie et le désarroi post-industriel : essai sur la croissance énergétique), 1974, 185 p, Paris, Hachette, coll. Futuribles

Romerio F., *Énergie, économie, environnement. Le cas du secteur de l'électricité en Europe : entre passé, présent et futur*, Genève-Paris, Librairie Droz, 1994.

Wuart P. et J. Barbey, *Le réseau de transport d'énergie électrique, un héritage bien géré, un élément essentiel de l'interconnexion européenne*, Revue française de l'énergie, mars-avril 1971.

## **Articles**

Barrère Julien et Bouvier Yves, « L'Europe des électriciens », *Entreprises et histoire*, 2003/2 n° 33, p. 112-114. DOI : 10.3917/eh.033.0112

Barjot Dominique, « Public utilities and private initiative: The French concession model in historical perspective », Department of History, Paris-Sorbonne (Paris IV) University ,Paris, France. Published online: 25 Aug 2011.

Bouneau Christophe, « Le réseau électrique : de la mystique de l'interconnexion aux stratégies de communication », 2008, *Hermes* 50

Boyer Marcel, Michel Moreaux, Michel Truchon, « Partage des coûts et tarification des infrastructures : enjeux, problématiques et pertinence », rapports bourgogne, novembre 2002, 37 p.

Clozier R., « Le réseau électrique français », *Annales de Géographie*, 1934, t. 43, n°242. pp. 113-125.

Depoux Denis, « Need something west of Germany ? France is ready for power trading, an analysis on the récent development of the french power market and its perspectives », septembre 2001, Power economics.

Glita Marc et Gay Aurélien, « Quelle politique européenne pour les réseaux électriques ? », *Annales des Mines – Responsabilité et environnement*, 2013/1 n° 69, p. 85-91

Greenwood Dan, « Facing Complexity : Democracy, Expertise and the Discovery procès », University of Westminster, Political Studies, 2010, vol. 58, 769-788

Legendijk Vincent, « An experience forgotten today : examining two rounds of European electricity liberalization », *History and Technology*, 2011, 27:3, 291-310

Legendijk Vincent, « To consolidate peace ? The international Electro-Technical Community and the Grid for the United States of Europe », *Journal of contemporary history*, 2012, vol. 47, pp 402-426

Leboulanger Christine et Perdrieu-Maudiere Françoise, « Les partenariats stratégiques au service d'un nouveau paradigme énergétique : le cas des réseaux électriques intelligents », *Entreprendre & Innover*, 2013/2 n°18, p. 41-49

Lesgards Valérie, « Grappes d'innovations sur les réseaux électriques et les concessions des collectivités locales (eau, déchets). Une lecture scumpeterienne du smart grid », *Innovations*, 2011/1 n°34, p. 57-76

Nies Susanne, « L'énergie, facteur d'intégration et de désintégration en Europe : Bilan du quart de siècle depuis la chute du mur de Berlin », *Hérodote* 4/ 2014 (n° 155), p. 58-79

Pickard, William F., « Where renewable electricity is concerned, how costly is « too costly » ? », *Washington university, Energy Policy*, 2012, 49, 346-354

Rebours Y., M. Trottignon, V. Lavier, T. Derbanne, F. Meslier, « How much electric interconnection capacities are needed within Western Europe ? », *Energy market*, june 2010, pp 1-6

Simon Jean-Paul, « La libéralisation des réseaux électriques aux Etats-Unis », *Réseaux*, 1989, volume 7 n°35, pp. 71-99

## **Mémoires et Thèses**

BOUNAR Ahmed, *Les retombées du programme électronucléaire français sur l'industrie nationale*, Paris I-Sorbonne, Thèse 3<sup>e</sup> cycle économie d'entreprises et de branches, 1980, 348 p. *Cujas DX/908*.

BOUNEAU Christophe, *L'électrification du grand Sud-Ouest de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle à 1946 : genèse et croissance d'un complexe énergétique*, sous la direction de François Caron, Université de Paris IV- Sorbonne, janvier 1995, 6 volumes, 2120 p.

CAVALCANTI LAGES DE FARIA Beatriz Mari, *La fourniture transfrontalière d'électricité*, Dijon, Thèse de droit privé, sous la direction de Philippe Khan, 1988, 324 p. *Microfichée*.

GRUNDMAN Cécile, *Stratégie de développement international d'Électricité de France (1960-1994)*, Paris IV-Sorbonne, Mémoire de maîtrise, sous la direction de François Caron, 1994, 105 p. *EDF Archives - Fondation EDF*.

VIGUIE Renan, *Histoire des échanges électriques entre la France et l'Espagne de l'Entre-deux-guerres à nos jours*, Master 2, sous la direction de Christophe Bouneau, Université Michel Montaigne- Bordeaux 3, juin 2007, 502 p

# Annexe 1 : Electricité, sciences et techniques de l'industrie

## depuis 1968

Les sélections en GRAS sont  
personnelles

Date	Électricité en France	Électricité dans le monde	Sciences, techniques et industrie
1969	<b>Le gouvernement décide d'engager (Sixième Plan) un programme de centrales nucléaires à uranium enrichi</b> (abandon de la filière uranium-graphite-gaz).	Création en Allemagne de Kraftwerk Union (KWU) regroupant les activités de Siemens et de l'AEG pour la réalisation des centrales à eau pressurisée et bouillante.	Armstrong et Aldwin marchent sur la lune, vus par 600 millions de téléspectateurs en Mondovision. ARPAnet, réseau à commutation de paquets qui constituera la base d'Internet, voit le jour sous l'égide du département américain de la Défense. Le Britannique Edwards réussit la première fécondation <i>in vitro</i> . Premier vol du Concorde.
1970	Contrat de programme entre l'État et EDF. EDF s'intéresse plus particulièrement au véhicule électrique. Création de l'Union des Entreprises Électriques Régionales, un holding qui regroupe, MJB, Garczynski et Traploir et Fournié et Grosnaud.	Inauguration du barrage d'Assouan.	Synthèse artificielle d'un gène par l'Indien Khorana. Premiers automates programmables industriels. Premiers essais d'une navette spatiale aux États-Unis.
1971	EDF lance une <b>vaste campagne publicitaire en faveur du chauffage électrique</b> . Fusion de CGEE Alsthom-SGE.	Le MITI (Ministère du commerce extérieur et de l'industrie japonais) s'intéresse à la voiture électrique, sans suite.	Commercialisation du premier microprocesseur par Intel. Premier ordinateur sur une puce (Texas Instrument).
1972	Lancement de Superphénix. Fusion de la Société française d'électricité et de la Société française des électroniciens et radioélectriciens, pour former la SEE.		Publication du rapport du Club de Rome sur les limites de la croissance. Premières fibres optiques, réalisées par la firme américaine Corning Glassworks. Présentation par la société néerlandaise Philips du premier vidéodisque.
1973	Déclassement de la première tranche A1 de la centrale nucléaire de Chinon. Quatre-vingts Renault 4L électriques sont mises en services dans les flottes EDF.	<b>Premier choc pétrolier.</b>	Après les États-Unis, le Canada lance son premier satellite de télécommunications : ANIK. Invention du scanner.
1974	Le gouvernement Messmer donne un essor décisif au programme de centrales nucléaires.		Invention de la carte à mémoire par le Français Roland Moreno. Premières calculatrices électroniques programmables. Première version du langage informatique Basic. V. Cerf et R. Khan publient le protocole TCP (acte de naissance d'Internet).

