

Energie et écologie Pour un choix futé de votre énergie

La transition énergétique concerne l'avenir de la planète
et se joue en partie dans les villes où vit la majorité de la population

Table des matières

1 Utilisation actuelle des énergies primaires.....	2
1.1 Définitions	2
1.2 Les flux énergétiques.....	3
2 Le projet de loi sur la transition énergétique	3
2.1 Origine de la loi	3
2.2 Intérêt du contexte énergétique pour l'écologie urbaine	4
2.3 Les objectifs généraux formulés par la loi	4
2.4 Les objectifs chiffrés	4
2.5 Contradictions potentielles entre les objectifs de la transition énergétique	5
3 Le besoin d'adapter la production électrique à la consommation	6
3.1 Consommation électrique moyenne	6
3.2 Evolution de la consommation électrique	6
3.3 La capacité maximale du réseau.....	8
3.4 Variation saisonnière de la consommation électrique	9
3.5 Variation journalière de la consommation.....	10

1 Utilisation actuelle des énergies primaires

1.1 Définitions

On appelle source d'**énergie primaire** un matière ou un phénomène permettant d'obtenir de l'énergie sous une forme utilisable (électricité, mouvement, chaleur...).

Ce sont notamment

- ⇒ **les combustibles**,
- ⇒ **carburants** dont la combustion génère de la chaleur (énergie calorifique) ou
- ⇒ **matières nucléaires** fissiles dont la radioactivité génère aussi de la chaleur,
- ⇒ **chaleur géothermique** de l'eau sous-terreine,
- ⇒ **l'énergie hydraulique** de gravité de l'eau, transformée partiellement en énergie cinétique, puis mécanique, puis électrique,
- ⇒ **l'énergie éolienne** (cinétique du vent), transformée partiellement en énergie mécanique, par éolienne, l'énergie mécanique étant transformée en énergie électrique,
- ⇒ **l'énergie solaire** de rayonnement transformée soit directement mais partiellement en électricité, soit en chaleur.

L'énergie calorifique d'un liquide caloporteur est transformée partiellement en énergie mécanique,

L'énergie mécanique (généralement de rotation de turbines) est transformée en énergie électrique par des alternateurs.

Les combustibles fossiles sont les carburants (charbon, pétrole, gaz) et les combustibles nucléaires.

Les énergies renouvelables sont l'hydraulique, l'éolien, le solaire et la géothermie.

Chaque mouvement ou transformation provoque plus ou moins de pertes d'énergie.

Donc la valeur de l'énergie primaire est supérieure à la valeur de l'énergie électrique générée.

L'énergie primaire s'exprime souvent par la quantité d'énergie calorifique équivalente d'une tonne de pétrole, exprimée en millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep).

La puissance électrique est exprimée en Watt, (W) et ses multiples (kW, MW, GW, TW).

L'énergie électrique s'exprime en kWh (1 kW pendant 1h) est ses multiples MWh, GWh, et TWh¹.

