



Sommaire

	Introduction	,
1	Synthèse du scénario de transition	
	énergétique (TE) de Greenpeace	
2	Paysage énergétique français actuel	1
	La structure du système énergétique français en 2011	1
	Émissions de gaz à effet de serre et risques nucléaires	1
	Les grands enjeux socioéconomiques	1
	Du Grenelle de l'environnement au débat sur l'énergie, la France en quête d'une ambition politique	1
3	Décider la transition énergétique maintenant!	1
4	Les hypothèses du scénario	2
	Les études utilisées dans le scénario	2
	Hypothèses macroéconomiques	2
	Hypothèses technicoéconomiques du secteur énergie	2
	Projections des prix des ressources	2
	Projections des coûts et rendements des technologies de production d'énergie	2
5	Le scénario de transition énergétique (TE) 2009-2050	2
	Une trajectoire possible	2
	Demande en énergie	2
	Évolution globale de la demande en énergie par secteur	2
	Industrie	2
	Autres secteurs : résidentiel, services et commerces, agriculture et pêche	2
	Transports	2
	Évolution de la demande en électricité	3
	Production d'énergie Électricité	3
	Chaleur	3
	Mobilité	3
	Bilan CO ₂ et déchets nucléaires	3
6	Comparaison socioéconomique des scénarios	1
U		-
	Investissements dans les systèmes de production d'électricité et de chaleur	4
	Étude des investissements dans le système électrique français	4
	Étude des investissements dans le système de production de chaleur	4
	Coût de production de l'électricité et facture électrique Résultats	4
	Évolution de la consommation	
	Coût de production de l'électricité	/
	Le mythe de l'indépendance énergétique	2
	Emplois dans les secteurs de l'électricité et de la chaleur	4
	Canalysian	
	Conclusion	5



Introduction

Après une vingtaine d'années de négociations internationales sur l'environnement, quelques initiatives balbutiantes telles que le Protocole de Kyoto, les réponses apportées par les États sont loin d'être suffisantes pour permettre à notre civilisation de faire face aux enjeux environnementaux de notre siècle.

En parallèle et depuis près de dix ans, Greenpeace verse au débat public sa vision de la transition énergétique indispensable à enclencher pour répondre aux crises environnementales, sociales et économiques qui s'alimentent entre elles et s'accentuent. Greenpeace construit depuis sept ans son expertise dans la prospective de la transition énergétique. Depuis 2005 et le premier scénario européen, ce sont plus de 37 scénarios Energy [R]evolution qui ont été déclinés à des niveaux nationaux, régionaux ou mondiaux. En 2010, le rapport spécial du GIEC sur les énergies renouvelables et les dérèglements climatiques (SRREN) avait choisi le scénario Energy [R]evolution comme l'un des quatre scénarios de référence dans la lutte contre les dérèglements climatiques. Aujourd'hui, les méthodes et analyses qui ont fondé ces différents documents sont utilisées pour la première fois pour la France dans ce scénario de transition énergétique (TE)

La transition energétique repose sur un constat, celui du dérèglement climatique révélé au début des années 1990 par le GIEC, d'où découle la nécessité de limiter l'augmentation globale des températures.

Le constat, d'abord, est que notre planète est en train de subir un phénomène climatique majeur d'élévation de la température moyenne. Celui-ci résulte de l'accumulation historique des émissions de gaz à effet de serre (GES), liées à l'activité humaine, dans l'atmosphère terrestre. La nécessité, ensuite, est de parvenir à limiter ce dérèglement climatique en commençant par réduire les émissions mondiales dès 2015 pour limiter l'augmentation de température moyenne au maximum à 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle (1750), seuil au-delà duquel les conséquences environnementales auront un impact catastrophique sur les populations du monde les plus exposées, quen subissent déjà les premiers effets.

Cette démarche de transition énergétique s'inscrit aussi dans la continuité des luttes engagées par Greenpeace dans les années 1970 quant aux risques identifiés des activités nucléaires, d'où la nécessité d'en sortir définitivement. Ces luttes sont complémentaires, car le nucléaire est un verrou au développement des solutions à la crise

climatique, notamment parce qu'il en détourne les investissements

En France, la transition énergétique doit permettre

- D ici 2050 la reduction au pius pres de zero (près de 95 % par rapport à 1990) des émissions de gaz à effet de serre
- La sortie du nucléair

Ces deux objectifs représentent la contribution nécessaire de la France à l'effort commun pour limiter les effets des dérèglements climatiques au niveau global. Effort qu'elle doit revendiquer et promouvoir au sein de l'Union européenne. Par ailleurs, la transition énergétique ne doit pas créer de nouvelles tensions sur l'environnement (déforestation, surexploitation des ressources minières, pollution des sols et des eaux, détournement de la mission nourricière de l'agriculture, émissions toxiques dans les airs).

Ces deux objectifs doivent conduire la France, au travers de ses représentants politiques, de ses acteurs économiques et, de manière générale, de chaque citoyen, à s'engager dans des politiques ambitieuses de transformation de la production et de l'usage de l'énergie : en effet, ce secteur représente les deux tiers des émissions de GES du territoire.

Cette transition énergétique ne sera possible qu'au travers de deux évolutions majeures et

- Les économies d'énergie, qui représentent près des deux tiers de l'effort énergétique. Elles reposent sur l'accroissement de l'efficacité de l'ensemble des modes de consommation d'énergie, sur les ransferts d'usage vers les modes les plus efficaces, et sur une évolution vers une organisation de espace public et commun plus sobre.
- L'abandon des moyens de production basés sur les énergies fossiles et le nucléaire, polluants et dangereux, au profit des renouvelables.

Durant cette période de transition, l'ensemble des investissements publics et privés ne doivent être envisagés qu'à condition d'être compatibles avec les objectifs de la transition énergétique.

En particulier, tout projet politique ou industriel qui n'ambitionnerait de réduire que partiellement les émissions de GES ou conduirait au maintien d'un risque environnemental fort dans une région, marquerait une remise en cause de l'ambition de transition énergétique.

1 Synthèse du scénario de transition énergétique (TE) de Greenpeace

Le scénario de transition énergétique s'inscrit dans un projet de société humaniste. La baisse des émissions de gaz à effet de serre et la fin des risques nucléaires reposent sur une vision liant intimement l'Humanité à son environnement. Un projet de société humaniste où les besoins fondamentaux en énergie sont couverts pour tous, sans dommage pour les libertés d'autrui.