Date	Électricité en France	Électricité dans le monde	Sciences, techniques et industrie
1975	EDF choisit la filière à eau pressurisée et uranium enrichi, proposée par Schneider sous licence Westinghouse. EDF abandonne son programme de véhicule électrique, mais conserve une mission de veille technologique sur les batteries. Plan Architecture d'EDF sous la direction de C. Parent, architecte.	Effondrement d'un barrage en Chine (20 000 morts).	Découverte par le Français Maudslayi d'un vaccin contre l'hépatite B. Premières liaisons expérimentales de télécommunications utilisant des fibres optiques aux États-Unis. Premiers vols réguliers du Concorde. Sakharov, prix Nobel de la paix. Lancement des premiers magnétoscopes grand public par les Japonais Sony et JVC : le Betamax et le VHS. Premier traitement de texte.
1976	Mise en service de la grande centrale hydraulique de pompage du Revin.		
1977	Ouverture du chantier de la centrale de Fessenheim 1, la première à utiliser la filière à eau pressurisée et uranium enrichi : première de la série 900 MW. Violente manifestation sur le site de Creys-Malville contre la construction d'une centrale à sur-générateur.	Panne d'électricité : New York est plongé dans le noir.	Mise en service au CERN du supersynchrotron à protons (SPS) de 400 GeV. Lancement de l'Apple II et création de la firme Apple Computers. Mise au point aux États-Unis de la bombe à neutrons.
1978	<b>Panne d'électricité nationale.</b>	Création de l'Association européenne des véhicules électriques routiers (AVERE).	Premières photocomposeuses à laser. Louise, premier "bébé-éprouvette" (Angleterre). Lancement par Philips et Grundig du format de magnétoscope V2000. Intel lance le microprocesseur 16 bits, le 8086.
1979		Alerte dans une centrale nucléaire à Three Mile Island aux États-Unis. <b>Second choc pétrolier.</b> Effondrement d'un barrage en Inde (30 000 morts).	Présentation du premier Compact Disc par Philips. Sony invente le Walkman. Premier tir de la fusée européenne Ariane à Kourou. Premières expériences de visioconférence. Premiers Publiphones à cartes.
1980	Achèvement de l'aménagement du Bas-Rhône (12 barrages). Centrale éolienne d'Ouessant.		IBM lance le PC (Personal Computer).

Date	Électricité en France	Électricité dans le monde	Sciences, techniques et industrie
1981	Arrêt du projet de centrale nucléaire à Plogoff à la suite des contestations locales.		Premier voyage de la navette spatiale "Columbia". Microsoft, jeune entreprise informatique américaine, lance le MS-DOS. Des chercheurs britanniques parviennent à décoder le patrimoine génétique complet. Le TGV bat le record du monde de vitesse sur rail.
1982	Mise en service à Val-Thorens du plus grand téléphérique électrique du monde. Nationalisation de la CGE. <b>Prise de contrôle par Alstom de la Compagnie Électro-Mécanique.</b>	Mise en service du barrage d'Itaipu.	Le MITI (Japon) lance une vaste recherche sur les ordinateurs de "5 <sup>e</sup> génération".
1983	Disparition du Salon des arts ménagers. Exposition "Électra".		Le Français Montagnier isole le virus du SIDA. Premiers caméscopes pour le grand public.
1984	Contrat de plan 1984-1988 entre l'État et EDF. Le holding UEER prend le nom de GTIE.		Micro-ordinateurs QL (Sinclair) et Macintosh (Apple). Première réparation dans l'espace d'un satellite artificiel. Grundig et Philips adoptent le système VHS pour leurs magnétoscopes. Lancement aux États-Unis des premiers réseaux de "radiocommunications cellulaires". Démantèlement aux États-Unis du Bell system d'AT&T. <b>Début de la déréglementation mondiale dans les télécommunications.</b>
1985	Mise en service des deux premières tranches de la centrale nucléaire de Paluel : première de la série 1 300 MW. EDF compte 25 millions de clients. Le réacteur de Superphénix diverge le 7 septembre.		Premier survol d'une comète par la sonde américaine ICE.
1986	Le 9 juillet, naissance de la Fédélec (Fédération nationale des professionnels indépendants de l'électricité) par le mariage de la FNAE avec la Fenaspretim.	Catastrophe nucléaire de Tchernobyl. <b>Interconnexion France-Angleterre de 2 000 MW.</b> Acte unique européen.	Le Britannique Willedson annonce qu'il a réussi le clonage de la brebis. Premiers robots lasers. Survol de la planète Uranus par la sonde américaine Voyager 2. Survol de la comète de Halley par cinq sondes.

Date	Électricité en France	Électricité dans le monde	Sciences, techniques et industrie
1987	Privatisation du Groupe CGE. Arrêt de Superphénix le 26 mai.		Le Français Baulieu annonce la découverte de la pilule abortive, commercialisée en 1988 par les laboratoires Roussel-Uclaf.
1988			Deux cosmonautes soviétiques battent le record de durée d'un vol humain dans l'espace (366 jours).
1989	CGEE Alstom prend le nom de CEGELEC. Le gouvernement Rocard lance un investissement quinquennal pour le développement du véhicule électrique. Redémarrage de Superphénix le 12 janvier.	L'URSS relie l'Oural et la Silésie par une ligne THT de 1 150 000 volts.	<b>Commercialisation par Intel du premier microprocesseur comportant plus d'un million de composants élémentaires.</b> Survol de la planète Neptune et de son principal satellite, Triton, par Voyager 2.
1990	<b>Le Conseil national de l'équipement français (CNEE) est créé par les quatre organismes représentatifs des installateurs français : Serce, Unaeec, Fédélec et Cnee). Il succède au Comité de coordination de l'équipement électrique (Cocel) fondé en 1974.</b>		Réalisation de la première jonction du tunnel sous la Manche. <b>Reconnaissance du rôle des gaz à effet de serre dans l'élévation de la température moyenne de la terre.</b> Tim Berns Lee du CERN programme le premier navigateur : naissance du "web". Mise en orbite du télescope spatial Hubble.
1991	Renault présente l'Elektro-Clio au Salon de l'automobile de Francfort.		Commercialisation par Philips, aux États-Unis, du compact disque interactif (CDI).
1992			Commercialisation par Sony du Minidisc et par Philips de la cassette numérique (DCC). Première carte d'un chromosome humain entier : le chromosome 21. <b>Conférence des Nations unies sur l'environnement à Rio de Janeiro.</b>
1993	Mise en service de la 2 <sup>e</sup> tranche de la centrale nucléaire de Golfech, dernière tranche construite ; <b>les tranches suivantes de Golfech et de Saint-Alban prévues au Plan ne sont pas mises en chantier.</b> La Rochelle ville-test pour le véhicule électrique.	Début des travaux du barrage des "Trois Gorges" en Chine. <b>Entrée en vigueur de l'Acte unique européen.</b>	Lancement par Intel du "Pentium", un microprocesseur renfermant 3,1 millions de transistors. Mise en service du plus grand télescope du monde à Hawaï.

Date	Électricité en France	Électricité dans le monde	Sciences, techniques et industrie
1994			Premier navigateur Internet grand public.
1995	L'État accorde une aide de 5 000 francs à tout acheteur d'un véhicule électrique et EDF une aide complémentaire de 10 000 francs, versée au constructeur ou à l'importateur.		Sony lance sa console de jeux vidéo : PlayStation. Microsoft lance son <i>Windows 95</i> .
1996	<b>Annulation du projet de la ligne THT à travers les Pyrénées.</b> Lancement du projet Éole 2005.	<b>Adoption par le Conseil de l'Europe, le 19 décembre, de la directive européenne "concernant les règles communes pour le marché intérieur européen de l'électricité".</b>	Microsoft lance son <i>Windows NT4</i> .
1997	Centrale éolienne de Dunkerque.		Microsoft lance son <i>Windows 1997</i> . Apparition du DVD. Intel lance son processeur Pentium II.
1998			Microsoft lance son <i>Windows 1998</i> .
1999	<b>Tempêtes de Noël : plus de trois millions de Français privés d'électricité.</b>		Microsoft lance son <i>Windows 2000</i> .
2000	Loi de transposition de la directive européenne de 1996 : fin du monopole d'EDF sur les gros clients. <b>Le RTE ou Réseau de transport d'électricité devient autonome d'EDF.</b>		Sony lance la PlayStation II.

**Guide du chercheur en électricité. Sources :** B. GILLE, sous la direction de, *Histoire des techniques*, Paris, Gallimard, Encyclopédie de la Pléiade, 1978 ; L. LEPRINCE-RINGUET, *L'aventure de l'électricité*, Paris, Flammarion, 1983 ; N. SKROTSKY, *La planète électricité*, Neuilly, Hologramme, 1984. M. SERRES, sous la direction de, *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas, 1989. ; *Inventeurs et scientifiques. Dictionnaire de biographies*, Paris, Larousse, 1994. ; *Histoire de l'électricité en France*, Paris, Fayard, 3 tomes : Tome 1 - 1881-1918, sous la direction de F. CARON et F. CARDOT, 1992 ; Tome 2 - 1919-1946, sous la direction de M. LÉVY-LEBOYER et H. MORSEL, 1994 ; Tome 3 - 1947-1987, sous la direction de H. MORSEL, 1996 ; Le Moniteur, *1900-2000. Un siècle de constructions*, Paris, Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment, 1999, 2 volumes.