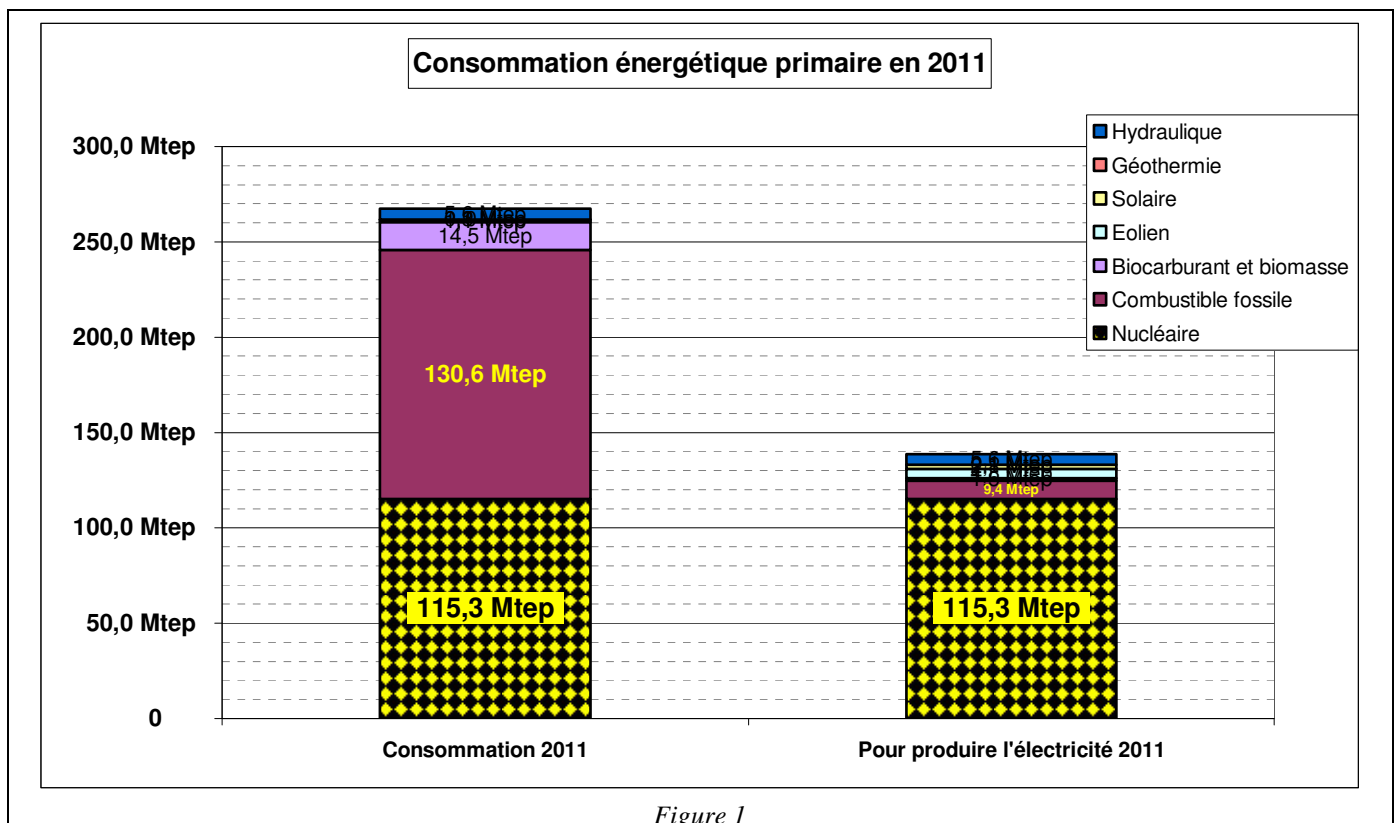


Figure 1

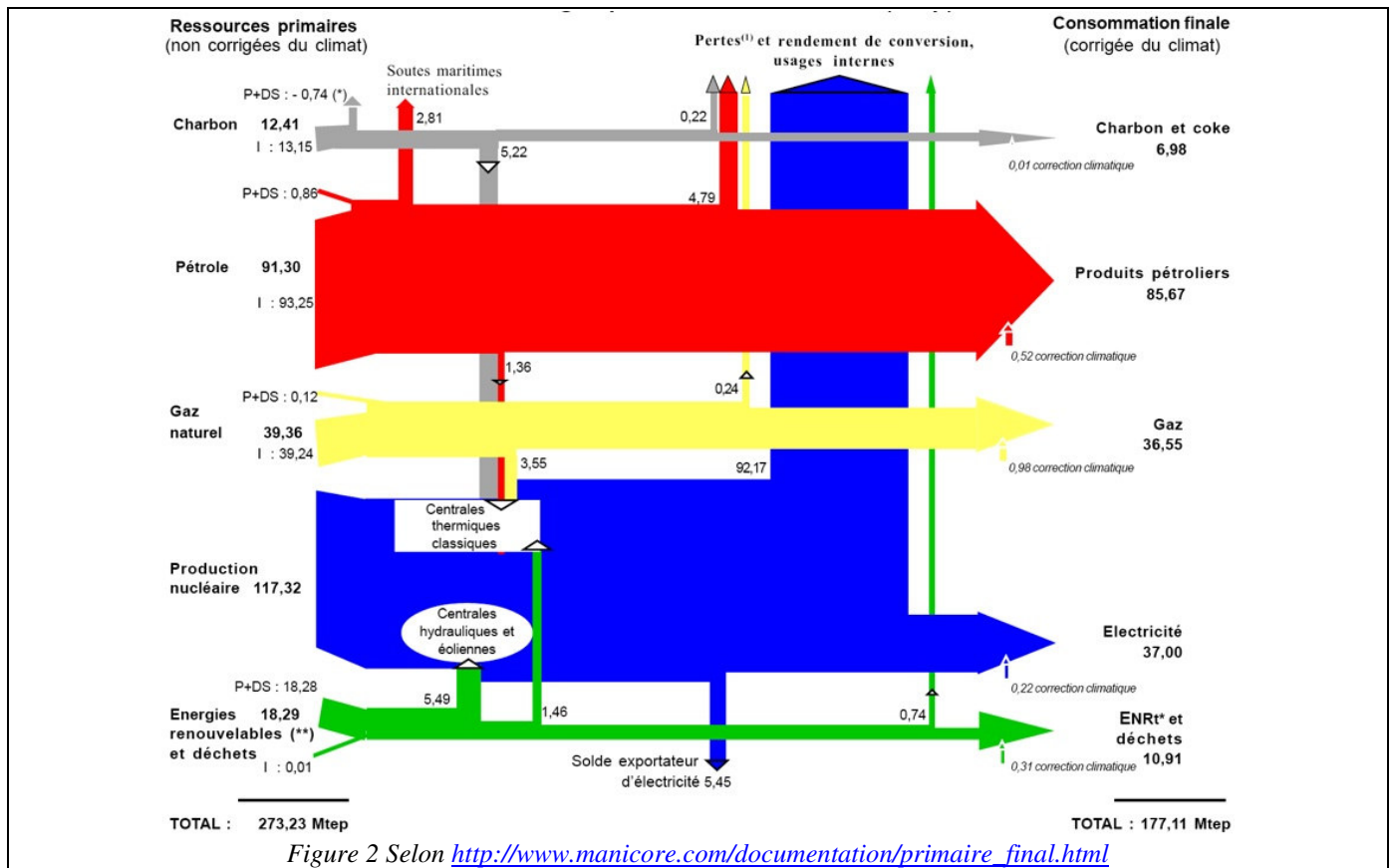
¹ MWh = 1 Million de Wh = 1 millier de kWh, GWh = 1 Milliard de Wh, 1 TWh = mille Milliard de kWh.

1.2 Les flux énergétiques

Les sources d'énergie sont soit captées localement, soit importées.

A part les pertes importantes (vers le haut sur le schéma), l'énergie est utilisée pour divers usages ou exportée.

Le schéma suivant décrit les diverses transformations et flux énergétiques en France, selon leur usage.



2 Le projet de loi sur la transition énergétique

2.1 Origine de la loi

Rappelons l'origine de cette loi.

Le Grenelle de l'environnement de 2010 a fixé des orientations générales, qui ont conduit à des études complémentaires pour chiffrer les conséquences de ces objectifs. Trois options stratégiques concernant le taux d'énergie nucléaire (25, 50 et 75%) ont été étudiées et simulées notamment par l'UFE (Union Française d'Electricité). De nombreuses réunions organisées par Jean Louis Borloo, en présence d'écologistes ont étudié puis nuancé les objectifs de la loi, par exemple concernant l'aménagement des cours d'eau. Lors de la campagne électorale présidentielle, chaque option de taux de nucléaire a eu ses partisans parmi les candidats potentiels. François Hollande avait opté pour l'option intermédiaire de 50% de nucléaire.

La stratégie décidée a été influencée moins par les conclusions des études d'experts techniques ou économistes, que par les orientations des partis politiques. Depuis, divers plans (comme les SRCAE Schéma sur le Climat, l'Air et l'Energie) ont décliné la stratégie pour les énergies renouvelables.

Le projet de loi sur la transition énergétique se présente comme le prolongement de ces travaux, en fixant comme objectifs les résultats des simulations de l'UFE avec l'hypothèse intermédiaire de nucléaire à 50% et l'accroissement au maximum possible des énergies renouvelables.

Le projet de loi est en discussion au parlement, au sénat en ce moment.

Nous allons rappeler

- ⇒ ses objectifs généraux,
- ⇒ les objectifs chiffrés exprimés,
- ⇒ une première analyse critique que l'on peut en faire.

L'objet de l'ensemble de cette étude sera d'apporter la preuve de nos affirmations.

2.2 Intérêt du contexte énergétique pour l'écologie urbaine

La réflexion sur de nombreuses questions concernant l'écologie urbaine est conditionnée par la conciliation entre écologie et disponibilité énergétique. Les réponses doivent reposer non sur des points de vue polémiques convenus, mais sur une réflexion rationnelle sur les conséquences, avantages et inconvénients techniques, sanitaires, économiques et écologiques de chaque option.

Citons en quelques exemples :

- ⇒ l'isolation des bâtiments, avec des options BBC, HQE ;
- ⇒ l'installation de panneaux solaires, voire d'éoliennes à axe verticale sur les toits ;
- ⇒ les dépenses nocturnes d'éclairage ;
- ⇒ le choix du mode de chauffage des bâtiments : individuel ou collectif, électrique ou par chaudière à carburant ou au bois, collectif par eau chauffée au bois ou par biomasse ;
- ⇒ la faune et la flore sur les bords des 2 cours d'eau.

C'est d'ailleurs ce type d'analyse critique que nous menons ci-après concernant les directives de la loi.

2.3 Les objectifs généraux formulés par la loi

En résumé, les objectifs très généraux, formulés dans la loi sur la Transition énergétique, sont les suivants :

- ⇒ Renforcer l'indépendance énergétique et la sécurité d'approvisionnement ;
- ⇒ Préserver la santé humaine et l'environnement ;
- ⇒ Assurer la compétitivité énergétique ;
- ⇒ Eviter les exclusions sociales et territoriales.

Un peu plus concrètement, la loi propose de combiner les axes d'actions suivants :

- ⇒ Réduire la consommation énergétique ;
- ⇒ Réduire la part de consommation de ressources fossiles ;
- ⇒ Réduire l'empreinte carbone pour moins contribuer au dérèglement climatique ;
- ⇒ Réduire l'exposition des citoyens à la pollution de l'air,
- ⇒ Garantir la sûreté nucléaire
- ⇒ Assurer un coût de l'énergie compétitif pour les entreprises et acceptable pour les ménages,
- ⇒ Soutenir l'innovation des entreprises,
- ⇒ Structurer les filières de croissance verte,
- ⇒ Informer de façon transparente et
- ⇒ Améliorer le transport et le stockage des énergies en visant une Union européenne de l'énergie, contribuant à la coordination des politiques nationales.

Qui n'approuverait pas sans réserve ce type d'objectifs généraux ?

La question est de savoir comment ils seront obtenus.

Parmi les mesures plus concrètes d'application, la loi cite :

- ⇒ une taxe carbone compensée par des allègements fiscaux (sans en fixer le taux) ;
- ⇒ moduler les tarifs d'électricité, selon les ressources, pour éviter les exclusions sociales et territoriales (sans en fixer les modalités) ;
- ⇒ former les professionnels des économies d'énergie (sans préciser de solutions) ;
- ⇒ développer les interconnexions physiques.