Ce projet de société repose sur la maîtrise de l'énergie. Maîtrise de la demande d'abord, en mettant fin à une fuite en avant des dépenses énergétiques qui dure depuis près de deux siècles. Maîtrise de la production d'énergie ensuite, en décidant de mettre fin au recours aux énergies destructrices de l'environnement et nuisibles aux humains, c'est-à-dire les énergies fossiles et le nucléaire.

Le scénario de transition énergétique a été commandé par Greenpeace à l'Institut des techniques thermodynamiques du Centre aérospatial allemand DLR, et les conclusions du rapport ont été approuvées et signées par l'EREC et le GWEC (European Renewable Energy Council et Global Wind Energy Council).

Le scénario de transition énergétique est une proposition de transition énergétique. Il décrit une trajectoire possible vers un système énergétique équilibré, moins risqué, émettant le moins possible de gaz à effet de serre. Il démontre qu'au moins une trajectoire existe, qu'elle est non seulement techniquement possible, mais qu'elle apporte aussi des réponses aux questions économiques et sociales de maîtrise de la facture énergétique, de maintien de la compétitivité et de création d'ampleie.

Greenpeace a cherché à présenter l'une des trajectoires les plus équilibrées, mais celle-ci n'est pas unique

Les choix que feront les citoyens français et leurs représentants pourront accélérer ou amplifier certaines dynamiques de cette transition, parmi lesquelles figurent la sortie du nucléaire, le transfert vers les modes de transport les plus efficaces, le développement des transports électriques, la rénovation thermique des bâtiments, le développement du stockage de l'électricité, par exemple.

Les expertises internationales s'accordent à dire qu'une transformation radicale de notre manière de consommer, de produire et de distribuer l'énergie doit être initiée rapidement et se poursuivre de manière soutenue dans les dix prochaines années pour, d'une part, limiter la vigueur des impacts de la crise climatique ou d'une crise nucléaire et, d'autre part, pour éviter que ces crises ne pèsent sur l'économie et n'aggravent la détresse sociale. Cette évolution de la société, c'est la transition énergétique.

Le scénario de transition énergétique (TE) démontre que celle-ci est possible en esquissant une trajectoire énergétique sur la base de quatre grands principes. En premier lieu, le respect des limites naturelles de l'environnement, car c'est l'absence de sa prise en compte dans les décisions et comportements qui a conduit à la crise environnementale actuelle. Ensuite, le découplage de la croissance économique de la consommation des ressources fossiles et fissiles pour sortir d'une économie dépendant des énergies sales. Et enfin, au chapitre des solutions, il s'agira de réduire massivement la consommation d'énergie par l'accroissement de l'efficacité énergétique, tout en assurant la satisfaction des besoins énergétiques de tous, ainsi que d'abandonner les ressources énergétiques sales et dangereuses au profit du développement de solutions de production d'énergie renouvelable et du développement des réseaux de distribution d'énergie.

En 2011, seulement 12 % de l'énergie finale et moins de 8 % de l'énergie primaire française provenaient de sources renouvelables. Ce niveau stagne et laisse la France bien loin de l'objectif intermédiaire 2011 qu'elle s'est fixé dans son Plan national de développement des énergies renouvelables (NREAP) pour atteindre l'objectif, fixé par la directive européenne 28/CE/2009 pour 2020, d'une part de 23 % de sources renouvelables dans la consommation d'énergie finale française. La même année, la France restait dépendante des énergies fossiles et fissiles, qui représentaient près de 90 % de son mix énergétique primaire, basé donc essentiellement sur des ressources étrangères.

De nombreuses ressources et techniques renouvelables n'ont toujours pas été exploitées de manière suffisante en France (pompe à chaleur géothermique et solaire thermique pour la chaleur, hydroliennes et éoliennes maritimes pour l'électricité, ou encore le biogaz) et les solutions principales (éolien terrestre et solaire photovoltaïque) ont été délaissées par l'État depuis presque deux ans. En parallèle, les agrocarburants de première génération restent largement subventionnés, concurrençant ainsi l'agriculture nourricière et émettant trop de CO₂. Le scénario de transition énergétique de Greenpeace décrit un chemin possible vers une fourniture soutenable d'énergie, réduisant les émissions de gaz à effet de serre de 95 % sans recours à l'énergie nucléaire, tout en réduisant la dépendance du pays vis-à-vis des ressources fossiles. Sur la même période, le scénario de référence¹ renforce la production électronucléaire, maintient des niveaux de consommation énergétique élevés et échoue à réduire suffisamment les émissions de gaz à effet de serre, avec une réduction de 49 % en 2050 par rapport à

Le succès du scénario de transition énergétique (TE) repose sur deux grandes évolutions à l'horizon 2050 ·

• L'évolution de la demande en énergie. En prenant en compte des hypothèses de croissance économique semblables au scénario de référence, les perspectives d'accroissement de la population selon l'INSEE et la satisfaction des besoins énergétiques, Greenpeace a identifié un potentiel de diminution de 63 % de la demande en énergie primaire et de 52 % pour l'énergie finale. Sur la même période, le scénario de référence montre une diminution de 12 % de la demande en énergie finale avec 5 530 pétajoules (PJ) en 2050, contre les quelque 6 520 PJ consommés en 2011.

Évolution des énergies primaire et finale

	2011	2050 TE	2050 RÉF
Énergie primaire	260 Mtep,	97 Mtep,	262 Mtep,
	soit 10 870 PJ	soit 4 040 PJ	soit 10 970 PJ
Énergie finale	156 Mtep,	71,5 Mtep,	132 Mtep,
(hors non-énergie)	soit 6 520 PJ	soit 2 989 PJ	soit 5 530 PJ

La réduction importante de la demande en énergie primaire (de près de 6 800 PJ en moins de 40 ans) est essentiellement obtenue par l'abandon du recours aux sources nucléaire, charbon et pétrole dans la production électrique ainsi qu'au développement des moteurs hybrides et électriques, plus efficaces et moins émetteurs de CO₂, pour les transports.

AMS-Mesure 2011 ENERDATA/DGEC - décrit au chapitre 5, qui sert de base de comparaison tout au long de ce document

· Le développement massif des énergies

renouvelables. En 2050, la satisfaction des besoins énergétiques du pays passe majoritairement par une production renouvelable à hauteur de 84 % de l'énergie en 2035. primaire et de 92 % de l'énergie finale.

Les énergies renouvelables électriques se développent fortement entre 2012 et 2030. Sur la même période on observe:

- transports (-42 %).
- le développement des systèmes de production de chaleur renouvelables tels que le solaire pour l'eau chaude sanitaire ou la géothermie et la biomasse pour le chauffage des logements et des bâtiments de service.