## **Annexe 2 : Imports et exports aux frontières métropolitaines françaises depuis 1960<sup>105</sup>**

Périmètre des extractions informatiques considérées :

- échanges physiques sur le réseau de transport (source : RTE) ;
- échanges sur le réseau de distribution, principalement les importations depuis l'Italie sur la Corse, et quelques GWh exportés de France vers la Suisse et l'Espagne ( Annecy et Bayonne) ;
- compensations au titre des droits d'eau : exportations vers la Suisse de la quote-part française (50%) de la production des centrales frontalières reliées au seul réseau suisse et importations depuis la Suisse de la quote-part française (50 %) de l'énergie consommée par les pompages de la centrale frontalière d'Emosson.

---

<sup>105</sup> SOeS du CGDD (Commissariat Général au Développement Durable) du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie français, septembre 2014

Imports d'électricité selon la frontière d'origine											
Unité : GWh											
	Année	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Pays	Origine										
France	Belgium	41	49	108	99	57	31	25	67	96	154
	Germany	33	1	7	201	134	132	288	403	334	100
	Italy	87	108	107	103	522	534	230	420	208	80
	Luxembourg	9	15	15	38	13	0	0	0	0	0
	Spain	391	546	538	1 137	1 689	1 251	2 488	1 596	1 772	2 390
	Switzerland	1 170	1 239	910	1 077	1 032	1 644	1 844	2 106	2 081	1 204
	United Kingdom	0	25	9	129	294	104	34	44	3	2
	Non-specified/Others	56	39	28	38	54	48	34	41	28	28
	<b>Total Imports</b>	<b>1 787</b>	<b>2 022</b>	<b>1 722</b>	<b>2 822</b>	<b>3 795</b>	<b>3 744</b>	<b>4 943</b>	<b>4 677</b>	<b>4 522</b>	<b>3 958</b>
	Année	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Pays	Origine										
France	Belgium	77	138	78	89	1 206	4 044	5 285	5 625	7 202	7 043
	Germany	123	134	141	1 125	2 456	1 868	2 038	2 210	2 502	3 509
	Italy	315	199	234	318	266	414	761	494	1 034	843
	Luxembourg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spain	1 624	2 516	2 093	2 171	1 438	921	550	1 960	2 355	2 537
	Switzerland	2 230	1 167	411	911	879	1 460	1 018	2 364	2 623	2 477
	United Kingdom	6	1	5	22	120	43	114	0	83	3
	Non-specified/Others	45	31	43	18	29	31	19	31	15	19
	<b>Total Imports</b>	<b>4 420</b>	<b>4 186</b>	<b>3 005</b>	<b>4 654</b>	<b>6 394</b>	<b>8 781</b>	<b>9 785</b>	<b>12 684</b>	<b>15 814</b>	<b>16 431</b>
	Année	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Pays	Origine										
France	Belgium	7 810	4 197	3 194	2 369	2 095	1 779	2 673	4 862	4 200	3 306
	Germany	3 741	3 181	2 352	1 620	1 885	1 655	2 566	1 297	838	1 512
	Italy	736	951	945	498	123	138	181	380	231	199
	Luxembourg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spain	1 285	855	1 353	1 732	826	1 355	1 153	902	1 255	2 110
	Switzerland	2 037	1 747	1 601	1 103	490	590	1 150	1 403	1 187	504
	United Kingdom	19	0	0	0	0	0	184	8	5	474
	Non-specified/Others	11	8	7	5	5	3	0	0	0	0
	<b>Total Imports</b>	<b>15 639</b>	<b>10 939</b>	<b>9 452</b>	<b>7 327</b>	<b>5 424</b>	<b>5 520</b>	<b>7 907</b>	<b>8 852</b>	<b>7 716</b>	<b>8 105</b>
	Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pays	Origine										
France	Belgium	3 544	2 253	2 419	1 471	1 422	1 244	1 274	806	1 444	1 012
	Germany	534	386	334	373	385	390	337	349	681	523
	Italy	183	238	213	216	264	267	229	387	453	439
	Luxembourg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Spain	1 873	2 002	1 143	1 119	886	376	1 448	2 055	746	581
	Switzerland	495	637	628	484	761	557	326	641	1 234	2 410
	United Kingdom	45	0	0	0	0	26	3	0	32	0
	Non-specified/Others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total Imports</b>	<b>6 674</b>	<b>5 516</b>	<b>4 737</b>	<b>3 663</b>	<b>3 718</b>	<b>2 860</b>	<b>3 617</b>	<b>4 238</b>	<b>4 590</b>	<b>4 965</b>
	Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pays	Origine										
France	Belgium	202	204	521	871	1 176	2 219	1 977	2 319	2 036	6 611
	Germany	618	542	389	427	705	782	1 110	999	1 188	1 432
	Italy	392	459	456	442	597	697	715	1 150	1 140	589
	Luxembourg	0	0	c	c	c	0	0	0	0	0
	Spain	595	1 242	228	602	759	752	1 474	1 107	1 661	2 343
	Switzerland	1 888	1 816	1 360	1 673	2 525	2 820	2 347	2 813	3 800	4 182
	United Kingdom	0	208	751	2 944	809	792	899	2 394	923	3 360
	Non-specified/Others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total Imports</b>	<b>3 695</b>	<b>4 471</b>	<b>3 705</b>	<b>6 959</b>	<b>6 571</b>	<b>8 062</b>	<b>8 522</b>	<b>10 782</b>	<b>10 748</b>	<b>18 517</b>
	Année	2010	2011	2012	2013						
Pays	Origine										
France	Belgium	5 389	2 324	2 333	2 429						
	Germany	791	412	780	1 195	c	confidentiel				
	Italy	437	998	1 208	882						
	Luxembourg	0	0								
	Spain	3 501	2 458	3 027	3 171						
	Switzerland	5 247	1 929	3 446	3 464						
	United Kingdom	4 110	1 380	1 190	546						
	Non-specified/Others	0	0								
	<b>Total Imports</b>	<b>19 475</b>	<b>9 501</b>	<b>11 984</b>	<b>11 687</b>						