2.4 Les objectifs chiffrés

La loi précise ces axes en formulant des objectifs chiffrés censés contribuer au résultat.

Ces objectifs sont les suivants :

- 1) -40% des émissions de gaz à effet de serre en 2030 (-75% à horizon 2050),
- 2) -20% de consommation énergétique finale en 2030 (-50 % en 2050),
- 3) -30% de la consommation énergétique primaire fossile en 2030, modulé selon les émissions de CO₂,
- 4) réduire les énergies renouvelables consommées à 1/3 de l'énergie consommée en 2030 (= 23 % en 2020)
 - ⇒ à 40 % de la production d'électricité,
 - ⇒ à 38 % de la consommation finale de chaleur,
 - ⇒ à 15 % de la consommation finale de carburant,
 - ⇒ à 10 % de la consommation de gaz ;
- 5) Part du nucléaire dans la production d'électricité = 50 % en 2025 (donc aussi en 2030).

2.5 Contradictions potentielles entre les objectifs de la transition énergétique

Objectifs	Actions (& incompatibilités)
↘ Consommation	↗ Tarif & Taxe carbone
Soutien aux économies d'énergie	↗ Isolations +subventions ⇨ recherche
↘ Importations de carburant	Inverser le différentiel gazole-essence
	↗ Transport électrique & collectif
↘ Importations d'Uranium	↗ Recherche en fusion nucléaire
	↗ Nucléaire de 4ème génération
↗ Sécurité	↘ Nucléaire (?) et ↘ Charbon
↘ Coût (↗ compétitivité)	↗ Nucléaire ↘ Cibler les investissements à fort retour sur investissement
Tarif modulé par les revenus	↗ Tarif de base et ↘ la compétitivité
↗ Renouvelable carboné	↗ Investissements en renouvelable cher et aléatoire
	↗ Bois & biomasse
↘ Pollution	↘ Embouteillages et la concurrence avec les transports collectifs ↘ Les microparticules
↗ Fiabilité et disponibilité Européenne	↗ Réseau transport électrique maillé
	↗ Stockage (barrages et batteries)

Sauf celles soulignées, presque chaque action risque de s'avérer en contradiction avec une autre, par exemple :

- ⇨ l'abaissement de la consommation de combustible nucléaire avec la réduction des émissions de CO₂,
- ⇨ le renoncement au charbon ou le recours aux renouvelables avec maîtrise du coût de l'énergie,
- ⇨ la combustion de biomasse avec l'émission de microparticules en ville,
- ⇨ la compétitivité tarifaire avec le coût d'investissement dans les renouvelables,
- ⇨ l'accroissement des transports collectifs et la diminution des embouteillages, etc...

Les bénéfices de l'application de la loi vont donc reposer sur le dosage des objectifs chiffrés et ses modes d'application concrets et détaillés.

On note dans les objectifs :

- ⇨ la forte réduction du nucléaire,
- ⇨ la forte augmentation du taux d'énergie renouvelable,
- ⇨ l'inclusion de motifs sociaux antinomiques avec l'objectif poursuivi.

En matière de dosage, la loi n'y va pas « avec le dos de la cuillère ».

L'étude complète va malheureusement démontrer :

- ⇨ l'incompatibilité entre les objectifs chiffrés & les objectifs plus généraux :
 - Indépendance énergétique,
 - Abaissement de la consommation fossile,
 - Compétitivité du coût de l'énergie,
 - Préservation de la santé,
 - Réduction des émissions de CO₂

- ⇨ L'irréalisme technique & économique de l'accroissement outrancier du taux d'énergie renouvelable,
- ⇨ L'insuffisante prise en compte d'innovations probables.

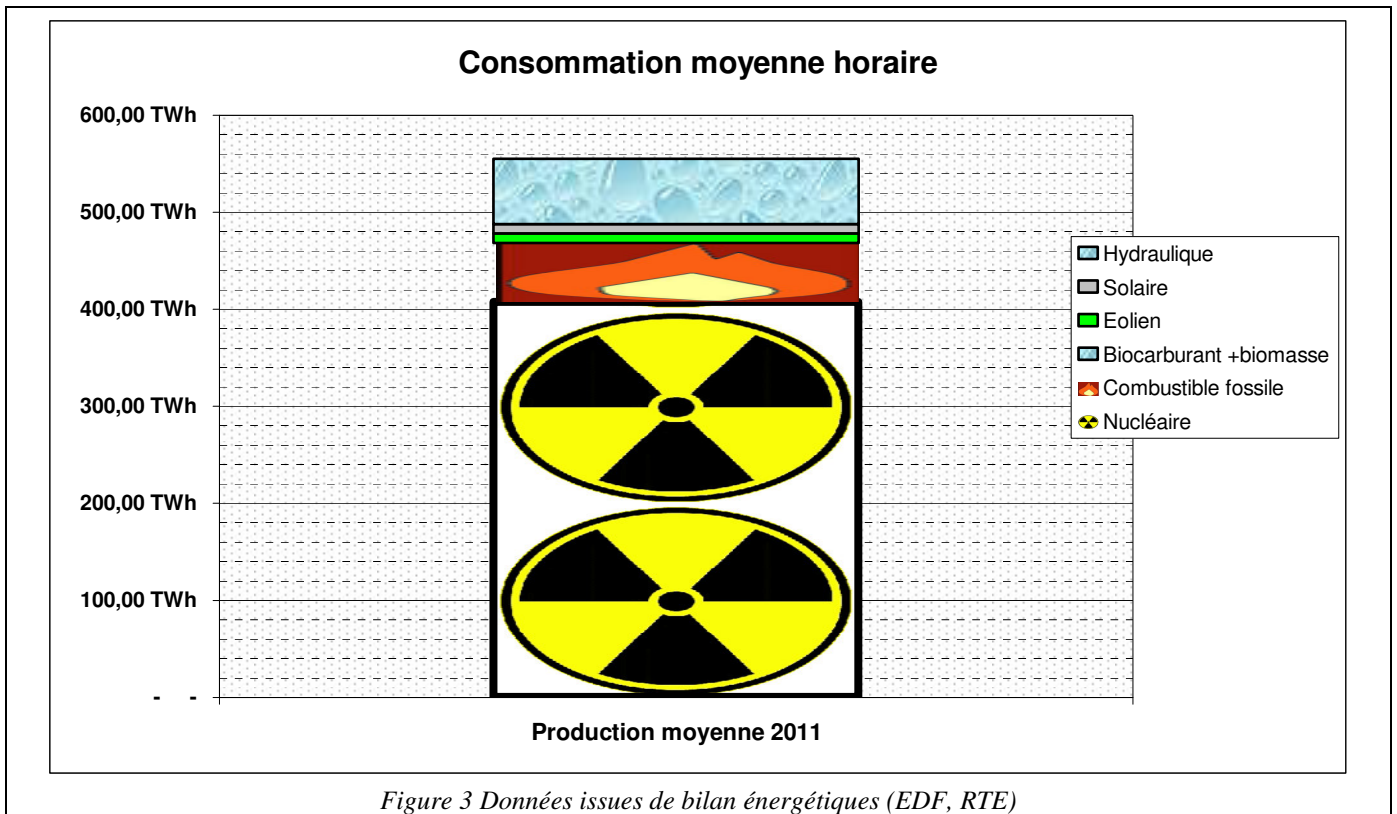
Pour expliciter cette démonstration, nous allons étudier notamment :

- ⇨ l'appel aux diverses sources d'énergie pour produire de l'électricité (plus de la moitié de l'énergie consommée),
- ⇨ hors énergie électrique, les effets du recours à des formes différentes d'énergie,
- ⇨ les critères de choix des autres formes d'énergie et les leviers de l'état sur ces choix,
- ⇨ les innovations probables qui vont améliorer la situation,
- ⇨ les économies d'énergies raisonnablement probables.