Décomposition de l'énergie finale en 2011 et 2050

	2011	2050 TE	2050 RÉF
Nucléaire	1 590 PJ, soit 18 %	0	1 775 PJ, soit 32 %
Fossiles (gaz, pétrole, charbon)	4 560 PJ, soit 70 %	250 PJ, soit 8 %	1 958 PJ, soit 35 %
Renouvelables	780 PJ, soit 12 %	2 740 PJ, soit 92 %	1 799 PJ, soit 33 %

Chacun des trois grands vecteurs d'énergie que sont l'électricité, la mobilité et la chaleur contribue à atteindre ces objectifs.

d'électricité s'accompagne notamment d'une réduction de la pointe de consommation de 25 % en 20 ans. c'est-à-dire de 102 GW en 2012 à 74 GW

La sortie du nucléaire possible dès 2031

Elle se mène concomitamment à la baisse de la consommation d'électricité et au développement - une forte réduction des besoins en pétrole pour les des renouvelables électriques notamment l'éolien et le solaire. Ces deux sources renouvelables bénéficient en effet d'un déploiement rapide, puisqu'elles représentent dès 2025 près de 41 % de l'électricité produite. En 2050, les renouvelables produisent 98 % de l'électricité en France (189 GW de puissance installée).

> Cette évolution s'accompagne de celle des réseaux de transport et de distribution, du développement des interconnexions avec les réseaux européens, des moyens de stockage (par exemple STEP, gaz de synthèse) et de la cogénération chaleur/électricité.

Bilan économique de la transition électrique

Maîtrise de la demande en électricité

Transition électrique

La demande dans les secteurs du résidentiel, des services et de l'industrie baisse de près de 30 % sur la période, passant de 411 térawatts-heure (TWh) en 2009 à 286 TWh en 2050. La suppression des chauffages électriques et l'isolation des bâtiments, l'accroissement de l'efficacité des usages spécifiques, le transfert vers des modes de chauffage plus efficaces et renouvelables seront les leviers principaux de cette baisse de la consommation électrique. Par ailleurs, une hypothèse forte a été testée dans ce scénario, celle du développement du transport électrique routier. Ainsi, une grande part des marges dégagées dans ces trois secteurs (résidentiel, services et industrie) sera réallouée au développement du transport électrique à partir

Avec un recours important à l'électricité pour le transport routier de personnes et de marchandises, la demande totale en électricité voit une baisse modérée, passant de 424 TWh en 2009 à près de 409 TWh en 2050. L'évolution de la consommation

Coûts de production de l'électricité

L'introduction des technologies de production renouvelable augmente réalisées sur des ressources conventionnelles de plus en plus coûteuses, la baisse légère de l'intensité en émissions de CO2 sur le secteur électrique et la baisse des coûts d'investissement des renouvelables électriques conduisent à un coût de l'électricité de plus en plus compétitif face au scénario de référence. En 2050, le coût de augmente constamment sur la période.

Facture électrique

Dans le scénario de référence, le faible effort de maîtrise de la consommation d'électricité, combiné à l'augmentation du prix des augmentation de la facture électrique de 27 milliards d'euro (Md€)/an en 2009 à près de 66 Md€/an en 2050. Sur la même période, l'augmentation du coût de l'électricité dans le scénario de transition énergétique est compensée par la maîtrise de la demande énergétique, ce qui permet de stabiliser la facture électrique à 51,5 Md€/an en 2050.

Révolution des transports

La demande en énergie baisse de 59 % dans les transports pour tomber à 768 PJ en 2050. Cela représente 49 % de moins que dans le scénario de référence la même année. Trois leviers contribuent à cette baisse :

- Élément clé pour la France, le transfert vers les modes de transport les plus efficaces : de l'avion vers le train ou la navigation fluviale, de la voiture vers le bus, le tramway, le train ou les modes de transport doux (vélo, marche) pour les zones plus urbaines. L'aviation et les soutes maritimes internationales sont exclues des calculs du scénario pour la France.
- · La réduction de la consommation et des émissions de chaque mode de transport par un accroissement de l'efficacité des moteurs : développement des modèles hybrides, électrisation des moteurs des voitures urbaines, réduction du poids des véhicules, des avions et des bateaux, augmentation de la performance des motorisations et des propulsions, etc.
- La réduction des kilomètres parcourus par passager, en réduisant notamment l'étalement urbain et, de manière générale, en rapprochant les lieux de culture, de service et de travail des zones d'habitation.

Greenpeace a souhaité tester l'hypothèse d'un usage massif de l'électricité dans les transports individuels de personnes et de marchandises afin d'évaluer à la fois sa faisabilité technologique et son impact sur un réseau électrique dominé par les renouvelables. Ainsi, à partir de 2030, après les solutions hybrides, les systèmes 100 % électriques se développent sur la route pour porter la contribution de l'électricité à près de 58 % de la demande énergétique pour les transports en 2050, soit 442 PJ (l'équivalent de 123 TWh), contre seulement 9 % en 2030. Cependant, cette hypothèse ne se validera sur le long terme qu'à condition que la recherche de solutions innovantes et performantes de stockage et de recharge en électricité se poursuive, pour éviter le retour d'une consommation d'électricité rythmée par des pointes.

Investissements dans la production électrique

Le scénario de référence et le scénario de transition énergétique affichent des niveaux d'investissement semblables dans la production

Économie en ressources primaires

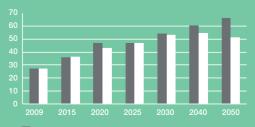
Les investissements orientés vers les renouvelables dans le scénario de transition énergétique permettent de réduire la dépendance aux approvisionnements extérieurs en ressources fossiles et fissiles. Ce (pétrole, gaz, charbon et uranium) qui sont économisés sur la période de transition, ce qui allège la facture du scénario de transition énergétique par rapport à celle du scénario de référence.

Indépendance électrique

De 2011 à 2050, le taux d'indépendance du secteur électrique passe de 10 à plus de 95 % en 2050 dans le scénario TE.

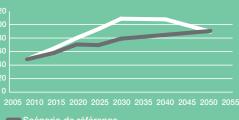
Voir chapitre 6, page 40.

Coût total de production de l'électricité



Scénario de transition énergétique

Coût de production spécifique de l'électricité



Scénario de référence

Scénario de transition énergétique

Chaque mode de transport (routier, aérien, fluvial ou ferroviaire) voit par ailleurs une diminution forte de l'utilisation des fossiles (essence, diesel, gaz naturel). Le recours aux fossiles passe ainsi de 1 708 PJ aujourd'hui à 111 PJ en 2050, soit une réduction de 94 % sur la période. Par ailleurs, les agrocarburants de première génération sont progressivement abandonnés, principalement au profit du biogaz.