Exports d'électricité selon la frontière d'origine											
Unité : GWh											
Année		1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Pays	DESTINATION										
France	Belgium	160	98	109	160	142	165	237	520	408	381
	Germany	352	422	386	149	3	131	102	287	866	1 459
	Italy	56	103	268	307	126	67	110	86	202	621
	Luxembourg	25	15	17	12	2	2	2	2	2	1
	Spain	230	291	318	253	121	1 041	151	173	89	90
	Switzerland	1 026	935	1 238	1 213	1 045	1 115	844	795	688	1 401
	United Kingdom	0	26	96	115	83	206	383	203	737	581
	Non-specified/Others	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
	<b>Total Exports</b>	<b>1 849</b>	<b>1 891</b>	<b>2 432</b>	<b>2 209</b>	<b>1 523</b>	<b>2 727</b>	<b>1 829</b>	<b>2 066</b>	<b>2 992</b>	<b>4 534</b>
	Année	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Pays	DESTINATION										
France	Belgium	919	844	1 285	1 320	883	1 072	1 223	1 712	1 162	1 180
	Germany	1 599	1 989	2 494	3 096	2 078	2 120	2 202	2 631	4 368	3 670
	Italy	1 142	968	1 045	761	1 149	1 120	789	1 244	795	1 265
	Luxembourg	0	0	0	0	0	0	1	6	11	1
	Spain	160	195	300	244	384	542	1 555	481	649	886
	Switzerland	487	1 427	3 309	1 990	1 845	1 210	1 735	1 445	4 392	3 621
	United Kingdom	557	119	430	132	160	113	16	0	7	1
	Non-specified/Others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>Total Exports</b>	<b>4 864</b>	<b>5 542</b>	<b>8 863</b>	<b>7 543</b>	<b>6 499</b>	<b>6 177</b>	<b>7 521</b>	<b>7 519</b>	<b>11 384</b>	<b>10 624</b>
	Année	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Pays	DESTINATION										
France	Belgium	1 086	1 092	1 308	1 773	3 145	4 483	3 699	1 344	1 806	2 678
	Germany	3 659	3 748	3 006	3 744	5 564	4 095	2 193	4 822	7 355	7 802
	Italy	1 425	3 009	2 591	4 982	6 469	7 516	12 847	11 860	13 312	15 633
	Luxembourg	2	0	1	24	0	0	0	0	0	0
	Spain	1 819	2 477	1 341	3 018	3 925	2 637	1 903	2 491	2 452	1 489
	Switzerland	4 381	5 271	4 874	7 014	10 890	9 801	7 804	5 962	6 420	8 779
	United Kingdom	22	0	0	0	0	126	4 688	11 814	13 071	13 444
	Non-specified/Others	0	0	0	0	0	0	0	0	9	149
	<b>Total Exports</b>	<b>12 394</b>	<b>15 597</b>	<b>13 121</b>	<b>20 555</b>	<b>29 993</b>	<b>28 658</b>	<b>33 134</b>	<b>38 293</b>	<b>44 425</b>	<b>49 974</b>
	Année	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Pays	DESTINATION										
France	Belgium	2 312	2 959	2 325	4 354	4 812	5 707	5 502	6 441	4 611	5 973
	Germany	8 666	10 052	11 095	13 744	15 355	17 357	17 008	16 906	13 059	14 196
	Italy	15 441	14 897	14 777	17 484	17 356	17 637	17 792	17 267	16 577	15 760
	Luxembourg	0	55	52	52	54	47	44	44	12	42
	Spain	1 513	1 468	3 156	2 706	3 739	5 891	3 748	2 116	5 268	7 468
	Switzerland	12 078	12 023	9 999	9 671	8 265	9 620	11 271	9 772	9 516	9 339
	United Kingdom	11 925	16 769	16 959	17 000	17 171	16 295	16 941	16 952	12 945	15 271
	Non-specified/Others	177	186	170	82	134	147	122	136	164	59
	<b>Total Exports</b>	<b>52 112</b>	<b>58 409</b>	<b>58 533</b>	<b>65 093</b>	<b>66 886</b>	<b>72 701</b>	<b>72 428</b>	<b>69 634</b>	<b>62 152</b>	<b>68 108</b>
	Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pays	DESTINATION										
France	Belgium	8 512	11 651	11 622	9 527	7 728	6 893	10 787	8 496	7 286	1 839
	Germany	15 653	14 924	19 230	20 567	15 850	16 525	16 457	16 713	10 889	10 609
	Italy	16 126	18 030	18 915	17 986	17 087	14 469	14 875	15 149	12 841	11 817
	Luxembourg	42	0	c	c	c	0	0	0	0	0
	Spain	8 504	6 768	9 167	6 553	6 232	7 564	6 210	6 907	4 571	3 960
	Switzerland	9 559	9 839	11 492	12 502	10 310	10 465	11 721	11 000	9 482	8 310
	United Kingdom	14 697	11 522	10 313	6 238	11 270	12 474	11 813	9 330	13 419	7 713
	Non-specified/Others	81	127	0	0	0	0	0	0	248	203
	<b>Total Exports</b>	<b>73 174</b>	<b>72 861</b>	<b>80 739</b>	<b>73 373</b>	<b>68 477</b>	<b>68 390</b>	<b>71 863</b>	<b>67 595</b>	<b>58 736</b>	<b>44 451</b>
	Année	2010	2011	2012	2013						
Pays	DESTINATION										
France	Belgium	3 182	7 248	7 474	8 801						
	Germany	15 132	20 601	13 264	11 768		c		confidentiel		
	Italy	11 656	14 299	12 644	12 680						
	Luxembourg	0	0	0	293						
	Spain	2 000	3 998	4 918	4 887						
	Switzerland	9 705	12 324	9 970	9 823						
	United Kingdom	8 293	7 249	8 439	11 712						
	Non-specified/Others	220	195	224	184	(Andorre)					
	<b>Total Exports</b>	<b>50 188</b>	<b>65 914</b>	<b>56 933</b>	<b>60 148</b>						

**Annexe 3 : Organes européens de développement du**  
**marché**

Entité	création	Source de légitimité	Missions	Périmètre géographique
<b>ENTSO-E (TSOs)</b>	2009	« troisième paquet Energie-Climat » européen pour le marché interne de l'énergie <a href="#">Regulation (EC) 714/2009</a>	<p>Développer la coopération entre ses membres afin de contribuer au développement du marché électrique européen de manière cohérente avec la politique énergétique européenne. Ses responsabilités couvrent :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la sûreté et la sécurité des opérations dans un fonctionnement de réseaux de plus en plus complexe ;</li> <li>• le renforcement des capacités d'interconnexion et l'intégration des énergies renouvelables ;</li> <li>• le soutien au développement du marché intérieur de l'électricité (IEM)</li> </ul> <p>Pour atteindre ces objectifs, ENTSO-E a été doté d'outils :</p> <p><b>2010 :</b> <a href="#">Inter-TSO Compensation Mechanism Regulation (EU) 838/2010</a> permettant de gérer les coûts de compensation entre TSO liés aux flux physiques circulant sur les réseaux. Cette compensation facilite la prise en compte par les gestionnaires de flux d'énergie dont ils ne sont pas directement récipiendaires ou bénéficiaires.</p> <p><b>2013 :</b> <a href="#">TEN-E Guidelines Regulation (EU) 347/2013</a> .</p> <p>Création de « Projets d'Intérêt Commun » présentant un intérêt pour au moins deux Etats membres. Ces ICP sont désormais identifiés dans le seul cadre des TYNDP (Ten Year Network Development plan) élaborés par ENTSO-E. ENTSO-E est également mandaté pour développer une méthodologie d'appréciation coût/bénéfice des projets afin de les évaluer et de les comparer.</p> <p><b>Transparency Regulation</b> <a href="#">Regulation (EU) 543/2013</a> ENTSO-E est en charge de la publication de données sur les marchés de l'électricité et de leur transparence vis à vis des acteurs. La plateforme <a href="http://www.entsoe.net">www.entsoe.net</a> , opérationnelle début 2015, fournit des données quant à la production, consommation, transport, incidents, ajustement et équilibre...</p>	<p>34 pays (41 TSOs)</p> <p><b>Allemagne</b> (TransnetBW GmbH, Tennet TSO GmbH, Amprion GmbH, 50Hertz Transmission GmbH)  <b>Autriche</b> (Austrian Power grid AG, Vorarlberger Übertragungsnetz GmbH)  <b>Bosnie et Herzégovine</b> (Nezavisni operator sustava u Bosni i Hercegovini)  <b>Belgique</b> (Elia System Operator SA)  <b>Bulgarie</b> (Electroenergien Sistemen Operator EAD)  <b>Chypre</b> (Cyprus transmission System Operator)  <b>Croatie</b> (HOPS doo)  <b>Danemark</b> (Energinet dk)  <b>Espagne</b> (Red Electrica de Espana SA)  <b>Estonie</b> (Elering AS)  <b>Finlande</b> (Fingrid Oyj)  <b>France</b> (RTE)  <b>Grèce</b> (Independent Power Transmission operator SA)  <b>Hongrie</b> (MAVIR ZRt)  <b>Irlande</b> (EirGrid plc)  <b>Islande</b> (Landsnet hf)  <b>Italie</b> (Terna)  <b>Lituanie</b> (Litgrid AB)  <b>Luxembourg</b> (Creos Luxembourg SA)  <b>Latvie</b> (AS Augstsprieguma tīkls)  <b>Monténégro</b> (Cmogorski elektroprenosni System operator AD)  <b>Macédoine</b> (Macedonian Transmission System Operator AD)  <b>Norvège</b> (Statnett SF)  <b>Pays-bas</b> (Tennet TSO BV)  <b>Pologne</b> (Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA)  <b>Portugal</b> (Rede Electrica Nacional SA)  <b>République slovaque</b> (Slovenska elektrizacna prenosova sustava as)  <b>République Tchèque</b> (CEPS a.s.)  <b>Roumanie</b> (CN Transelectrica SA)  <b>Royaume-uni</b> (National grid Electricity Transmission plc, System Operator for Northern Ireland plc, Scottish Hydro Electric transmission plc, Scottish Power Transmission plc)  <b>Serbie</b> (JP Elektroreza Srbije)  <b>Slovénie</b> (ELES doo)  <b>Suède</b> (Svenska Kraftnat)  <b>Suisse</b> (Swissgrid ag)</p>

