



Pour un choix futé de notre énergie

Sommaire

6. Contradictions de la loi sur la transition énergétique.....	2
6. 1. Quelles énergies primaires pour produire l'électricité.....	2
6. 2. Conséquences concrètes.....	3
6. 2. 1. Baisse fatale du PIB	3
6. 2. 2. Envahissement irréaliste des éoliennes	4
6. 2. 3. Instabilité du réseau	5
6. 2. 4. Augmentation incroyable du coût de l'électricité	6
6. 2. 5. Impossibles progrès du transport.....	7
6. 3. Conclusion	7

6. Contradictions de la loi sur la transition énergétique

6.1. Quelles énergies primaires pour produire l'électricité

Rappelons les principaux objectifs chiffrés proposés par la loi sur la transition énergétique :

- ⇒ La consommation baisse de 20%,
- ⇒ Le nucléaire baisse de 46%,
- ⇒ Les énergies fatales sont quadruplées,
- ⇒ L'hydraulique croît de 4%, intégrant les contraintes écologiques,
- ⇒ Le thermique en baisse de 30%, le biocarburant et biomasse remplaçant les combustibles fossiles.

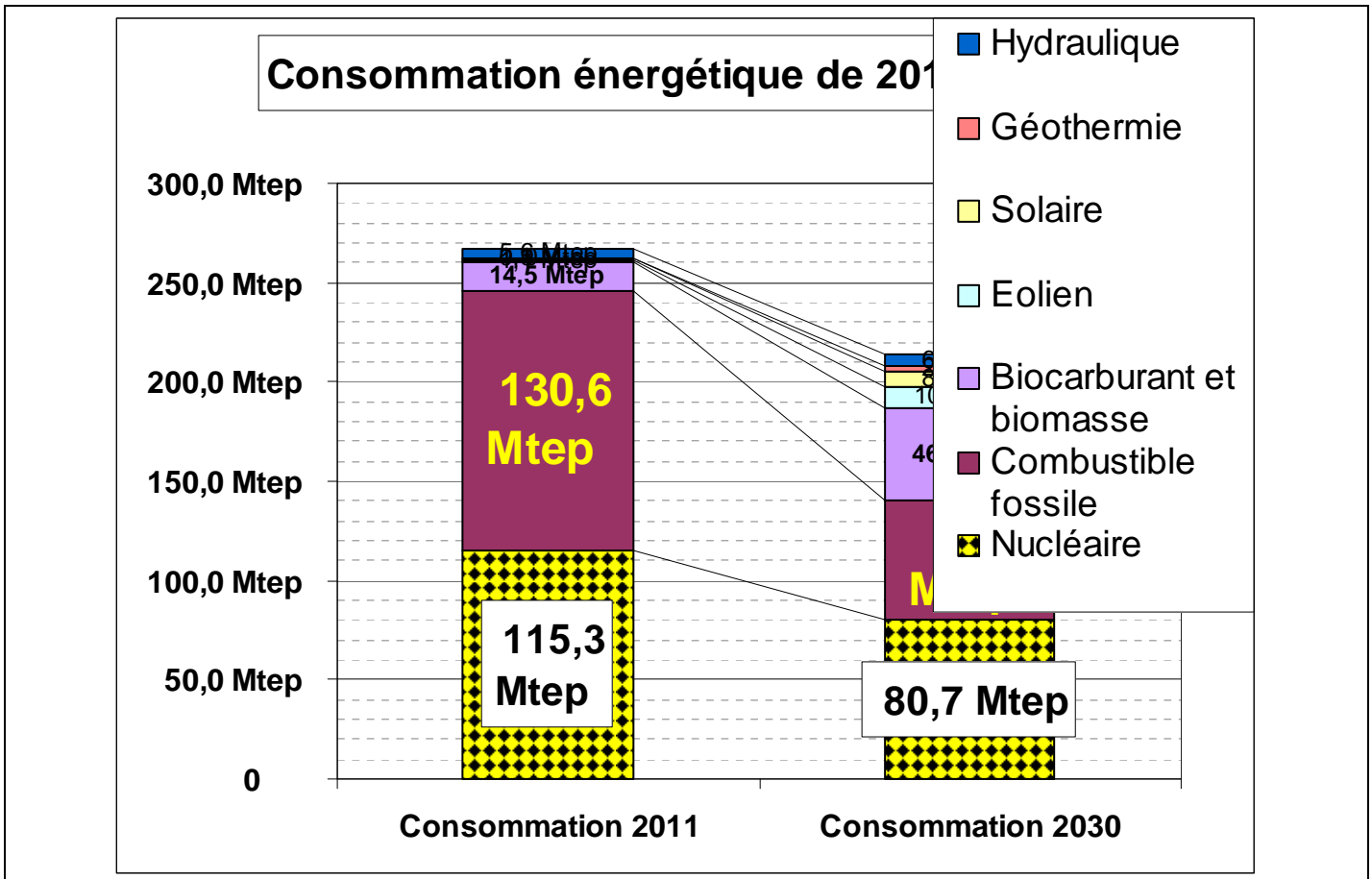
Ces objectifs peuvent être utilisés dans le tableau Excel des énergies primaires actuelles pour calculer ce que seraient les énergies primaires en 2030.