Chaleur efficace

La réduction de la demande en chaleur est constante tout au long de la période, et provient en particulier d'une rénovation thermique de haute efficacité des bâtiments résidentiels et tertiaires, et de l'optimisation des systèmes de chauffage : du chauffage direct (électrique, bois) vers une production par des chaudières, poêles ou pompes à chaleur efficaces. De plus, les réseaux de chaleur existants devront être complétés pour une utilisation plus large de la géothermie, du solaire et de la biomasse. La production de chaleur nécessaire passe de 2 840 PJ en 2009 à 1 412 PJ en 2050. La baisse de l'énergie utilisée en chauffage direct est de deux tiers sur la période (de 2 681 à 889 PJ). Une meilleure qualité de chauffage et de confort est attendue au travers de ces chantiers de rénovation.

Les sources de chaleur fossiles, qui représentent aujourd'hui près de 70 % de la production, sont progressivement remplacées par les productions renouvelables : biomasse, électricité renouvelable ou géothermie pour le chauffage ; chauffe-eaux solaires thermiques pour l'eau chaude sanitaire et biogaz pour la cuisson. Ainsi, la part des renouvelables passe de 16 % (soit 460 PJ) en 2009 à 82 % (soit 1 157 PJ) en 2050 pour la chaleur.

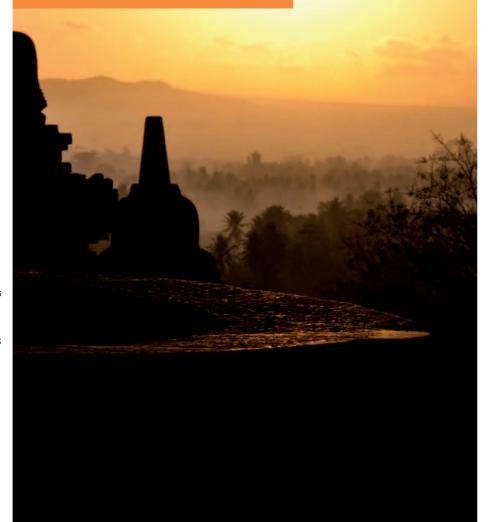
Si la transition énergétique est une nécessité environnementale et une opportunité économique, elle représente par ailleurs une formidable opportunité pour la France et l'Europe de garantir la création d'emplois non délocalisables et pérennes pour leurs citoyens. Ainsi, dans le scénario de transition énergétique entre 2010 et 2015, ce sont 7 000 créations nettes d'emplois directs dans le secteur de la production d'énergie (chaleur et électricité) qui sont identifiées. La hausse se poursuit pour atteindre 159 000 emplois directs en 2020, soit 35 000 créations d'emplois en dix ans, et probablement le double en comptant les emplois indirects.

Investissements dans la production de chaleur

d'électricité, les investissements dans la production de chaleur sont équivalents dans le scénario de référence et le scénario de transition énergétique, à près de 166 Md€ sur la période 2009-2050 dans les deux cas. Il faut noter que la grande diversité des moyens renouvelables de production de chaleur induit une difficulté d'évaluation précise des niveaux d'investissement globaux. Cependant, c'est l'accélération des installations de chauffe-eaux solaires thermiques (x130) et de géothermie (x10, pour réseau et pompe à chaleur) qui dimensionne fortement ces investissements. Tout comme pour l'électricité, les économies d'approvisionnement en ressources fossiles vont alléger la facture énergétique liée à la production de chaleur.

Tout comme pour le secteur de production

Voir chapitre 6, page 40.



2 Paysage énergétique français actuel

La structure du système énergétique français en 2011

La consommation² totale d'énergie primaire

poursuivait en 2011 sa tendance haussière, après le court décrochage de 2009 lié à la crise financière. La consommation réelle d'énergie primaire se maintient en 2011 par rapport à 2009, en raison des conditions climatiques assez douces de la fin de l'année 2011. Sur les 260 millions de tonnes d'équivalent pétrole (Mtep) d'énergie primaire consommées, un peu plus de 150 Mtep (60 %) ont servi aux usages énergétiques finaux. 13 Mtep concernaient les usages non énergétiques (bitumes, lubrifiants, plastiques, engrais, etc.) et près de 100 Mtep (35 %) ont été consommés pour transformer et distribuer l'énergie, en grande partie pour produire et distribuer l'énergie issue des centrales nucléaires.

Bilan de production (domestique et importée) de l'énergie primaire consommée en France (en Mtep)

	2009	2011
Production domestique	24	23
Dont renouvelables	22	21
Dont pétrole et gaz	2	2
Dont charbon	0	0
Production importée	270	272
Dont nucléaire	106	115
Dont produits pétroliers et gaz	153	147
Dont charbon	10	10
Production exportée	32	33

Sans ressources en pétrole, gaz ou uranium sur son sol, le niveau d'indépendance énergétique de la France quant à sa consommation d'énergie primaire est très faible (9 à 10 %), d'ailleurs essentiellement garanti par les ressources renouvelables et les déchets. Après cinq années de hausse consécutive (de 6 % à 8 %) entre 2006 et 2011, la part des renouvelables dans le bilan primaire a de nouveau baissé en 2011.

Le niveau de la consommation finale d'énergie reste stable pour la troisième année à 168 Mtep, dont près de 13 Mtep non énergétiques. La part renouvelable (chaleur, électricité et mobilité) se maintient vers 12 %. 70 % de la consommation énergétique concerne les énergies fossiles, et le nucléaire représente 18 % de la consommation finale en énergie, alors que sa part est de 44 % de la consommation primaire.

La consommation d'énergie finale se distribue pour un tiers dans les transports, un autre tiers pour le résidentiel, et enfin un dernier tiers pour l'industrie, le tertiaire et l'agriculture :

Consommation d'énergie finale par secteur

En %	2011
Transports	32
Industrie	21
Agriculture	3
Résidentiel	32
Tertiaire	12

Parmi ces secteurs, seul celui de l'industrie poursuit une baisse importante depuis le milieu des années 2000, pour arriver à des niveaux jamais atteints depuis 40 ans, sous l'effet conjoint des délocalisations et des mesures d'efficacité énergétique déjà appliquées. L'ensemble des autres secteurs voient quant à eux leur consommation augmenter de manière assez régulière depuis les années 70, avec un léger ralentissement ces dernières années.