Dans un domaine aussi technique et complexe que l'optimisation énergétique et notamment celle du système électrique national, on peut d'ailleurs se demander si le but de formuler une stratégie, ne risque pas de conduire les politiques à graver des stupidités dans la législation.

3 Le besoin d'adapter la production électrique à la consommation

3.1 Consommation électrique moyenne

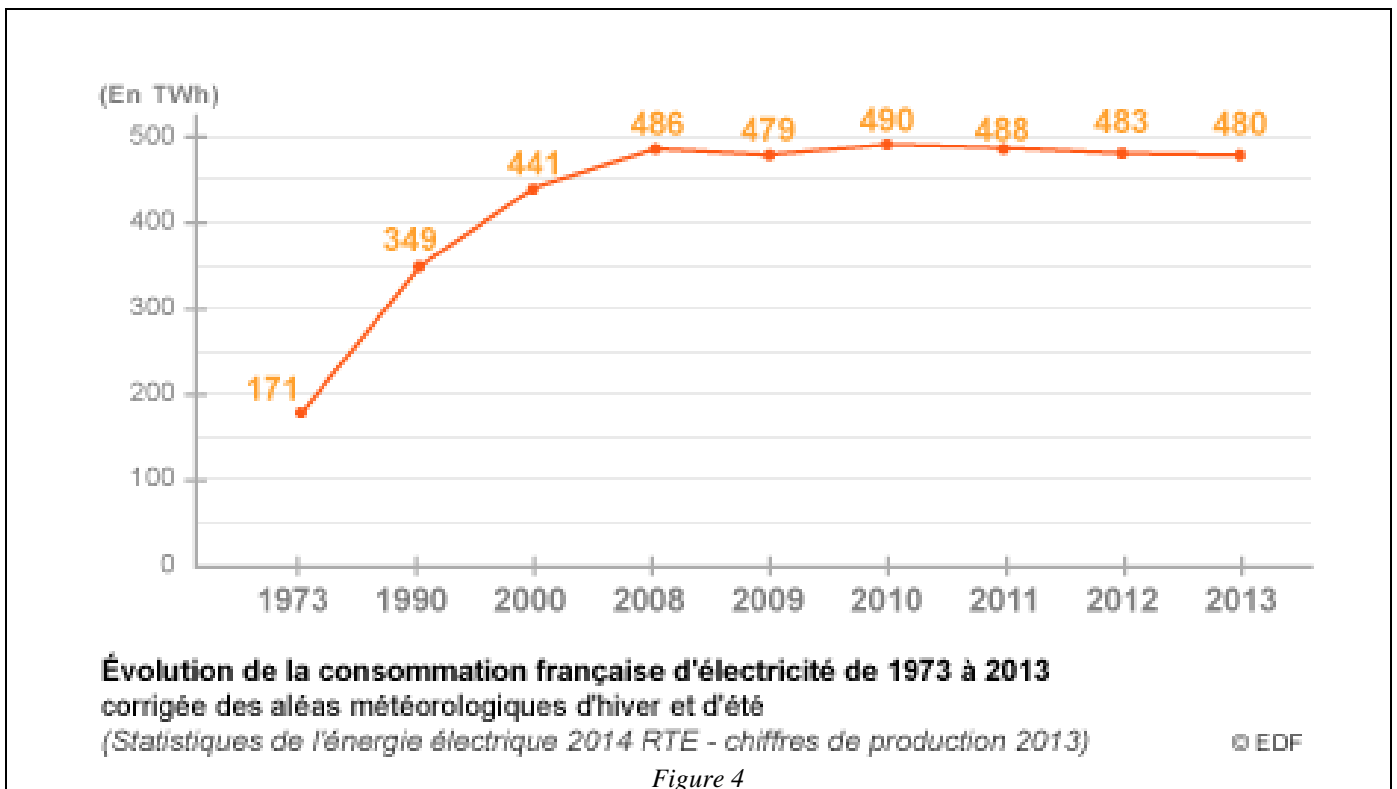


L'électricité représente plus de 50% de la consommation. Le besoin immédiat moyen est de 63GW

3.2 Evolution de la consommation électrique

Mais naturellement, cette consommation varie.

3.2.1 Evolution historique de la consommation électrique.



La consommation électrique a baissé de 1% en 5 ans. En extrapolant ce pourrait-être -3% en 2030.

Mais, extrapolation n'est pas raison.

Bien malin qui peut prédire si la consommation électrique va croître ou décroître.

Dans son rapport 2014¹, RTE publie une projections à horizon 2025 une demande totale^a comprise entre **526 et 602 TWh** contre 550 TWh en 2013.

Le cas français est une exception, la consommation d'électricité mondiale est en augmentation.

Les facteurs qui pourraient bouleverser la consommation d'énergie électrique en France peuvent être classés en facteur d'augmentation et en facteurs de diminution.

Les facteurs d'augmentation sont :

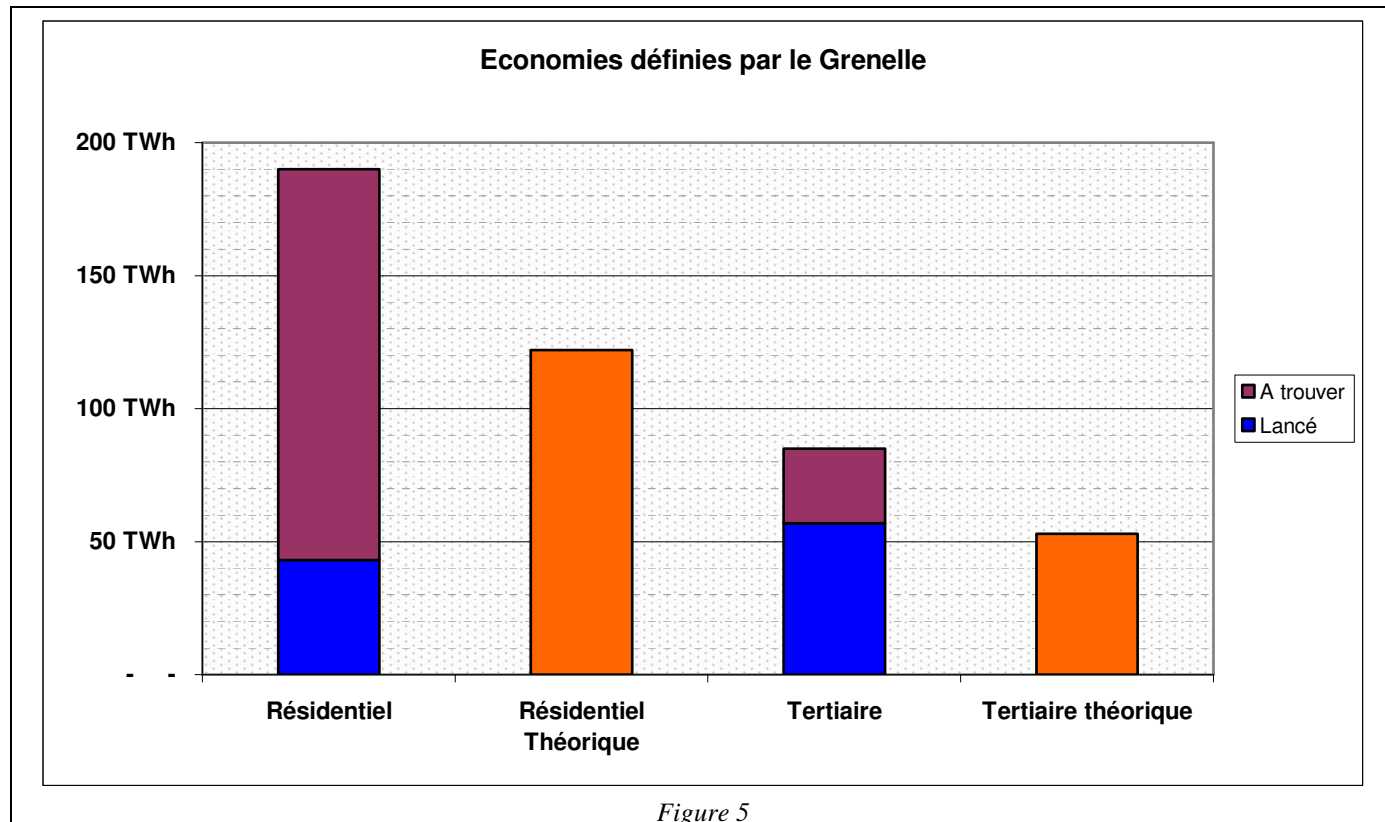
- ⇒ l'accroissement du transport électrique,
- ⇒ les remontées d'eau dans les barrages,
- ⇒ la disparition des foyers de chauffage polluants en ville au profit de l'électrique,
- ⇒ la généralisation de la climatisation estivale,
- ⇒ la généralisation des appareils électriques et électroniques,
- ⇒ le maintien de l'emploi industriel en France.