Energie électrique	Production électrique 2014	Production électrique 2011	Production électrique 2030	Evolution 2011-2030	2030/2011	Coût kWh	Coût 2011 en M€	Coût 2030 en M€	
Nucléaire	415,90 TWh	407,90 TWh	219,57 TWh	-30%	-46%	5,97 c€/kWh	24 344,4 M€	13 104,2 M€	
Combustible fossile	27,00 TWh	60,36 TWh	42,25 TWh	-30%	-30%	27,0 c€/kWh	16 296,4 M€	11 407,5 M€	
Biocarburant +biomasse	5,00 TWh		46,00 TWh		-46%	9,63 c€/kWh	-	4 428,2 M€	
Eolien	17,00 TWh	9,82 TWh	35,24 TWh	33%	259%	30,56 c€/kWh	-	10 769,8 M€	
Solaire	5,90 TWh	3,90 TWh	26,74 TWh	33%	586%	32,59 c€/kWh	3 199,1 M€	8 711,8 M€	
Géothermie							10,0 M€	-	
Hydraulique	68,20 TWh	66,94 TWh	69,94 TWh	4%	4%	5,79 c€/kWh	3 878,5 M€	4 052,3 M€	
Electrique	540,60 TWh	548,92 TWh	439,13 TWh	-20%	-20%		47 708,3 M€	52 473,7 M€	
Fossile	442,90 TWh	468,26 TWh	261,82 TWh	-44,1%	-30,0%				
Renouvelable	81,92 TWh	80,66 TWh	144,91 TWh	79,7%	33,0%				
Emettant du CO2	61,36 TWh	60,36 TWh	265,57 TWh	340,0%	-40,0%				
Fatal et aléatoire	22,90 TWh	13,72 TWh	61,97 TWh	351,8%					
							8,69 c€/kWh	37,5%	11,95 c€/kWh

Graphiquement, ce tableau se traduit par le schéma suivant :

Erreur ! Des objets ne peuvent pas être créés à partir des codes de champs de mise en forme.

Mais notons bien que ce tableau ne tient pas compte de l'équilibre du réseau électrique qui en conditionne la faisabilité.



6. 2. Conséquences concrètes

Notons que :

- ⇒ Le thermique a été remplacé par du renouvelable,
- ⇒ Le renouvelable connaît un développement 4 fois plus important que dans la décennie précédente.

Cependant, les conséquences indirectes sont graves. Nous les résumons dans le tableau, ci-après, que nous allons justifier ensuite.

Objectif chiffré de la transition énergétique	Conséquence indirecte
Baisse de 20% de la consommation énergétique ?	Baisse de 20% du PIB
La part du renouvelable portée à un tiers	Envahissement des éoliennes
	Instabilité du réseau électrique entraînant des coupures ou délestages ou
	Construction de 15 centrales thermiques au gaz en contradiction avec la loi
Réduction à 50% de la part du nucléaire ?	car entraînant un accroissement de 30% du CO ₂ , ou de 40%, à PIB constant
	Accroissement de 40% du coût de l'électricité
	Impossibles progrès du transport électrique

6. 2. 1. Baisse fatale du PIB

La variation du PIB est étroitement corrélée à la disponibilité de l'énergie, autrement dit à sa consommation énergétique.