<b>Régulateurs</b>				
<b>CRE (Commission de Régulation de l'Énergie)</b>	2000	Loi française du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité	Autorité administrative indépendante chargée de veiller au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz et de les réguler.	France
<b>CEER (Conseil des régulateurs européens de l'énergie)</b>	2000	association créée à l'initiative des régulateurs nationaux de l'énergie des États membres de l'Union européenne et de l'Espace économique européen.	Les structures du CEER comprennent une assemblée générale, seule décisionnaire, un conseil de direction, des groupes de travail spécialisés dans différents domaines – électricité, gaz, consommateurs, stratégie internationale, etc. – et un secrétariat installé à Bruxelles. Un programme de travail est publié chaque année. Le CEER coordonne ses travaux avec l'ACER.	Localisé à Bruxelles 33 membres (28 membres de l'UE, Islande, Norvège en tant que membres, Suisse, Monténégro et république de Macédoine en tant qu'observateurs.
<b>ERGEG (European Regulators' Group for Electricity and Gas, ERGEG)</b>	2003 - 2009	Directive européenne L'ERGEG a été remplacé par l'ACER.	conseiller et assister la Commission dans la consolidation du marché intérieur de l'énergie, en contribuant à la mise en œuvre complète des directives et des règlements européens et à la préparation d'une législation dans les domaines de l'électricité et du gaz (préparation du troisième paquet Énergie Climat)	L'ERGEG comprenait la Commission européenne et les régulateurs indépendants des 27 États membres de l'Union européenne. Les États membres de l'Espace économique européen ainsi que les pays candidats à l'adhésion à l'Union européenne y étaient invités en tant qu'observateurs

<p><b>ACER</b> (Agence de Coordination des Régulateurs de l'Energie)</p>	<p><b>2009</b></p>	<p><b>2009 :</b> <a href="#">Règlement européen (EC) 713/2009</a> portant création de l'Agence dans le cadre du troisième paquet Energie-Climat.</p> <p><b>2011 :</b> règlement européen No 1227/2011 (REMIT) portant sur les marchés de gros et la transparence</p> <p><b>2013:</b> reglement européen No 347/2013 portant sur les schémas prévisionnels des infrastructures transeuropéennes.</p>	<p>agence de l'UE (organisme distinct des institutions de l'UE) laquelle, dans le cadre de la législation européenne, contribue à garantir le bon fonctionnement du marché européen du gaz et de l'électricité.</p> <p>Elle assiste les autorités nationales de régulation dans leur activité de régulation au niveau européen et, au besoin, coordonne leur action.</p> <p>En particulier, l'ACER:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• complète et coordonne les travaux des autorités nationales de régulation;</li> <li>• aide à fixer les règles régissant les réseaux européens;</li> <li>• prend, dans certaines circonstances, des décisions individuelles contraignantes sur les modalités et les conditions appliquées à l'accès et à la sécurité opérationnelle des infrastructures transfrontalières;</li> <li>• conseille les institutions européennes sur les questions touchant à l'électricité et au gaz naturel;</li> <li>• surveille les marchés intérieurs de l'électricité et du gaz naturel et élabore des analyses;</li> <li>• surveille les marchés de gros de l'énergie en vue de détecter et d'empêcher les abus de marché, en coopération étroite avec les autorités nationales de régulation (responsabilité exercée depuis 2012, en vertu du <a href="#">règlement (UE) n°1227/2011 concernant l'intégrité et la transparence du marché de gros de l'énergie – REMIT</a>).</li> </ul>	<p>Localisée à Ljubljana, Slovénie 28 régulateurs nationaux européens.</p>
--	--------------------	---	---	--

**Annexe 4 : Filiales de RTE associées au développement du**  
**marché**

Entité	Année de création	Actionnaires	Missions	Périmètre géographique	Périmètre partenaires	Participations	Sources Commentaires
<b>HGRT</b>		Avant 2001 : RTE  2001 : RTE 51 %, Elia (GRT belge) 24,5 %, Tennet (GRT néerlandais) 24,5 %.	Holding des GRTs français, belges, danois. HGRT est un outil permettant d'assurer la cohérence entre les règles de marché et les exigences en terme de fourniture et de sécurité du secteur industriel.			52,8 % de Powernext en 2008, 36,7 % de Epex spot en 2015	<a href="https://clients.rte-france.com/lang/clients_traders_fournisseurs/services_actualites.jsp?id=502&amp;mode=deta">https://clients.rte-france.com/lang/clients_traders_fournisseurs/services_actualites.jsp?id=502&amp;mode=deta</a>

**Filiales « financières »**

<p><b>Powernext SA</b></p>	<p>2001</p>	<p><u>2001 :</u> HGRT 17%, Euronext 34 %, BNP Paribas, Electrabel, EdF, Société Générale, TotalElfFina : 49 % à parts égales.</p> <p><u>2015 :</u> EEX 55,79 % 8 groupes d'opérateurs de transport et services en gaz naturel et énergie (EDEV , Electrabel, COGAC, 3GRT, TOTAL GEHF, E.ON Global commodities, ALPIG AG, Enel trade Spa) 44,21 %</p>	<p>Bourse permettant la création d'un marché de gros en électricité sur la place financière</p>			<p>50 % de Epe spot (201 5)</p>	<p>Le vice président de RTE est le Président du board de Powernext depuis 2001 : - d'abord au titre de la participation de HGRT, - aujourd'hui sur proposition de EEX.</p> <p>Powernext et Epe Spot ont le meme directeur général</p>
<p><b>Epe spot</b></p>	<p>2008</p>	<p>2015 : EEX group 13,3 % Powernext 50 % HGRT 36,7%</p>	<p>fusion des marchés spot de l'électricité des bourses de l'énergie Powernext et European Energy Exchange (EEX)</p>	<p>France, Allemagne, Autriche, Suisse (2015)</p>	<p>Adresse plus de 220 acteurs économiques sur son périmètre naturel. Opère pour le compte de la bourse hongroise HUPX Opère, pour partie, le couplage des marchés entre la Slovaquie, la Hongrie et la Roumanie</p>		<p>Adossé en 2001 sur Clearnet (chambre de compensation)</p> <p>Powernext et Epe Spot ont le meme directeur général</p>

EEC AG	2006	European Energy Exchange AG (EEX) 100 %	Chambre de compensation unique de EEX et des filiales.		Adresse huit bourses, dont Epex spot.		
Bluenext	2007 - 2012	NYSE Euronext et Caisse des Dépôts	<p>BlueNext était une bourse de l'environnement</p> <p>BlueNext a notamment repris l'activité carbone de Powernext, lancée le 24 juin 2005.</p> <p>Cessations des activités en 2012 suite à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'absence d'autorisation pour gérer la vente de quotas de CO2 à partir de 2013,</li> <li>- les fraudes à la TVA dont la responsabilité a incombé à l'entreprise.</li> </ul>				

**Filiales « sureté et flux physiques »**

<b>CASC</b>	2008	Gestionnaires de réseaux : Creos, Elia, TransnetBW GmbH, TenneT TSO GmbH, TenneT TSO B.V., RTE, Amprion, Austrian Power Grid AG, Elektro - Slovenija, Swissgrid, Terna, Energinet Statnett	CASC.EU est l'opérateur unique d'enchères pour les capacités de transport aux frontières couvertes par son périmètre.	Zone Central West Europe, Frontières italiennes, Nord de la Suisse, Scandinavie en partie.			
<b>Coreso</b>	2009	50 Herz Elia Nationalgrid RTE Terna	Contribue à une meilleure coordination technique avec une approche régionale et selon trois axes : - sécurité opérationnelle du système électrique, - intégration efficiente des énergies renouvelables, - développement du marché européen.	Zone Central West Europe, Central South Europe			