Facteurs de diminution sont :

- ⇒ L'isolation de l'habitat,
- ⇒ Le recours au chauffage au bois, hors d'agglomération,
- ⇒ La climatisation par pompe à chaleur,
- ⇒ Les évolutions techniques de l'éclairage urbain et privé (LED par exemple),
- ⇒ L'évolution technique des appareils.

Parmi les évolutions, certaines sont pilotées, comme la remontée d'eau dans les barrages ou plutôt nocturnes, comme la recharge de véhicules électriques et vont accroître la consommation, sans nécessiter d'accroître obligatoirement la puissance maximale du réseau.

Le Grenelle de l'Environnement a de fixé des objectifs de **Maîtrise des Dépenses d'Énergie à 375TWh, sur un total de l'ordre de 1000 TWh.**



Pour remplir cet objectif, l'amélioration de l'efficacité énergétique du secteur bâtiment (résidentiel et tertiaire) est estimé à 275 TWh.

Mais, au-delà des 100 TWh, il ne sera possible d'obtenir les 175 TWh supplémentaires en 2020 que grâce à des actions d'efficacité énergétique qui doivent être distinguées en trois catégories ;

- ⇒ **Les actions rentables sans aide publiques,**
 - ⇒ génèrent seulement : **54 TWh d'économies d'énergie,**
 - ⇒ moyennant un investissement privé de 24 000 M€.
- ⇒ Les actions envisageables avec un abondement public,
 - ⇒ 60Md€ d'investissements privés, qui généreraient 76 TWh supplémentaires
 - ⇒ avec abondement public de 70Md€.
- ⇒ Des actions économiquement inaccessibles :
 - ⇒ Qui généreraient 47TWh,
 - ⇒ qui demandent 38Md€ d'investissement privé,
 - ⇒ à compléter par des incitations publiques à hauteur de 408 Md€.

Il serait donc fort étonnant que les économies dépassent 50 TWh sur une consommation d'environ 1000 TWh.

3.3 La capacité maximale du réseau

Comme nous allons le montrer, le besoin de consommation électrique est très fluctuant selon la saison, le jour de la semaine et le moment dans la journée. Le réseau doit donc avoir une capacité d'énergie supérieure à la consommation moyenne. D'autant que toutes les formes d'énergie ne sont pas forcément disponibles au moment où l'on en besoin.

C'est le cas notamment des énergies renouvelables :

- ⇒ l'énergie solaire indisponible la nuit, maximale en milieu de journée, dépendante de la nébulosité,
- ⇒ l'énergie éolienne qui dépendant du vent, surtout sur terre,
- ⇒ l'énergie hydraulique des réservoirs et lacs, limitées par la capacité disponible.

La capacité maximale théorique du réseau français est de 125GW, soit environ le double de la moyenne.

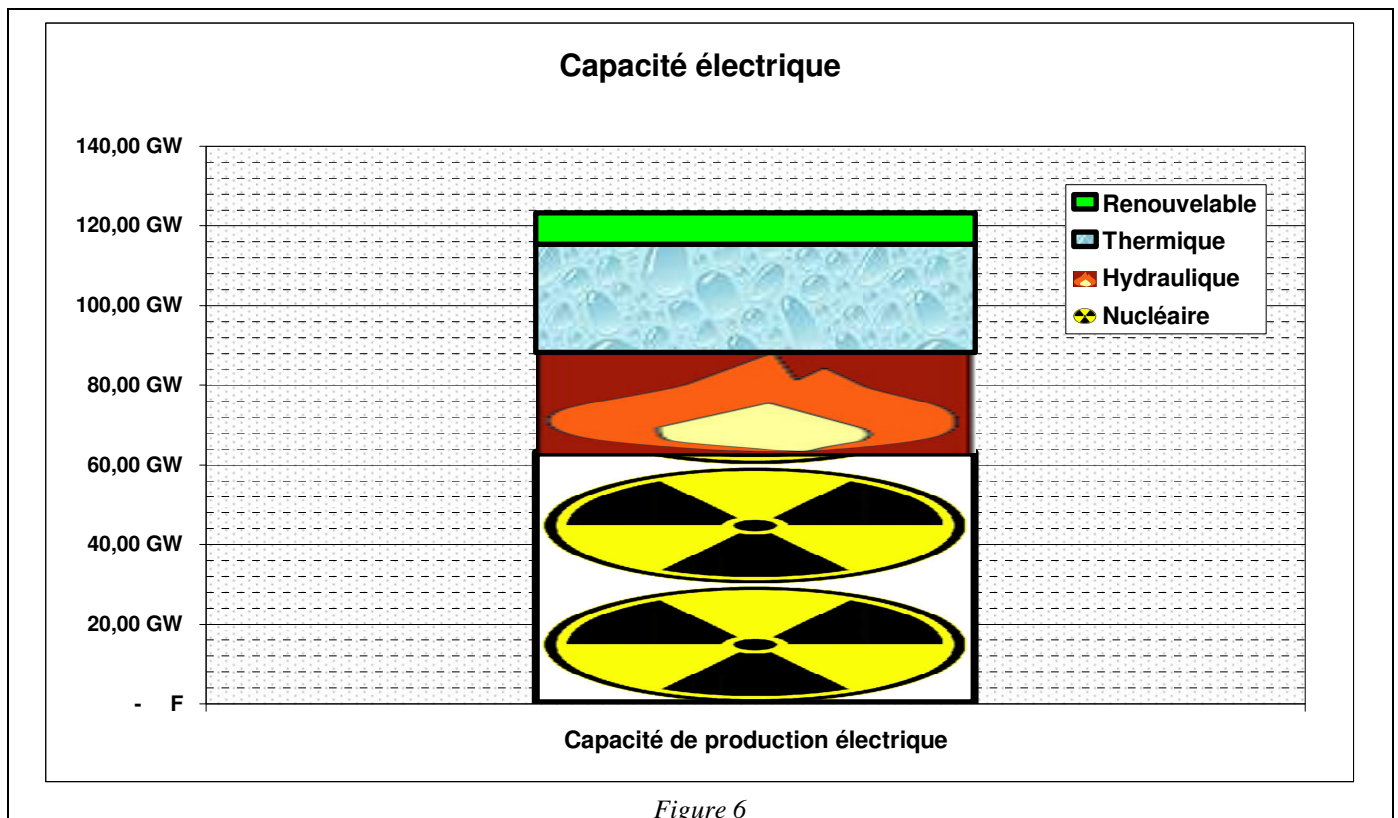
La capacité maximale pilotable (disponible à la demande) est de l'ordre de 115GW.