Cette affirmation peut paraître étonnante. Jean Marc Jancovici, expert reconnu en matière d'énergie, en fait une démonstration sur son site « manicore.com ».

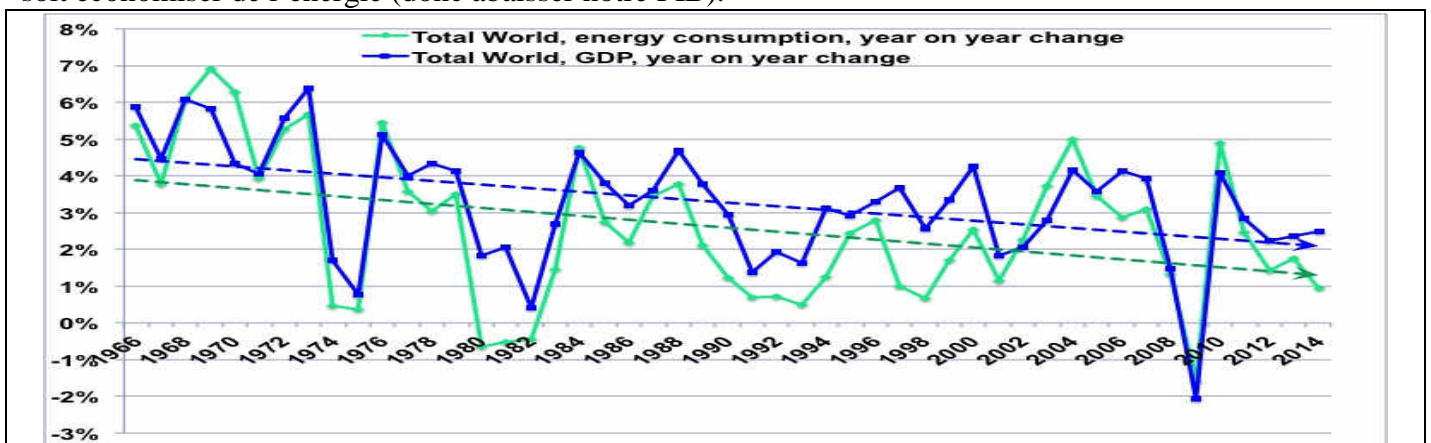
Pour s'en convaincre, il est intéressant d'observer les 2 abaques suivants tirés du site susnommé. Ils montrent en effet que l'évolution du PIB est étroitement corrélée avec l'évolution de la dépense énergétique et qu'il en dépend avec un faible retard. En effet, toute notre activité économique repose sur d'importantes et inévitables dépenses d'énergie.