**Annexe 5 : Zones d'influence et de coopération de RTE**  
**(moyens alloués)**

Entité	Année de création	Participants	Missions	Périmètre géographique	Partenaires
<b>Monde</b>					
<b>GO15</b>  Enjeux : <ul style="list-style-type: none"> <li>- les <b>problématiques de sûreté sur de très grands réseaux,</b></li> <li>- <b>les impacts liés aux enjeux climatiques.</b></li> </ul>	2004 (VPLG) 2009 (GO15)	Afrique du sud (Eskom, 50 mdc) Australie (AEMO, 19 mdc) Arabie Saoudite (GCCIA) Belgique (Elia Group, 30 mdc) Brésil (ONS, 189 mdc) Chine (CSG, 240 mdc) Chine (SGCC, 1 100 mdc) Corée du sud (KPX, 50 mdc) Espagne (REE, 46 mdc) France (RTE, 65 mdc) Inde (PGCIL, 1 200 mdc) Italie (TERNA, 60 mdc) Japon (TEPCO, 45 mdc) Russie (SO UPS, 144 mdc) UK (National Grid, 62 mdc) USA (MISO, 39 mdc) USA (PJM Interconnection, 60 mdc)  Mdc : millions de clients	Créé suite à plusieurs incident majeurs survenus de par le monde sur de grands réseaux de transport électrique. Initiative volontaire de 17 des plus grands réseaux de transport d'électricité acheminant 70% de la consommation électrique mondiale et adressant directement ou indirectement 3,4 milliards de consommateurs sur 6 continents.  Objet : <ul style="list-style-type: none"> <li>- investiguer les problématiques fondamentales d'intérêt commun</li> <li>- développer des plans d'action conjoints améliorant la sûreté des systèmes.</li> <li>- Etre le catalyseur et le leader de la transition vers les réseaux électrique au XXIe siècle.</li> </ul>	Planétaire  <a href="http://www.go15.org/">http://www.go15.org/</a>	

<b>Mer du Nord</b>					
<b>North Seas Countries'Offshore Grid Initiative (NSCOGI)</b>	2009	Memorandum of understanding de 2010, formalisant les déclarations politiques des ministres de l'énergie concernés, des régulateurs et des GRTs des 10 pays participants et de la Commission Européenne.	Initiative de coopération régionale rassemblant 10 pays autour de la mer du nord. Objet : Faciliter le développement coordonné d'un réseau électrique offshore en Mer du Nord afin de permettre une optimisation de l'usage des ressources en énergie renouvelables et l'efficacité économique des investissements à réaliser. 3 groupes de travail : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Configuration du réseau ;</li> <li>- Régulation</li> <li>- Programmation et autorisations administratives</li> </ul>	Secretariat assuré par le Benelux. Participants : Allemagne, Belgique, Danemark, France, Irlande, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède.	

Méditerranée					
<b>MED-TSO</b>	2012	Coopération multilatérale des TSOs opérant les réseaux de 17 pays du pourtour méditerranéen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aider à promouvoir la coordination des plans de développement et d'exploitation des réseaux des pays Med-TSO.</li> <li>- Encourager l'intégration des systèmes électriques de la zone Med-TSO, en mettant en place les cadres légaux et réglementaires et sur la base des études et des analyses de l'adéquation des systèmes interconnectés.</li> <li>- Favoriser l'adoption des critères communs et de règles harmonisées, transparentes et non discriminatoires d'accès et d'utilisation des réseaux.</li> <li>- Encourager la coopération entre les gestionnaires des réseaux électriques et les associations Medreg et Entso-E.</li> <li>- Défendre les intérêts des gestionnaires des réseaux électriques et jouer un rôle actif dans la définition des règles au niveau régional.</li> <li>- Promouvoir l'intégration dans les systèmes électriques des nouvelles sources d'énergie, en particulier les énergies renouvelables et les énergies de nouvelle génération dans le respect des conditions de sûreté.</li> <li>- Faciliter les échanges d'informations, d'analyses et d'expériences en matière de transport de l'électricité dans les pays de la zone Med-TSO</li> </ul>	<p>Albanie, Algérie, Espagne, France, Grèce, Italie, Maroc, Monténégro, Portugal, , Slovaquie, Slovaquie, Tunisie, Turquie, L'Egypte, la Jordanie, le Liban et la Libye ont sollicité leur adhésion.</p> <p><a href="http://www.med-tso.com/">http://www.med-tso.com/</a> localisé à Rome</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medgrid (Mediterranean Regulators for Electricity and Gas)</li> <li>- Entso-E .</li> <li>- Assemblée Parlementaire de la méditerranée</li> <li>- Union Européenne</li> </ul>
Enjeux :					
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>les Supergrids</b></li> <li>- <b>Les partages des énergies renouvelables de demain</b></li> </ul>		<p>Albanie (OST), Algérie (SONELGAZ), Egypte (EETC), Espagne (REE), France (RTE), Grèce (ADMIE), Israël (IEC), Italie (TERNNA), Jordanie (NEPCO), Libye (GECOL), Maroc (ONEE), Monténégro (CGES), Palestine (PETL), Portugal (REN), Slovaquie (ELES), Tunisie (STEG), Tunisie (STEG), Turquie (TEIAS)</p>			

<b>Recherche et Développement – programmes européens</b>			<b>7è Framework Program : 2007 -2013. RTE a participé à 2 des 21 projets « Energie » Horizon 2020 : 2014-2020</b>		
PEGASE créer de nouveaux modèles de calcul de réseau sur des zones multipays 7FP european	2008-2012		développer et tester de nouveaux modèles de calcul de l'état du réseau capables de fonctionner à l'échelle d'un système de télécommunication élargi à toute l'Europe de l'électricité. Ces nouvelles méthodes de simulation et d'estimation doivent permettre d'améliorer la coopération pour le contrôle en temps réel et la planification du système électrique. <a href="http://www.fp7-pegase.com/">http://www.fp7-pegase.com/</a> pilotage : Tractebel engeneering GDF-Suez contribution EU = 8,622 Meuros	22 partenaires dont 9 TSO (dont RTE)	
ITesla optimiser les règles de sûreté pour une exploitation plus intensive du réseau 7FP, H2020	2012-2015	- 6 TSOs ( <i>Belgique, France, Grèce, Norvège, Royaume-Uni</i> ), - CORESO - 13 université et établissements de recherche	Basé en partie sur les résultats du projet PEGASE, ce programme préfigure la prochaine génération de plate-forme d'étude en permettant de mettre en œuvre une approche probabiliste de l'analyse des risques encourus par le réseau en tenant compte des prévisions et simulations de tous les gestionnaires européens. <i>Budget : 19,4 Meuros, dont 13,2 de l'UE.</i> <a href="http://www.itesla-project.eu/">http://www.itesla-project.eu/</a> pilotage : RTE		

<p>Optimate créer un nouveau modèle de marché intégrant les EnR 7FP</p>	<p>2012-</p>	<p>- 5 TSOs (ELIA (Belgique), TransnetBW (Allemagne), REE (Espagne), RTE (France), 50 Hertz Transmission (Allemagne)) - 6 centres de recherche spécialisés en design de marché et modélisation (ARMINES, Université of Lieueven), DTU, Université de Madrid-Comillas, Université de Manchester, EUI (European University Institute) - 1 entreprise dédiée à l'innovation et à la dissémination dans le secteur de l'électricité (TECHNOFI).</p>	<p>L'architecture du marché électrique actuelle n'a pas été conçue pour gérer la variabilité d'une production massive d'énergies renouvelables. Ce projet, piloté par RTE, vise donc à simuler différents modèles de marchés permettant de modéliser le comportement des EnR, à en évaluer les avantages et les inconvénients. 10 feuilles de routes, dont 3 sous pilotage RTE <a href="http://www.optimize-platform.eu/">http://www.optimize-platform.eu/</a> adresse de contact : adresse RTE</p>
<p>e-Highway2050 méthodes de développement des futures autoroutes européennes de l'électricité</p>	<p>2012-</p>	<p>36 partenaires européens</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gestionnaires de réseaux européens (Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, France, Grèce, Italie, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Serbie, Suède, Suisse),</li> <li>- des centres de recherche,</li> <li>- des universités,</li> <li>- des associations de constructeurs,</li> <li>- l'agence allemande de l'énergie</li> <li>- une ONG européenne.</li> </ul>	<p>L'objectif de ce projet est de mettre au point une approche holistique destinée à la planification progressive de la construction des autoroutes européennes de l'électricité, entre 2020 et 2050. Cette approche globale devra intégrer différents scénarios prévisionnels de production et de consommation, mais aussi des critères tels que l'impact environnemental ou l'innovation technologique. 10 feuilles de routes, sous contrôle de ENTSOE <a href="http://www.e-highway2050.eu/consortium/">http://www.e-highway2050.eu/consortium/</a> pilotage du consortium : RTE</p>