La production et la consommation d'électricité ont légèrement reculé de concert en France en 2011 par rapport à 2010. Ainsi, 562 TWh ont été produits en 2011 pour 424 TWh consommés au final. La différence provient de l'autoconsommation et des pertes du système électrique (environ 90 TWh) ainsi que de l'exportation nette (environ 57 TWh).

La part de l'électricité renouvelable dans la consommation française tombe autour de 13 %. Depuis près de 20 ans (1995), cette proportion est restée quasiment stable, oscillant autour de 15 % (de 11 % au minimum en 2005 à 17 % en 1995). Le repli de la consommation d'électricité observé en 2011 se retrouve dans l'ensemble des secteurs d'activité hors industrie. Les conditions climatiques hivernales particulièrement douces cette année-là expliquent notamment la forte baisse de la consommation d'électricité des secteurs résidentiel et tertiaire.

La consommation de pétrole repart à la hausse après une dizaine d'années de baisse consécutive. À l'exception de l'industrie, cette hausse se retrouve dans l'ensemble des secteurs économiques (transports, agriculture, résidentiel, tertiaire, énergie). Les transports continuent de représenter 70 % de la consommation finale de produits pétroliers.

^{2.} Corrigée des variations climatiques, voir rapport RéférenceS 2012 pour l'année 2011 (CGDD).

La consommation de gaz reste quasi stable, en baisse dans l'industrie, mais augmentant dans les secteurs résidentiel et tertiaire.

Enfin, le charbon observe une légère baisse, due essentiellement à la plus faible utilisation des centrales à charbon pour la production électrique. Les conditions météorologiques et le niveau plus faible de pointe de consommation en 2011 ont en effet limité le recours aux moyens de production de pointe (charbon, fuel).

et dues à l'énergie s'élevaient en 2010 selon l'UNFCC à 374 millions de tonnes d'équivalent CO2, en hausse de 2 % par rapport à 2009. Cependant, les émissions de gaz à effet de serre générées hors de France mais pour la consommation française ont augmenté de 14 % entre 1990 et 2007.

La facture énergétique française ne cesse de croître depuis la fin des années 90. Elle a été multipliée par six entre 1998 et 2011, atteignant 61,4 Md€, soit plus de 3 % du PIB (au lieu de 1 % dix ans plus tôt) et 88 % du déficit commercial français. L'excédent commercial dû aux échanges d'électricité en 2011 s'élevait à 2,6 Md€, une goutte d'eau par rapport à la facture énergétique totale (environ 4 %).

Du côté des ménages, la facture énergétique complète s'élève à 3 025 €/2005³ par an, soit une hausse de 14 % par rapport à 2009, et retrouve les niveaux de 2008, avant la crise financière. Cela représente pour les ménages un effort moyen de 8 % de leur budget. L'augmentation de la facture énergétique entraîne un niveau d'inconfort énergétique élevé pour de nombreux ménages. Environ 4 millions⁴ de foyers sont en situation de précarité énergétique, c'est-à-dire qu'ils doivent choisir entre la satisfaction de leurs besoins énergétiques et celle d'autres besoins fondamentaux (nourriture, soins, eau, éducation, etc.).

Cette photographie de la situation énergétique française illustre trois tendances:

- La consommation d'énergie en France dépend quasiment exclusivement des énergies fossiles et fissiles et maintient des émissions encore trop élevées de CO₂.
- · Cette consommation, toujours plus importante, dépend en grande partie de ressources importées, qui pèsent sur l'économie française.
- Enfin, cette facture énergétique toujours plus élevée grève le budget des ménages au point de maintenir Les émissions de gaz à effet de serre sur le territoire 10 à 15 % d'entre eux en situation de précarité énergétique.

Ces déséquilibres ne sont pas une fatalité. Le scénario de transition énergétique proposé présente une trajectoire énergétique qui permettra de rééquilibrer durablement le système énergétique français.

Émissions de gaz à effet de serre et risques nucléaires

Ressources fossiles et dérèglement climatique : un destin lié

La crise climatique est déjà d'actualité et s'accélère. Nous avons parcouru la moitié du chemin qui nous mène aux 2 °C de réchauffement de la planète par rapport à l'ère préindustrielle (1750), seuil au-delà duquel les conséquences environnementales auront un impact catastrophique sur les populations du monde les plus exposées.

Une action coordonnée, ambitieuse et immédiate au niveau mondial permettrait d'éviter le pire à court et moyen terme. Pour cela, il est nécessaire que l'ensemble des pays s'engagent à atteindre le pic des émissions mondiales d'ici 2015 et à réduire drastiquement leurs émissions de gaz à effet de serre (GES). Pour les pays industrialisés, principaux responsables des changements climatiques, cela signifie réduire de 80 % à 95 % leurs émissions d'ici 20505.

Compte tenu de la « durée de vie » des émissions de CO₂ dans l'atmosphère (environ un siècle), plus nous tarderons à enclencher nos efforts, plus la réduction des émissions devra être drastique, et surtout coûteuse économiquement et socialement.

Les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) représentent plus des deux tiers de la consommation finale d'énergie en France : 43 % pour le pétrole, 21 % pour le gaz naturel et 4 % pour le charbon. Nous importons l'essentiel de ces ressources (98 % de notre pétrole) et cela creuse dramatiquement le déficit commercial français. En 2011, la facture énergétique⁶ du pays représentait 88 % du déficit commercial.

Pour réduire cette dépendance, la tentation est forte d'exploiter les ressources fossiles que nous aurions sur notre sol. Cependant, le dérèglement climatique nous interdit désormais purement et simplement d'exploiter de nouveaux champs de ressources fossiles.

Selon le Postdam Institute for Climate Impact Research⁷, l'Humanité ne doit pas émettre plus de 565 gigatonnes de CO₂ d'ici 2050 si nous voulons avoir quatre chances sur cinq de ne pas dépasser 2 °C d'augmentation des températures à l'échelle mondiale, au-delà desquels les changements climatiques ne seraient sans doute plus maîtrisables. Or, la combustion de toutes les réserves prouvées de pétrole, charbon et gaz de la planète engendrerait 2 795 gigatonnes de CO₂, soit cinq fois plus. Dit autrement, 80 % de ces réserves doivent rester où elles se trouvent : dans le sol. Dans son rapport 2012, c'est l'Agence internationale de l'énergie elle-même qui annonce que deux tiers de nos réserves fossiles prouvées doivent rester dans le sol si l'on veut avoir 50 % de chances de ne pas dépasser les deux degrés d'augmentation de la température moyenne⁸. Pétrole offshore en Guyane, gaz de schiste en France... nous ne pouvons tout simplement pas nous permettre d'y recourir.