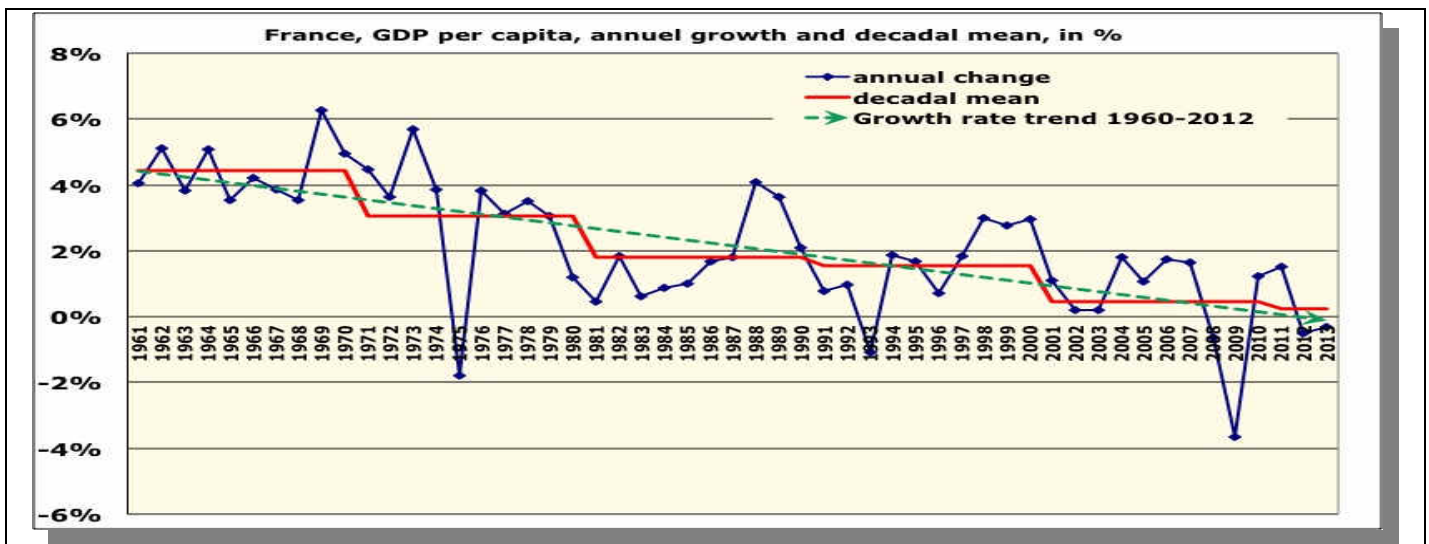
Programmer une baisse d'énergie, c'est programmer une baisse du PIB et vraisemblablement de notre niveau de vie.

Certes, le progrès peut viser à obtenir mieux avec moins d'énergie, donc à conserver son niveau de vie tout en abaissant ses dépenses (notamment énergétiques). Nous analyserons dans un prochain chapitre quelles économies sont possibles à PIB constant en utilisant les progrès techniques. Nous verrons qu'elles ne sont pas nulles, mais malheureusement réduites.

Mais le progrès conduit aussi à de nouvelles dépenses énergétiques comme l'ordinateur, les portables, la télévision, l'augmentation de la mobilité etc.

Notons également que dans la situation actuelle, on a dépassé le maximum de production des combustibles thermiques (hors nucléaires) et qu'en conséquence, leur disponibilité va fatalement diminuer et si c'est le cas, il faudra soit recourir à d'autres sources d'énergie que le thermique pour maintenir notre niveau de vie, soit économiser de l'énergie (donc abaisser notre PIB).





6. 2. 2. *Envahissement irréaliste des éoliennes*

Comme indiqué dans le chapitre sur les risques et conséquences de chaque source énergétique, nous avons rappelé que dans un champ d'éolienne, il convenait de les espacer en ligne de 500m et en épaisseur d'un km environ, soit un demi-km² par éolienne. Pour une production de 36 TWh avec un taux de génération d'électricité de 20% (à cause de l'existence aléatoire du vent sur terre), il faut avoir une puissance nominale installée de :

$36\text{TWh}/20\%/8760\text{heures}=21\text{GWh}$. Avec des éoliennes déjà conséquentes de 2MW (il y a en a certes de plus puissantes), il faut installer 10 000 éoliennes, donc sur 5 000km² du territoire national, soit le cinquième de la superficie de la Bretagne, ou bien si on en installait sur 500km (la moitié des 1000km de côte française) sur une épaisseur de 10km. Ne peut-on pas douter de la faisabilité et surtout de l'acceptabilité en 15 ans.

Certes, on peut en mettre en mer, avec un taux de production double. Mais quand on connaît l'opposition féroce des pêcheurs que connaît l'installation d'éoliennes marines à l'Ouest du Cotentin, on peut aussi douter de la faisabilité.

6. 2. 3. *Instabilité du réseau*

Le tableau ci-dessus traduit les moyennes annuelles de production par source primaire, tel qu'annoncé par la loi sur la transition énergétique.

Mais il faut différencier l'énergie pilotable des centrales nucléaires, thermiques et hydraulique de l'énergie fatale des renouvelables que sont la cogénération, l'éolien ou le solaire photovoltaïque.