Par ailleurs, les interventions de maintenance rendent périodiquement indisponibles les installations pendant des durées dépendant du type de système de production. La disponibilité des moyens de production est détaillée plus loin. Elle est globalement de l'ordre de 80% à 90% de la capacité maximale, mais variable selon les circonstances.

Il importe que la capacité maximale soit équivalente au besoin maximal, faute de quoi il faudra :

- ⇒ soit importer sur la bourse de l'énergie, si il y a des disponibilités inutilisées, quel que soit leur coût,
- ⇒ soit délester des utilisateurs (en Effacement Jour de Pointe) si ce n'est pas déjà fait,
- ⇒ soit se résoudre à couper l'électricité à certaines régions, solution extrême dont il convient d'éviter les effets catastrophiques.

La capacité actuelle des diverses sources primaires d'énergie électrique est donnée par le graphique suivant.

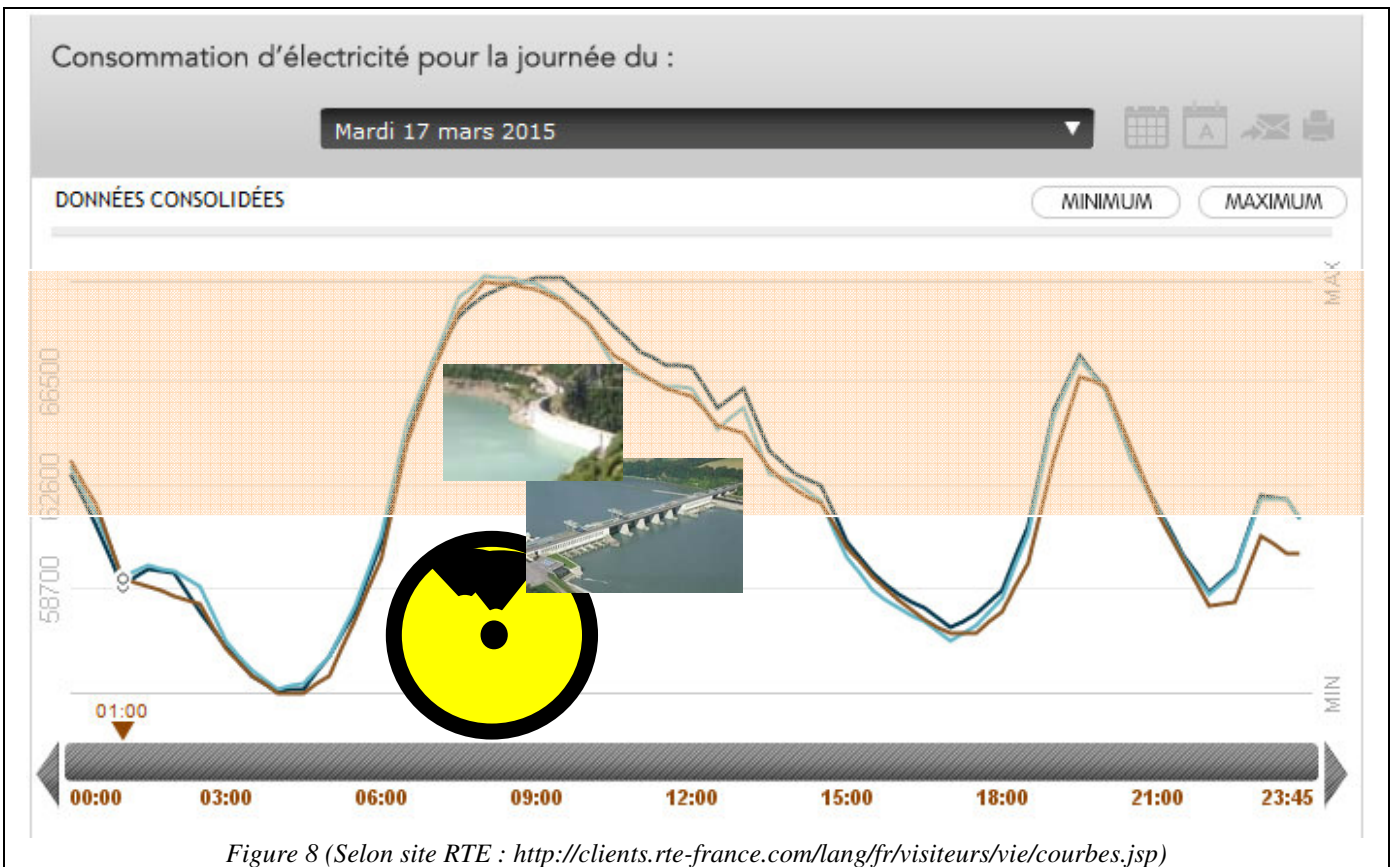
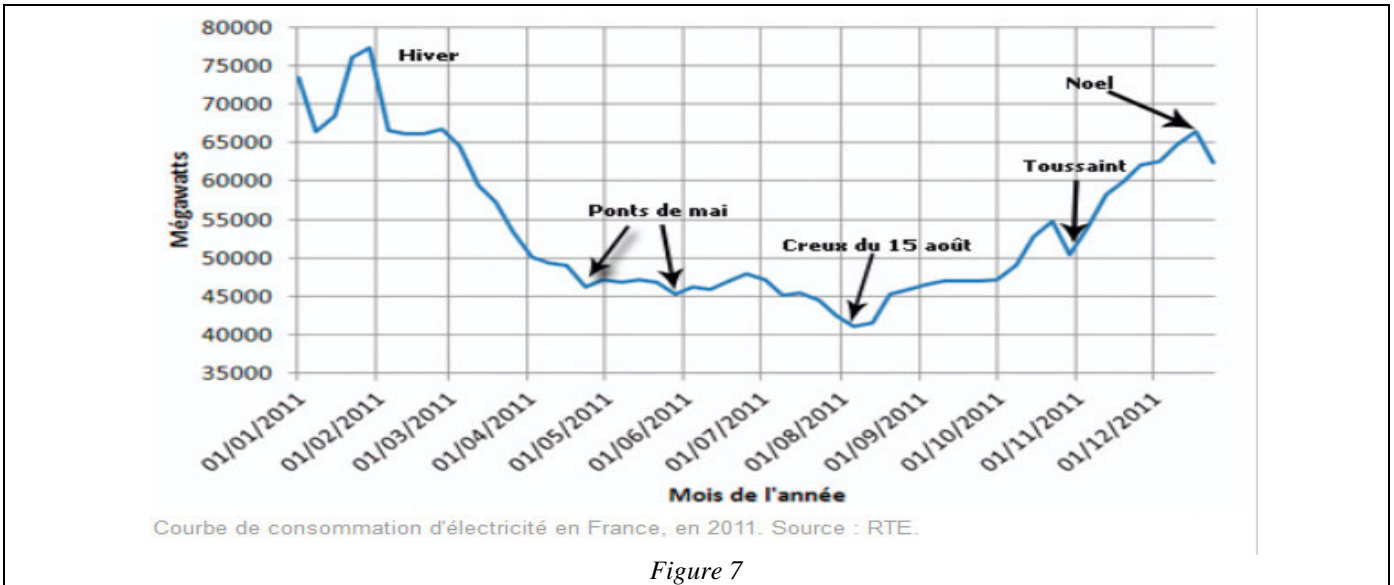


En France, la capacité de l'énergie électrique nucléaire est primordiale. Elle peut être étendue en démarrant de nouvelles centrales comme l'EPR de Flamanville ou réduite en fermant progressivement les centrales les plus anciennes, comme celles de Fessenheim, du Bugey, ou du Tricastin, lorsqu'elles seront condamnées par leur limite d'âge. L'extension possible de chaque source d'énergie sera étudiée plus loin.