INSPIRE Grid renforcer la participation des parties prenantes et améliorer l'acceptabilité des futures infrastructures	<b>Démarré fin 2013</b>	<b>chercheurs de différentes disciplines, des gestionnaires de réseaux de transport et des ONG</b>	<b>travailler ensemble pour mieux répondre aux enjeux d'acceptabilité sociétale des projets de développement de lignes. Parmi les résultats attendus : l'amélioration des procédures de consultation et de concertation avec les parties prenantes (grand public, collectivités, ONG locales...).</b>
LIFE ELIA transformer les tracés forestiers de lignes à haute tension en couloirs verts	2011-2016	France et Belgique	créer des pratiques innovantes pour la gestion des couloirs verts en forêt, et sensibiliser les publics à l'importance de la biodiversité dans ces habitats linéaires.
<b>Twenties</b> des nouvelles technologies pour intégrer massivement la production éolienne dans le réseau européen 7FP european	2011-2014	26 partenaires de 10 pays européens : (Spain, Denmark, France, Belgium, United Kingdom, Netherlands, Germany, Portugal, Ireland and Italy) and one associate country (Norway) <ul style="list-style-type: none"> <li>• TSOs (REE, RTE, ELIA, ENERGINET, TENNET, 50 HZT)</li> <li>• CORESO</li> <li>• Etablissements de recherche (RISOE-DTU, COMILLAS-IIT, FRAUNHOFER IWES, SINTEF, INESC-PORTO, UCD, RSE, STRATHCLYDE; ULg, KUL and ULB.</li> <li>• Industriels équipementiers de puissance et d'éoliennes (ALSTOM, ABB, SIEMENS, GAMESA)</li> <li>• EWEA (dissémination)</li> <li>• Producteurs et distributeurs (DONG, IBERDROLA , EDF),</li> </ul>	tester, développer et mettre en œuvre de nouvelles technologies permettant d'intégrer en toute sécurité une importante production d'énergie éolienne dans le réseau électrique européen à horizon 2020. Résultats principaux : techniquement possible de raccorder des parcs éoliens off-shore au système électrique terrestre via des réseaux à courant continu sous-marins. 6 feuilles de route, dont une sous pilotage RTE (TECHNICAL SPECIFICATIONS TOWARDS OFFSHORE HVDC NETWORKS – (DC GRID)) afin de valider la possibilité d'exploiter en sécurité un réseau en courant continu maillé. Budget global : 56,8 Meuros, dont 31,8 Meuros de l'UE.

<p><b>Chaire European Electricity market</b></p> <p><b>Université Paris Dauphine</b></p> <p>Enjeux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la concertation et la légitimation par le corpus des chercheurs,</li> <li>- l'acceptation par les parties prenantes,</li> <li>- la préparation de dirigeants.</li> </ul>	<p>2012</p>	<p><b>Partenaires fondateurs :</b>  <b>RTE,</b>  <b>EDF,</b>  <b>EPEX Spot</b>  <b>UFE (Union Française pour l'Electricité)</b></p>	<p>« la Chaire European Electricity Markets a pour vocation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de réaliser un programme de recherche ambitieux et internationalement reconnu sur les marchés européens de l'électricité avec, en premier lieu, la préparation d'articles dans des revues académiques à comité de lecture,</li> <li>- d'offrir un forum où chercheurs universitaires, acteurs industriels et parties prenantes (ONGs, défense des consommateurs, syndicats, collectivités locales etc...), peuvent échanger librement, avec l'organisation de colloques et séminaires internationaux et nationaux avec l'objectif d'apporter une réelle plus-value en matière de compréhension des enjeux des marchés électriques européens</li> <li>- de contribuer à la formation des futurs cadres des entreprises du secteur de l'électricité, avec le financement de plusieurs doctorants et l'organisation de cours spécifiques dans les formations pertinentes de l'Université Paris-Dauphine, dont le Master Energie, Finance, Carbone. »</li> </ul>	<p><a href="http://www.ceem-dauphine.org/home/fr/">http://www.ceem-dauphine.org/home/fr/</a></p>
--	-------------	---	---	--

## **Annexe 6 : Glossaire**

### **3e paquet énergie (Union européenne)**

Le 3e paquet énergie vise la mise en place de conditions de concurrence homogènes dans les États membres de l'Union européenne en vue de l'achèvement du marché intérieur de l'énergie. Il se compose :

- de deux directives relatives aux marchés de l'électricité et du gaz,
- de deux règlements concernant les conditions d'accès aux réseaux de gaz naturel d'une part, et les conditions d'accès au réseau pour les échanges transfrontaliers d'électricité d'autre part,
- d'un règlement créant l'Agence de coopération des régulateurs de l'énergie (ACER).

### **7e programme cadre européen 2007-2013 (7FP)**

La recherche a été identifiée par l'UE comme faisant partie du «triangle de la connaissance» qui doit renforcer la croissance et l'emploi de l'Union européenne (UE) dans une économie mondialisée. Le septième programme-cadre de recherche est un outil afin de mettre sa politique de recherche en cohérence avec ses ambitions économiques et sociales en consolidant l'Espace européen de la recherche (EER). La Commission a augmenté le budget annuel de l'UE en matière de recherche pour entraîner ainsi plus d'investissements nationaux et privés. Ce programme était articulé autour de quatre programmes principaux et a été grandement simplifié pour être plus accessible aux chercheurs et plus efficace. Il est institué à travers deux décisions :

- Décision 1982/2006/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 relative au septième programme-cadre de la Communauté européenne pour des actions de recherche, de développement technologique et de démonstration (2007-2013).

- Décision 969/2006/CE du Conseil du 18 décembre 2006 relative au septième programme-cadre de la Communauté européenne de l'énergie atomique (Euratom) pour des activités de recherche et de formation en matière nucléaire (2007-2011).

Le budget initial était de 50 521 millions d'euros pour la période 2007-2013, soit en moyenne 7 217 millions d'euros par an, ce qui représentait plus d'une fois et demie le budget annuel du 6e programme-cadre (4 375 millions d'euros par an soit un budget total de 17 500 millions d'euros pour quatre ans).

Sa répartition initiale était la suivante :

- Coopération: 32 413 millions d'euros.
- Idées: 7 510 millions d'euros.
- Personnes: 4 750 millions d'euros.
- Capacités: 4 097 millions d'euros.
- Actions non nucléaires menées par le CCR: 1 751 millions d'euros.
- Euratom: 2 700 millions d'euros (2007-2011).

Parmi les cadres programmes proposés, celui traitant de la coopération est l'hôte des projets liés à l'énergie auxquels participe RTE. Le programme Coopération a pour objectif de stimuler la coopération et de renforcer les liens entre l'industrie et la recherche dans un cadre transnational. L'objectif est de construire et consolider un leadership européen dans des domaines clés de la recherche. Il comportait 9 thèmes, autonomes dans leur gestion mais complémentaires dans leur mise en œuvre:

- santé;
- alimentation, agriculture et biotechnologie;
- technologies de l'information et de la communication;
- nanosciences, nanotechnologies, matériaux et nouvelles technologies de production ;
- **énergie;**
- environnement (changements climatiques inclus);
- transports (aéronautique comprise);
- sciences socio-économiques et humaines;
- sécurité et espace.

**Bourse de l'électricité :**

organisateur du marché, où l'électricité qui doit être fournie le lendemain ou dans la journée est négociée anonymement de façon organisée et où se détermine un prix de référence transparent pour le marché de gros.

**CASC (Capacity Allocation Service Center) :**

plateforme commune aux gestionnaires de réseaux de transport d'électricité pour la mise aux enchères annuelles et mensuelles de capacité de transport électrique à leurs frontières.

**Codes de réseau européens :**

élaborés par les associations européennes de gestionnaires de réseaux de transport pour l'électricité et le gaz, les codes de réseau européens sont des règles communes portant sur différentes questions transfrontalières énumérées dans les règlements communautaires ( pour l'électricité : raccordements, réserves, réglage fréquence-puissance, etc..). Ils peuvent devenir juridiquement contraignants par la voie de la comitologie si l'Agence de coopération des régulateurs de l'énergie (ACER) fait une recommandation allant dans ce sens à la Commission européenne.

**Congestion :**

Une congestion dénote l'incapacité du réseau de transport à conduire les programmes du marché de l'énergie, et le traitement des congestions est le procédé assurant que les réseaux sont exploités dans leurs limites de sécurité imposées. Le contexte de dérégulation et de développement de marchés nécessite de définir une méthodologie de traitement des congestions fiable, optimale du point de vue économique, et qui donne de bonnes incitations sur le long terme en vue de réduire les contraintes et de favoriser le développement du réseau

En cas de congestion, les Gestionnaires de Réseau de Transport peuvent mettre en œuvre, selon la zone géographique et la contrainte rencontrée, des parades coûteuses visant à assurer la fermeté des programmes commerciaux.