L'équilibre : **Consommation variable = Puissance aléatoire** est hélas impossible.

Or les énergies éolienne et solaire sont non seulement aléatoires, mais par décision administratives fatales, c'est à dire doivent être utilisées quant elles se produisent, même si cela coûte de se passer de l'énergie nucléaire disponible (en accroissant l'amortissement de l'investissement et en raison d'un coût marginal négligeable du combustible) et surtout elle doit être remplacée par une autre énergie immédiatement disponible. Mais laquelle ?

Esquiver la fatalité par l'énergie importée ?

On pourrait penser que si nous n'avons pas assez de vent chez nous, les autres pays européens ont quelque chance d'en avoir. La disponibilité des énergies éoliennes européenne est trop systématiquement concomitante (comme le montre le graphique suivant) pour l'envisager.

Donc l'énergie importée sera non seulement très chère (tous les pays européen sont en manque en même temps) mais de ce fait vraisemblablement fabriquée ailleurs par du charbon, ce qui ne paraît pas l'objectif recherché.

Esquiver la fatalité par de l'énergie nucléaire ?

L'énergie nucléaire, techniquement, n'est pas une énergie de substitution disponible à la demande et d'ailleurs la loi pousse à y renoncer.

Esquiver la fatalité par des centrales à gaz ?

L'énergie des centrales à gaz est utilisée dans les pays plus fortement équipés que nous en énergie éolienne (Pays Bas, Danemark) pour se substituer à l'énergie éolienne. En fait, l'éolien dans ces pays se justifie pour économiser du combustible, en diminuant la durée de fonctionnement des centrales à gaz. Il nous faudrait construire une quinzaine de centrales à gaz de 430MW, du type de celle de Blénod lès Pont à Mousson (donnée en exemple ci-après), à double turbine, d'un rendement de 60%, d'une réactivité de 10mn. Mais cela entraînerait un doublement des émissions de gaz à effet de serre et un accroissement de 40% du coût de l'énergie. La loi sur la transition énergétique implique très justement de diminuer les émissions de CO₂ et interdit donc une telle solution.



Esquiver la fatalité par le délestage

On ne reste donc qu'une solution : **le délestage massif des consommations non prioritaires**. Cela est possible, grâce aux compteurs intelligents, mais, pratiquée à grand échelle, cette solution serait bien évidemment très impopulaire et particulièrement mal commode. Je vois mal la cuisinière cesser de cuire son pot au feu ou son beefsteak lorsque le vent tombe.

De plus, avec un tel taux d'énergie aléatoire, l'équilibre du réseau serait très aléatoire et les **pannes globales d'électricité deviendraient très probablement inévitables, avec les désastres associés**.

6. 2. 4. *Augmentation incroyable du coût de l'électricité*

Le remplacement du nucléaire par le renouvelable au coût de production actuel entraînerait un **accroissement direct de 40% du coût de l'énergie** (hors inflation). Ceci est calculé en appliquant les coûts étudiés précédemment (avec un coût du baril à moins de 40€, ce qui ne sera certainement aussi favorable en 2030). Mais comme il faut installer une puissance d'énergie maîtrisable et réactive équivalente à la capacité d'énergie aléatoire (sous forme de centrale à gaz, il faut ajouter au coût direct un coût de « suppléance » (Back-up) équivalent au coût de base, soit au total un supplément de coût d'environ 140%.