Par ailleurs, mettre de l'argent dans l'exploitation des énergies fossiles, c'est ne pas investir ce même argent dans les énergies propres, c'est reculer la mise en place de la transition énergétique. Selon Fatih Birol, économiste en chef de l'Agence internationale de l'énergie, le boom du gaz de schiste a déjà causé une baisse de 50 % des investissements dans les énergies renouvelables comme le solaire et l'éolien aux États-Unis.

Que vaut la quête de l'indépendance énergétique si elle signifie faire face à des événements climatiques dramatiques d'un point de vue humain et financier? A-t-on déjà mis en balance les gains financiers de

Une indépendance énergétique quasi totale et faiblement émettrice de gaz à effet de serre est possible en France, mais elle repose sur la maîtrise de notre consommation d'énergie et sur la substitution des énergies fossiles et fissiles par les énergies renouvelables, dont le potentiel français est le

cette indépendance face aux coûts des changements

climatiques coûtent déjà à l'économie mondiale 1,6 %

de son PIB, soit 1 200 milliards de dollars par an, coût

selon le rapport 2012 de la DARA et du Climate

Vulnerable Forum⁹.

deuxième d'Europe.

L'Union européenne et la France devront prendre une part importante dans la lutte contre le changement climatique. Elles doivent donc réduire leurs émissions territoriales de CO₂ d'au minimum 30 % d'ici 2020 par rapport à 1990, et de 55 % en 2030 pour être sur la trajectoire de 2050. En parallèle, d'importants efforts doivent être réalisés pour diminuer les émissions issues de la délocalisation de la production au Sud pour des biens de consommation réimportés au Nord. Même si ces efforts sont ambitieux, ils ne permettront pas d'éviter les premières conséquences catastrophiques des changements climatiques qui se font d'ores et déjà ressentir, au Nord comme au Sud (tempêtes, inondations, typhons, sècheresses..., des événements de plus en plus fréquents et intenses).

Le nucléaire représente plus de 75 % de la fourniture

Les risques nucléaires

d'électricité en France, ce qui en fait le pays le plus dépendant de cette source d'énergie dans le monde. Les 58 réacteurs nucléaires que compte la France génèrent non seulement un risque industriel majeur, mais aussi un risque pour la sécurité électrique. Un risque industriel majeur. Le nucléaire est une énergie qui utilise et produit des matières radioactives dont l'impact sur la santé est réel. Le risque de contamination des personnes et de l'environnement est intimement lié au choix de cette technologie. Ce risque se matérialise sous différentes formes : la gestion des déchets nucléaires produits par l'industrie tout au long du processus industriel et qui resteront radioactifs pour certains pendant des dizaines de milliers d'années, et le risque d'accident majeur sur un site industriel comme celui de Fukushima en 2011. Le directeur général de l'IRSN indiquait¹⁰ juste après Fukushima que le nombre d'accidents nucléaires était 20 fois plus élevé que ne

climatiques? Les conséquences des changements qui devrait doubler dans les 20 prochaines années,

^{3.} Soit en monnaie constante ; ici, la valeur de la monnaie 2005 est la

^{4.} Réseau RAPPEL

^{5.} Selon les projections du GIEC

^{6.} Cette somme est le bilan économique complet des importations et exportations de ressources fossiles et fissiles. Source CGDD

^{8.} Agence internationale de l'énergie, World energy outlook 2012

^{9.} http://daraint.org/climate-vulnerability-monitor/climate-vulnerability-

^{10.} Le Monde du 6 avril 2011, interview de Jacques Repussard, directeur général de l'IRSN

le prévoyaient les études probabilistes et que si on atteignait 1 000 réacteurs sur Terre, le rythme serait d'un accident nucléaire majeur tous les dix ans. À ces risques s'ajoute la prolifération des armes nucléaires, plus seulement la bombe atomique détenue par des États, mais aussi les armes nucléaires ou les bombes sales que des groupes terroristes peuvent acquérir. Un risque pour la sécurité électrique. Le parc nucléaire français a été construit dans un laps de temps très court. D'ici 2017, 80 % du parc nucléaire français aura atteint 30 années de fonctionnement, c'est-à-dire la durée de vie envisagée initialement. Ces mêmes 80 % auront atteint 40 ans d'ici 2027 si l'ASN accepte d'étendre la durée de fonctionnement du parc nucléaire, demandée par EDF. Or, les effets du vieillissement apparaissent de façon notable après 20 années de fonctionnement. L'IRSN relève par exemple qu'une petite dizaine de réacteurs en France pourraient présenter un risque de rupture brutale de la cuve à partir de 35 années de fonctionnement. Deux éléments sont fondamentaux pour la sûreté d'un réacteur : la cuve qui contient le combustible nucléaire et l'enceinte de confinement en béton. Aucun de ces deux éléments ne peut être remplacé ni réparé. Or ils subissent directement les effets du vieillissement. Par ailleurs, le parc nucléaire est aussi très standardisé : si une anomalie liée au vieillissement apparaissait sur un réacteur et qu'elle était identifiée comme étant générique, l'ASN devrait alors arbitrer entre arrêter rapidement plusieurs réacteurs (et mettre ainsi en danger la sécurité du réseau) et poursuivre l'exploitation favorisé une forte consommation d'électricité, celleavec des marges de sûreté dégradées et donc un risque d'accident majeur plus important.

Les grands enjeux socioéconomiques

La France, dépendante à 91 % des autres pays

Aujourd'hui, les besoins énergétiques de la France reposent à 91 % (énergie primaire) sur des ressources fossiles ou fissiles, qui sont toutes importées en quasi-intégralité (100 % pour l'uranium et le charbon, 99 % pour le gaz et 98 % pour le pétrole). Dans ces près de 61,4 Md€ pour l'année 2011.

Les 5 à 6 Mtep d'électricité que la France exporte chaque année ne compensent pas les 157 Mtep de fossiles (charbon, pétrole, produits pétroliers raffinés et gaz) importés annuellement, auxquels s'ajoutent les 115 Mtep d'énergie primaire nucléaire, en totalité fournie par de l'uranium importé. En termes de coût, en 2011, le déficit commercial de la France était dû à

88 % à la facture énergétique¹¹ du pays, qui s'élevait à 61.4 milliards d'euros, dont 50.2 milliards pour le pétrole et 11,5 milliards pour le gaz naturel. Du côté de l'électricité, le solde entre la facture d'importation de combustibles minéraux solides (uranium) (2,3 milliards d'euros) et les recettes d'exportations nettes d'électricité (2,6 milliards d'euros) dégage un excédent de 300 millions d'euros qui viennent alléger légèrement

Au final, sur les 262 Mtep d'énergie primaire nécessaires à la France en 2011, seuls 23 Mtep étaient produits en France et essentiellement à partir de sources renouvelables.