3.4 Variation saisonnière de la consommation électrique

La variation saisonnière de la consommation annuelle est donnée par le graphique suivant.

On peut constater que la moyenne de consommation annuelle est dépassée durant les 3 à 4 mois d'hiver. Les maxima dépendent évidemment des épisodes de froid, donc de chauffage.



3.5 Variation journalière de la consommation

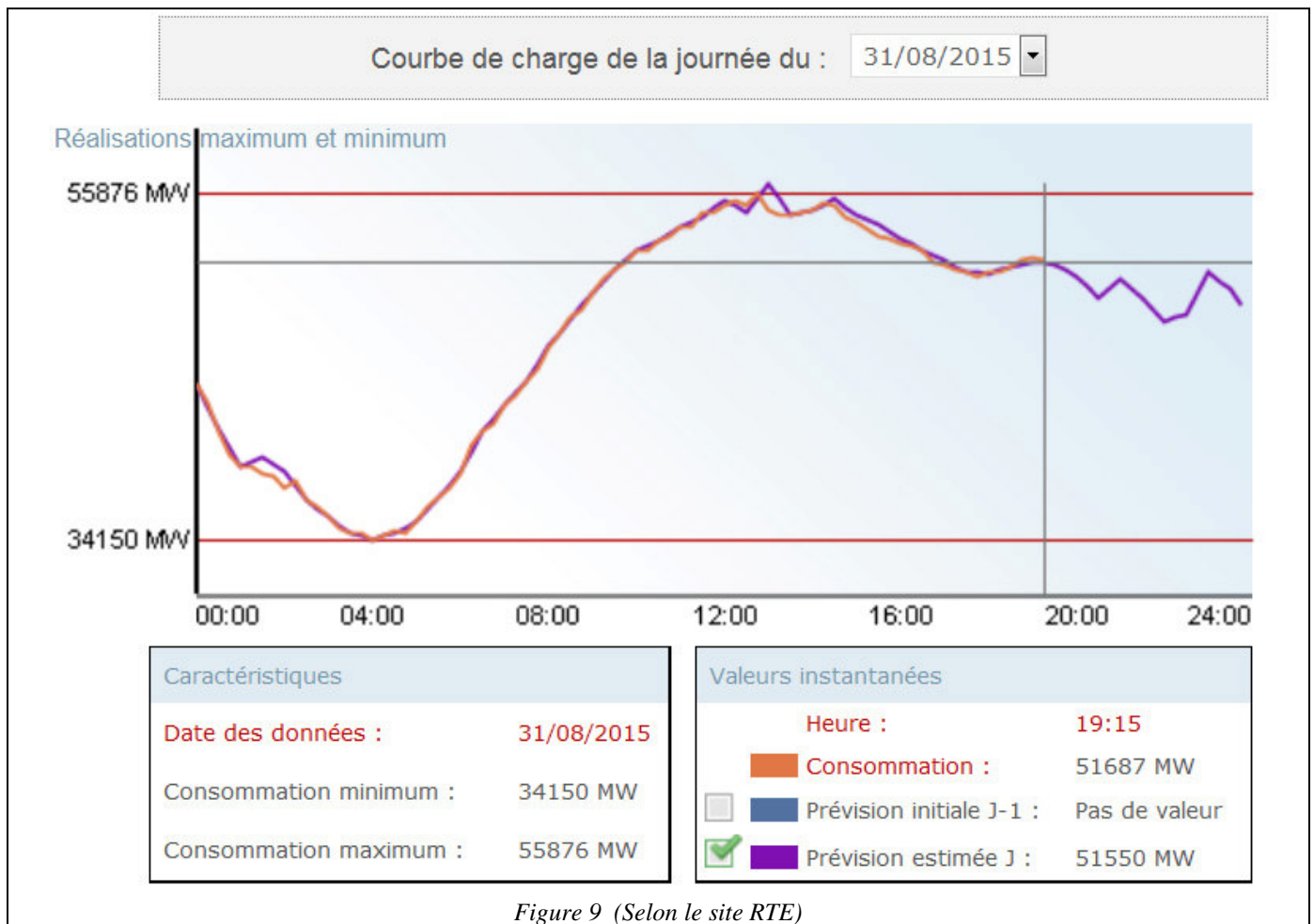


Figure 9 (Selon le site RTE)

L'énergie nucléaire sert comme énergie de base et l'énergie fluviale et l'énergie renouvelable pour ajuster la production aux fluctuations de la consommation, puis l'énergie de chute.

Le diagramme dépend du jour. En hiver, la consommation électrique journalière présente :

- ⇒ un creux la nuit,
- ⇒ une pointe le matin,
- ⇒ avec une progression de 4h à 8h,
- ⇒ un creux l'après-midi,
- ⇒ une pointe le soir.

La consommation du jour est visible sur :

http://www.rte-france.com/sites/default/files/presentation_des_seef_2014.pdf

La contribution des différentes sources d'énergie (nucléaire, rouge – hydraulique, bleu - renouvelable, vert) est représentée sur le diagramme suivant.