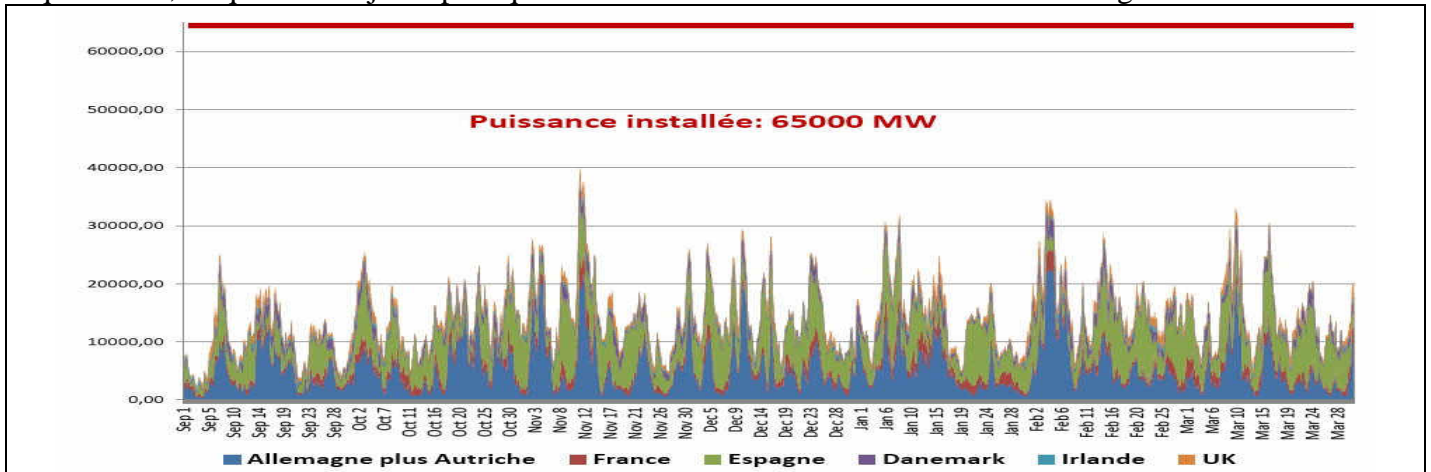
Les partisans inconditionnels du renouvelable nous expliqueront que le coût du photovoltaïque, lui, va baisser grâce aux progrès technologiques et que le coût du nucléaire va augmenter, au vu des problèmes de l'EPR.

Le coût du nucléaire va-t-il s'accroître ? Il est évident que l'accroissement des mesures de sécurité imposées suite au retour d'expérience comme ceux de la catastrophe de Fukushima notamment ou à la protection des centrales contre les chutes d'avion va augmenter le coût d'investissement.

Cependant par ailleurs, l'augmentation du rendement des EPR va en réduire le coût du kWh. De plus, la durée technique d'amortissement sera certainement portée de 40 à 50 voire à 60 ans, ce qui va naturellement abaisser le coût du kWh. Quel sera le coût de l'électricité issue des centrales EPR fabriquées en série. Aujourd'hui, toutes les hypothèses sont permises. On ne peut pas se baser sur le coût des têtes de série d'Olkiluoto en Finlande ou de Flamanville. On peut espérer que le coût de 9 c€/kWh promis pour Hinkley Point est une hypothèse plus plausible et haute actuellement. Mais le remplacement de 58 centrales françaises par une quarantaine d'EPR et leur construction à l'étranger nécessaire avec la pénurie prochaine des énergies pétrolières devrait permettre aussi d'abaisser le coût de fabrication des centrales. A terme, il ne paraît pas déraisonnable de table sur un coût situé entre 6 et 8c€ du kWh.

Ce coût ne prend pas en compte le coût de production de l'électricité de centrales de 4^{ème} génération, plus petites, selon le modèle du prototype à l'étude ASTRID, qui devrait aussi normalement se situer dans cette fourchette.

Rappelons d'abord que sur la durée de vie des équipements, le photovoltaïque génère plus de gaz à effet de serre (~60g/kWh) que le nucléaire (~6g/kWh). Concernant les coûts, on admet volontiers d'intégrer dans le coût du nucléaire tous les coûts de recherche (du CEA et d'autres). Mais on n'intègre jamais dans les autres coûts ni celui de la recherche, ni celui de retraitement des déchets (ici des métaux rares des équipements obsolètes). Admettons néanmoins que le surcoût du renouvelable dû au coût d'amortissement des équipements doivent vraisemblablement baisser, mais de combien et dans quel délai ? Le surcoût du renouvelable est essentiellement dû à son caractère aléatoire qui impose un back-up de puissance équivalente, ce qui fera toujours plus que doubler le coût direct de cette source d'énergie.