Des situations de précarité énergétique de plus en plus nombreuses

En France, près de 4 millions de foyers¹² vivent en situation de précarité énergétique (voir page 12). Le coût en progression continue des énergies fossiles, les appareils de chauffage électriques peu performants et le mauvais état thermique des logements anciens pèsent fortement sur le budget énergie des ménages, ce qui pousse certains d'entre eux à limiter leurs

La pointe de consommation électrique : la pointe des gaspillages

La politique française du tout-nucléaire, développée dans les années 70 au travers du plan Mesmer, a ci étant présentée comme abondante et peu chère. Elle s'est donc accompagnée d'un large plan de développement des chauffages électriques permettant d'augmenter la demande en électricité et justifiant ainsi un certain niveau de production.

Aujourd'hui, un tiers¹³ des foyers sont équipés en chauffage électrique en France. Ainsi, selon Global Chance¹⁴, un ménage français consomme en moyenne en 2008, près de 40 % de plus d'électricité qu'un ménage allemand et presque trois fois plus rien que pour le chauffage électrique. La consommation d'énergie liée au chauffage électrique a représenté environ 12 % (59 TWh) de la consommation finale d'électricité en 2011¹⁵.

Entretemps, le prix de l'électricité a augmenté, conditions, la facture énergétique s'élève par exemple à entraînant une forte hausse de la facture électrique des ménages, notamment pour les logements les moins bien isolés thermiquement. D'autre part, les usages du chauffage ont évolué sur la journée : depuis une dizaine

d'années, la hausse de la demande en électricité est concentrée sur certaines heures. Cette hausse est appelée « pic » ou « pointe » de consommation. Cette pointe a été identifiée par le gestionnaire de réseau comme problématique¹⁶ et impliquant des investissements lourds dans les infrastructures qui. à leur tour, pèsent sur la facture des ménages, comme l'indiquait UFC-Que-Choisir dans un dossier publié en novembre 2012.

Si la réglementation thermique la plus récente (RT 2012), entrée totalement en vigueur au 1er janvier 2013, devrait éliminer le chauffage électrique du neuf, il est nécessaire que les objectifs. incitations et réglementations en matière de rénovation s'accompagnent d'une contrainte forte visant à bannir les chauffages électriques très peu efficaces des logements rénovés.

Externalités du nucléaire : des risques financiers cachés

Le coût de l'électricité nucléaire, 49.5 €/mégawattsheure (MWh) annoncés en 2012 par la Cour des comptes, est amené à augmenter, du fait des externalités de ce type de production d'énergie, aujourd'hui sous-évaluées, et de l'augmentation des exigences de sûreté formulées par les pouvoirs publics suite à Fukushima : coût de la gestion des déchets, coût global des opérations de démantèlement à venir, incertain du fait du manque de définition du niveau d'exigence, etc. De même, les compensations financières en cas d'accident nucléaire, qui peuvent s'élever à plusieurs centaines de milliards d'euros, ne sont pas intégrées aux coûts de production de l'électricité nucléaire.

Les renouvelables, laissées-pour-compte de la France

La directive européenne 28/CE/2009 fixait pour la France un objectif de 23 % de sources renouvelables dans la consommation finale d'énergie en 2020. À moins de dix ans de ce rendez-vous, la situation stagne pourtant pour l'énergie primaire, de 6 à 8 %, et oscille entre 9 et 14 % d'énergie finale depuis une demi-douzaine d'années.

Du côté de **l'éolien**, les tendances très favorables se sont brusquement arrêtées en 2012 avec la menace d'annulation par le Conseil d'État de l'arrêté fixant les tarifs d'achat depuis 2008. Cette annulation, liée à une maladresse politique, pourrait se traduire par le remboursement de l'intégralité des aides perçues depuis 2008. Elle placerait bon nombre d'entreprises du secteur éolien dans l'incapacité d'honorer leurs dettes. Mais surtout, en l'attente de la décision du Conseil d'État, les investissements sont devenus

plus rares. En un an, rien n'a été fait pour remplacer l'arrêté tarifaire en cours et assurer ainsi le retour des investisseurs. En attendant, ce sont plus de 11 000 emplois qui seraient menacés si la crise perdurait, et le rythme d'installation de nouvelles éoliennes a été divisé par deux en 2012. Autre source renouvelable, le solaire vit une crise depuis fin 2010, et le moratoire sur les tarifs d'achat a stoppé net son développement pourtant fulgurant. Depuis, la versatilité des tarifs d'achat n'a pas permis au secteur de retrouver la confiance des investisseurs. et des milliers d'emplois ont été détruits en moins de deux ans. Entretemps. l'Allemagne cumulait une puissance solaire dix fois supérieure à celle de la

Des milliers d'emplois en péril dans les branches traditionnelles de l'énergie

France.

Le modèle économique des entreprises qui dépendent des énergies fossiles et fissiles est quant à lui confronté à des déficits d'activité qui ne pourront que s'accentuer

Ainsi, dans le secteur automobile, depuis quelques années, les constructeurs français peinent à maintenir leur activité. Le groupe PSA a notamment annoncé cette année près de 8 000 suppressions d'emplois. Les hausses du prix du baril à venir semblent compromettre lentement mais définitivement ce modèle économique. qui a longtemps reposé sur une ressource peu chère. Face à cette inéluctable inflation, les entreprises du secteur automobile se retrouvent à l'heure du choix : maximiser les bénéfices à court terme en accompagnant la diminution de l'activité d'une suppression progressive mais continue des emplois, ou bien accompagner la mutation du marché des transports en passant d'un modèle de vente à un modèle de service.

Autre secteur pour l'instant moins touché, le nucléaire. Fin 2011, Areva annonçait la suppression de cinq à six mille emplois d'ici 2016 (près de 20 % de l'effectif d'Areva en France). La même année. l'entreprise consolidait son chiffre d'affaire grâce à ses activités dans les secteurs des renouvelables. Révélateur d'une tendance, le maintien de l'activité d'Areva et de l'emploi passe par une reconversion dans les renouvelables.

^{11.} Cette somme est le bilan économique complet des importations et exportations de ressources fossiles et fissiles. Source CGDD

^{12.} Réseau RAPPEL

^{13.} BP 2012 RTE

^{14.} Les Cahiers de Global Chance, n°30, septembre 2011

^{15.} CGDD RéférenceS juillet 2012

^{16.} Voir bilan prévisionnel RTE 2012

Du Grenelle de l'environnement au débat sur l'énergie, la France en quête d'une ambition politique

Le cadre qui fixe les orientations de la politique énergétique française à l'heure actuelle est l'héritage du Grenelle de l'environnement, initié en 2007 par le gouvernement de Nicolas Sarkozy. À l'époque, le Président de la République avait affiché des ambitions au-delà de toutes les espérances en matière de du mix énergétique en particulier.