RTE fournit par exemple les informations relatives à la mise en œuvre de deux de ces parades :

- Le redispatching, consistant à modifier le plan de production et/ou de charge de manière à modifier les flux physiques sur le réseau de transport ;
- Le countertrading, qui est un échange réalisé entre deux GRT dans le sens inverse du flux contraignant.

Un bilan mensuel des coûts générés par ces mesures de gestion des congestions est publié le mois suivant. Les coûts sont ensuite partagés entre les GRT, et ventilés sur les acteurs responsables d'équilibre.

#### **Effacement :**

On distingue deux types d'effacements :

- L'effacement volontaire pour les industriels, déjà opérationnel. Dans le cadre d'appels d'offres, RTE sollicite des acteurs d'ajustement pour qu'ils déposent des offres la veille pour le lendemain puis les active en fonction des besoins. Avec le dispositif NEBEF, les industriels peuvent dès la veille réagir aux prix de marché et prévoir de s'effacer.
- L'effacement diffus pour les particuliers volontaires qui acceptent de modifier leurs usages pour consommer moins d'électricité à certaines heures. Cet effort est réalisé avec l'aide d'un opérateur d'effacement.

## **Lois de Kirchhoff**

Les lois de Kirchhoff sont des propriétés physiques qui s'appliquent sur les circuits électriques. Ces lois portent le nom du physicien allemand *Gustav Kirchhoff* qui les a établies en 1845.

Les deux lois de Kirchhoff sont :

*La loi des nœuds* (la somme algébrique des intensités des courants qui entrent par un nœud est égale à la somme algébrique des intensités des courants qui en sortent);

*La loi des mailles* (dans une maille d'un réseau électrique, la somme des tensions le long de cette maille est toujours nulle).

## **Mécanisme d'ajustement (ou réserve tertiaire) :**

Créé en 2003 en France, il permet de rééquilibrer le système électrique suite à des aléas survenus en temps réel (déséquilibre entre la production et la consommation prévisionnelle, panne fortuite d'un groupe de production, perte d'une ligne d'interconnexion entre deux pays...). Ce mécanisme constitue un réservoir d'offres à la disposition de RTE qui les utilise en tenant compte des contraintes opérationnelles exprimées par l'acteur et de la présence économique dès qu'un besoin est détecté.

Toutes les flexibilités disponibles avec un préavis en général inférieur à 2 heures peuvent être proposées à RTE par les acteurs de marché sur le mécanisme d'ajustement : groupe de production dont l'injection est ajustée à la hausse ou à la baisse, sites industriels ou clients résidentiels qui sont prêts à renoncer à une partie de leur consommation sur sollicitation de RTE. Les offres peuvent être situées en France ou dans des pays limitrophes. Le mécanisme d'ajustement permet de renvoyer vers les acteurs responsables des écarts sur l'équilibre offre-demande (autrement dits les Responsables d'équilibre) le prix des modulations opérées par RTE. Il existe ainsi trois types de réserves qui peuvent être sollicitées successivement : primaires et secondaires (des services commandés par RTE qui permettent d'augmenter ou de diminuer automatiquement la production des centrales) et tertiaire par le biais de ces appels d'offres spécifiques permettant de modifier très rapidement les

programmes de fonctionnement prévu. Ce mécanisme permet de sélectionner l'offre la plus performante techniquement et économiquement. Si les « boucles de retour » telles que les mécanismes ETS, sont correctement réglées, le signal prix doit refléter les contraintes environnementales intégrées par les opérateurs, permettant au dispositif d'offrir également une performance environnementale.

### **Mécanisme de capacité :**

Dispositif de marché en cours de déploiement en France, ayant pour objet d'inciter les acteurs à investir dans la production d'énergie, à effacer leur consommation ou à moduler leur propre consommation en cas de pointe. Ce dispositif intègrera une rémunération à la hauteur du bénéfice retiré par la collectivité. Conçu en 2014, il a pour objectif de stimuler les investissements dans les moyens de production et d'effacement de consommation permettant de sécuriser le fonctionnement du système sur les pointes de consommation. Chaque fournisseur d'électricité est ainsi tenu de disposer d'un montant de garanties de capacité correspondant à la consommation électrique de ses clients en période de pointe. Il peut acquérir ces garanties, certifiées par RTE, auprès d'exploitants de capacité de production ou d'effacement qui s'engagent sur la disponibilité de leur moyen lors de ces périodes spécifiques correspondant à quelques centaines d'heures par an. Ce mécanisme de marché permet de rémunérer le service rendu à la sécurité d'approvisionnement (disponibilité des capacités) et est complémentaire des mécanismes permettant d'assurer la couverture sur les volumes d'énergie. Il intervient en correction du fonctionnement de moyen terme du marché.

### **Mécanisme ETS :**

le "European Union Emissions Trading Scheme" (EU ETS) est le mécanisme européen d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre en Europe. Les installations fixes d'une puissance supérieure à 20 MW se voient attribuer des quotas d'émission. Chaque début d'année, les installations concernées doivent détenir un nombre de quotas équivalent à leurs émissions de l'année précédente sous peine de sanctions. Les quotas manquants ou

surnuméraires peuvent être échangés sur le marché. L'idée est que les entreprises qui peuvent réduire leurs émissions pour un coût faible pourront ainsi vendre leurs droits à des entreprises qui ne sont pas en mesure de réduire leurs émissions.

Le marché a été organisé en phases. La période 2005-2007 a été la phase pilote de test. La seconde période a couvert 2008-2012. Au début de chaque phase, chaque État Membre élabore un Plan National d'Allocation des Quotas (PNAQ) qui doit être approuvé par la Commission Européenne.

La sanction pour une entreprise qui émet sans disposer des permis était de 40 €/tC en première phase, passant à 100 € en seconde phase, plus l'obligation d'acheter des permis pour être en règle.

Le 24 février 2015, les députés de la commission Environnement du Parlement Européen se sont prononcés en faveur d'un accord pour la création d'une "réserve de stabilité de marché" prévue pour fin 2018. L'objectif étant de réussir à réguler le marché en retirant des quotas d'émission de CO2 en période de récession et en redistribuer en période de croissance.

### **Mix énergétique ou bouquet énergétique**

Le mix énergétique, ou bouquet énergétique, désigne la répartition des différentes sources d'énergie primaire dans la production énergétique d'une zone géographique donnée. Le mix électrique désigne la répartition des sources de production électrique.

### **Monopole régulé**

Le marché est le lieu de rencontre (matérialisé ou non) de l'offre et de la demande pour un (ou plusieurs) bien(s) ou service(s). Cette rencontre permet de fixer les conditions de l'échange, c'est-à-dire les quantités échangées ainsi que le prix d'équilibre. La régulation de l'activité économique par l'État concerne toutes les actions de l'État (réglementation et politiques économiques) qui visent à équilibrer les marchés. RTE exerce un monopole régulé

par l'intermédiaire de la commission de régulation de l'énergie (CRE). Les designs du marché électrique sont donc élaborés sous son contrôle.

**NEBEF (notification d'échanges de blocs d'effacement)** : dispositif innovant en cours d'expérimentation qui permet à des opérateurs d'effacement (consommateurs, fournisseurs ou acteurs de marché) de valoriser directement leur réduction de consommation sur le marché de l'électricité.

### **POWERNEXT**

Powernext est une entreprise basée à Paris, dont l'objet concerne le « multilatéral trading facilities » (MTF). Powernext développe et exploite des plateformes d'échanges commerciaux électroniques sur les marchés spot et dérivés dans le secteur de l'énergie en Europe.

### **Responsable d'équilibre :**

Le dispositif de Responsable d'Équilibre incite les acteurs à équilibrer leur production et leur consommation. Pour procéder à une transaction commerciale sur le marché français de l'électricité (injection ou soutirage), tout acteur doit être rattaché à un Responsable d'Équilibre. Concrètement, le Responsable d'Équilibre est en charge d'un portefeuille d'activités et doit compenser les écarts entre la production et la consommation sur le périmètre qu'il génère : quand l'électricité produite à l'intérieur de son portefeuille est supérieure à celle consommée, RTE fournit une compensation financière au Responsable d'Équilibre. En revanche, quand elle est inférieure, c'est le Responsable d'Équilibre qui règle à RTE le coût des écarts constatés.