Une solution compétitive pour le renouvelable solaire serait une multiplication de fours solaires à accumulation d'énergie, tel qu'expérimenté en Andalousie, moins rentable en France qu'en Espagne, pas programmé et quand-même au moins 40% plus coûteux que le coût de l'énergie nucléaire.

Une autre solution possible depuis peu est la réalisation d'installations autonomes et complètes : panneaux, régulateur, stockage en batterie, onduleur à 50hertz. Les excédents ou déficiences étant comblées par le réseau public. Mais dans ce cas, le coût de l'électricité issue de telles installations complètes est en soit beaucoup plus coûteux (de l'ordre du double) que le coût des panneaux et de leur raccordement direct au réseau. C'est la solution pour les habitations solitaires ou les navires, pas pour les habitations urbaines.

En investissement, remplacer 1kW nucléaire installé au coût de 3 k€ (EPR) qui dure 60 ans, avec une solution renouvelable :

- ⇒ 1 kW de centrale au gaz, qui dure 30 ans , renouvelé 1 fois, soit **13k€**,
- + au choix :
- ⇒ 4 kW d'éolien terrestre, qui dure 20 ans, renouvelé 3 fois soit 12 k€, soit **25€** au total,
- ⇒ 8 kW de photovoltaïque, qui dure 30 ans, soit 16k€ et un fort investissement en réseau soit plus de **29€** au total
- ⇒ 4 kW de solaire à concentration, qui dure 30ans, soit 8 k€, soit **21€** au total.

L'investissement en renouvelable coûte donc 7 à 10 fois plus d'investissement que le nucléaire.

En exploitation : Cela multiplierait le coût du kW produit, par 2 à 3,

- ⇒ Combustible nucléaire = 2% du prix du kWh nucléaire.
- ⇒ Gaz = 50% du prix du kWh, pendant 75 à 85% du temps et plus ça va plus ça sera cher.

Une taxe Carbone minimale accroîtrait le coût de 0,6c€ (20€/T) à 3c€ / kWh (100€/T).

Aux surcoûts précédents, il faut donc ajouter encore environ 20%

En résumé : le choix du renouvelable est en résumé de l'ordre de 10 fois plus coûteux que le nucléaire.

6. 2. 5. *Impossibles progrès du transport*

L'avenir écologique du transport est le remplacement de l'énergie thermique par de l'énergie électrique.

Substituer l'électricité au thermique dans le transport urbain des 20 prochaines années est nécessaire

- ⇒ pour réduire la pollution aux PM et NOx,
- ⇒ pour étaler & optimiser la consommation électrique,
- ⇒ pour accroître l'usage des bus électriques, des métros et des trains,
- ⇒ pour recharger les batteries la nuit même si cela accroît un peu les pertes.

Or le transport représente une consommation de l'ordre de 50 Mtep de produits pétroliers sur une consommation totale de 130 Mtep de combustible.