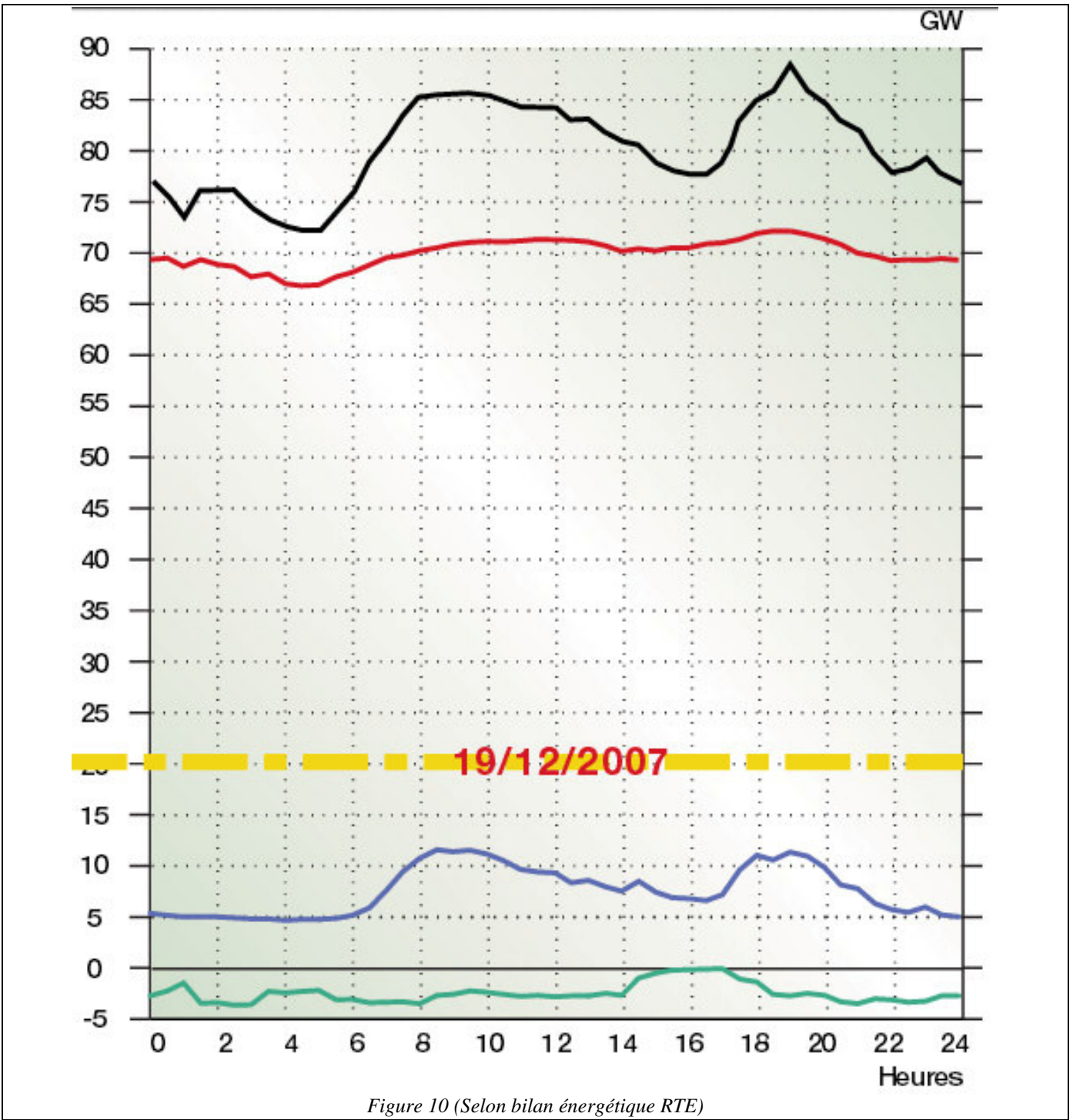
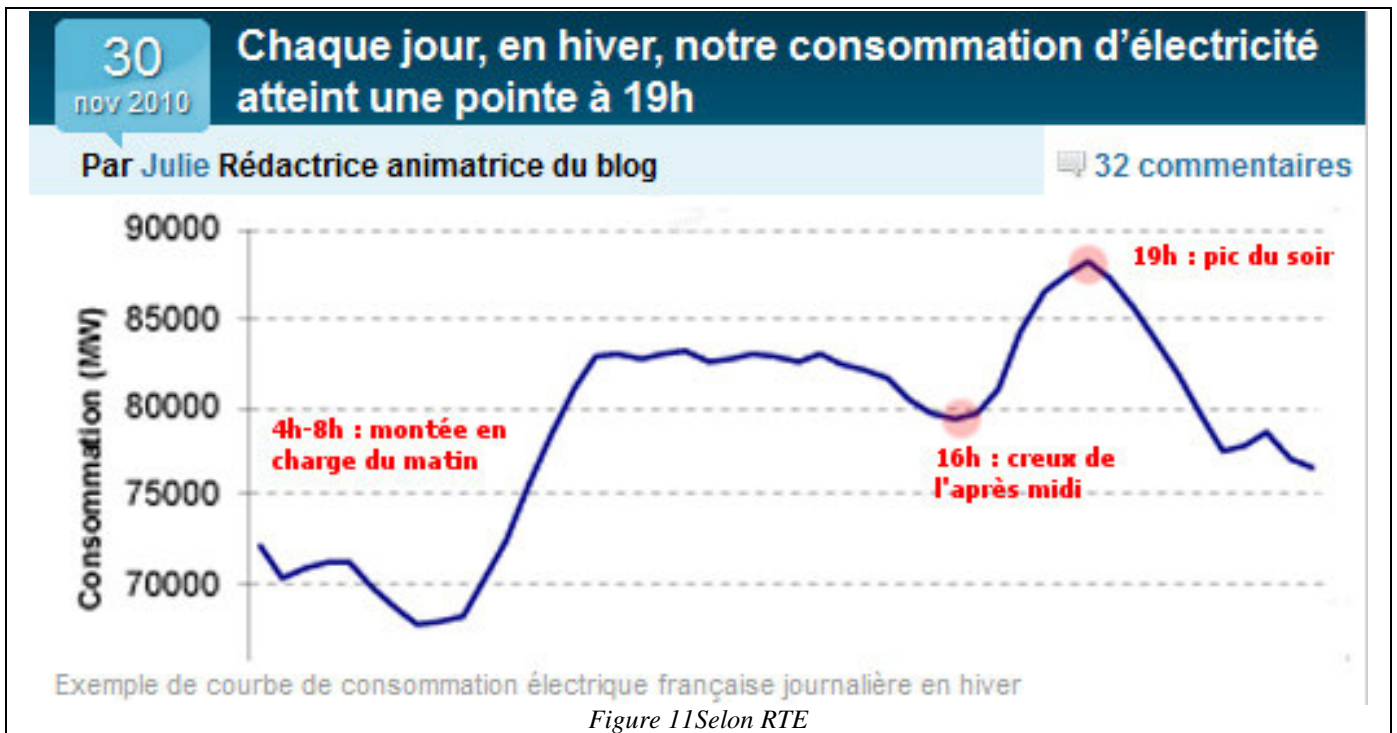
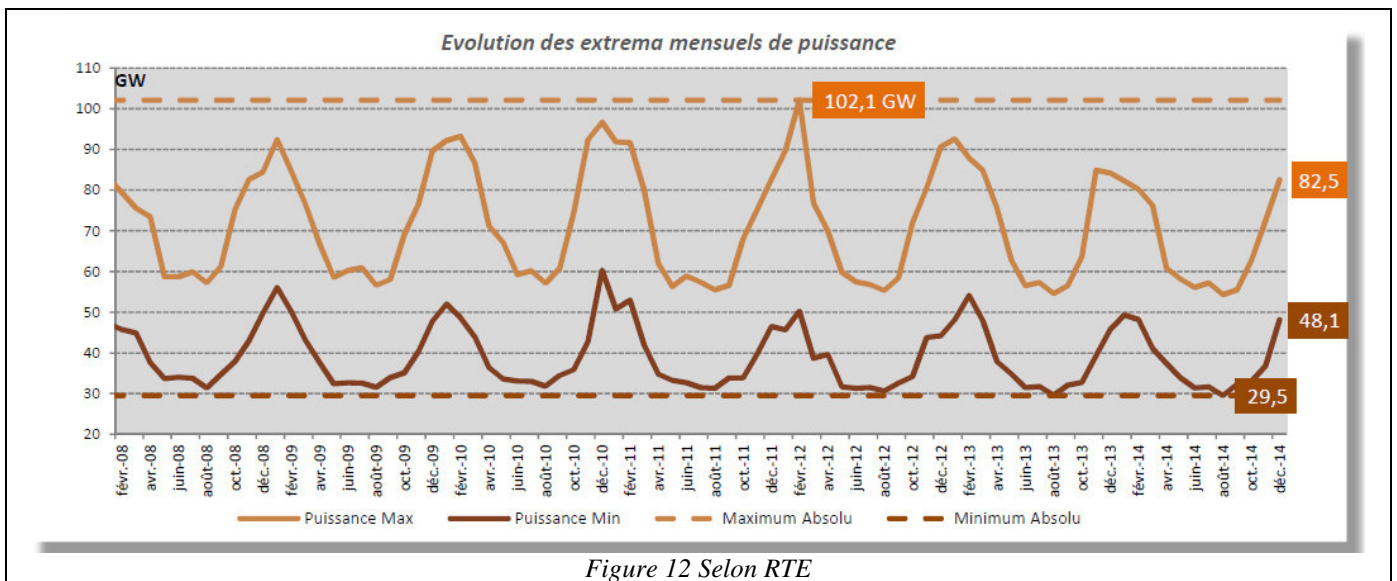


Figure 10 (Selon bilan énergétique RTE)



On voit que le maximum de consommation est atteint vers 19 heures, dans les journées d'hiver. Le record est de 102.1GW en février 2012.



On constate que le réseau français est bien dimensionné, puisque :

le maximum production * disponibilité ~ maximum consommation

Le maximum des minima est de l'ordre de la capacité nucléaire. Ceci signifie que dans les creux journalier, la consommation peut être exclusivement nucléaire.

Le minimum absolu est égal de l'ordre de la moitié de la capacité d'énergie nucléaire.