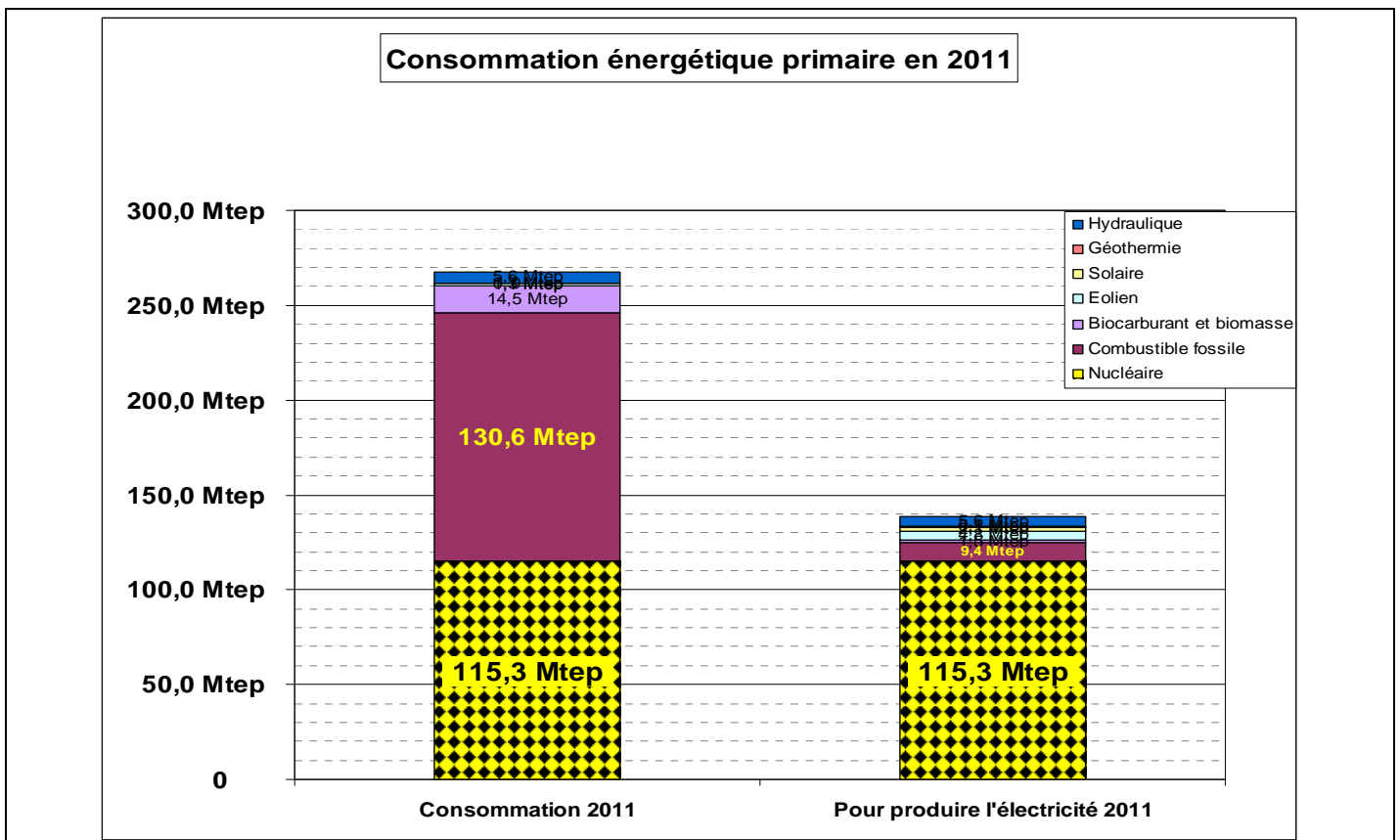
De son côté le nucléaire actuel fournit de l'ordre d'une centaine de Mtep d'énergie électrique.

Même en utilisant l'énergie complémentaire disponible la nuit, seul un accroissement de la production du nucléaire rendrait possible cette évolution.

A contrario, limiter la production nucléaire, rendra impossible la diminution de la consommation de pétrole qui résulterait de l'utilisation de l'électricité pour le transport. Autrement dit, les solutions nécessaires à la réalisation des objectifs généraux deviennent irréalisables.

6. 3. Conclusion

Autant les objectifs généraux de la loi sur la transition énergétique peuvent paraître enthousiasmants, autant les objectifs chiffrés exprimés pour les atteindre conduiraient en tout point, à l'inverse du résultat recherché et à une catastrophe autant écologique qu'économique, notamment en bloquant tout progrès.



Pour poursuivre, nous nous proposons d'analyser d'une part les évolutions acceptables en matière d'économie de consommation, à niveau de vie constant et d'autre part comment utiliser les futurs progrès technologiques probables pour réduire très significativement l'empreinte carbone de nos consommations énergétiques ainsi que la pollution associée et également notre dépendance énergétique, ceci tout en accroissant la maîtrise du coût de notre énergie

Naturellement, ces évolutions ne rentrent pas dans le cadre des objectifs établis par nos politiques, mais exploitent les capacités techniques du système électrique français et ses évolutions possibles compte tenu des recherches en cours scientifiques et technologiques.