Il proposait un modèle de gouvernance novateur, associant les collectivités locales, le patronat, les syndicats, les associations de protection de l'environnement et l'État. Les conclusions d'octobre 2007, hormis sur le nucléaire, marquaient des avancées certaines, notamment en matière de rénovation et de construction des bâtiments, de fiscalité énergétique, ou encore de développement des du parc électronucléaire, ni de changer les modes de énergies renouvelables.

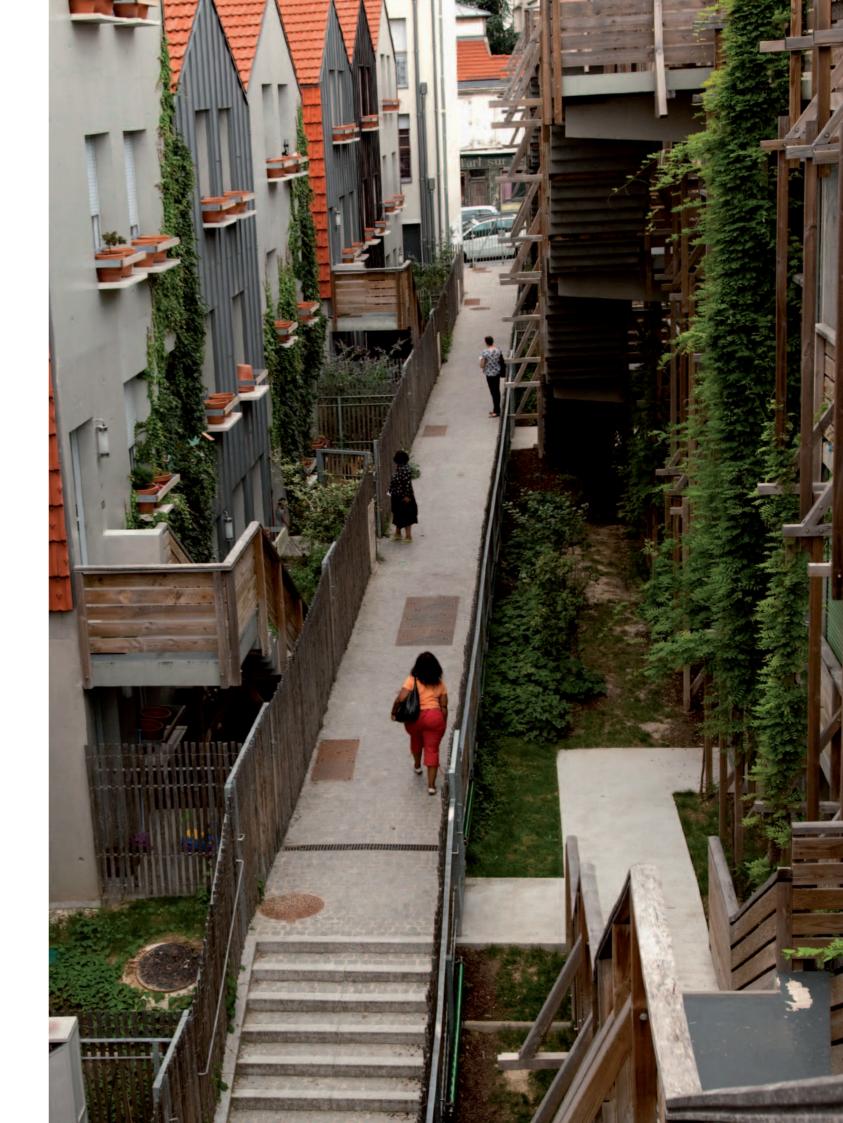
Mais des promesses d'octobre 2007, il ne reste plus rien ou presque. La « méthode Grenelle » reste le seul véritable La nouvelle équipe gouvernementale en place sauraacquis du processus. La loi Grenelle I n'est qu'un catalogue de bonnes intentions, ce que le projet de loi Grenelle II traduit au fil de ses 104 articles par les termes « peut », « pourra », « pourrait », répétés pas moins de 142 fois, contre seulement 16 fois pour le terme « doit ». Les mesures les plus structurantes, comme la taxe carbone, censée impulser une modification du comportement des différents acteurs, du citoyen à l'entrepreneur, et asseoir enfin une fiscalité écologique efficace en France, ont été enterrées et conditionnées à une improbable décision européenne. Plus de 1 000 km de nouvelles routes ont été planifiés ainsi que agrocarburants. l'encouragement à la recherche de la construction d'un nouvel aéroport à Notre-Damedes-Landes. La taxe poids lourds a été repoussée à 2013. La part du fret ferroviaire a été divisée par deux entre 2000 et 2010, alors qu'elle doublait en Allemagne.

Même sur la rénovation thermique des bâtiments existants, mesure relativement consensuelle, le gouvernement a reculé. Alors que la loi Grenelle I fixait un objectif très ambitieux (38 % de baisse de consommation du parc d'ici 2020), les outils et les moyens déployés ne sont pas à la hauteur de l'enjeu, faute de programmation précise, de moyens d'envergure et de forte mobilisation des professionnels. Sans compter les bâtons mis dans les roues du développement des énergies renouvelables : assujettissement de l'éolien à « l'installation classée pour l'environnement » (ICPE) et obligation d'implanter un nombre de mâts au moins égal à cinq (ce qui favorise les grands parcs), baisse du tarif d'achat du photovoltaïque, qui a coûté à la filière PV environ 10 000 emplois en 2011... Les chiffres parlent d'eux-mêmes : la France n'a pas respecté les objectifs qu'elle s'était fixés pour 2011 en matière d'énergies renouvelables. Alors qu'à cette échéance notre consommation d'électricité devait être produite pour 16 % à partir d'énergies renouvelables, cette part n'atteignait pas 13 % malgré une baisse de la consommation.

Quant à la production de chaleur d'origine protection de l'environnement en général et d'évolution renouvelable, elle est 10 % inférieure à l'objectif 2011. Un constat sans surprise alors que le gouvernement de l'époque avait refusé de remettre en cause la part du nucléaire dans le mix électrique français, décidant même d'autoriser un deuxième EPR, sans concertation préalable et au mépris des engagements du Grenelle de l'environnement. Le gouvernement a donc été incapable de réorienter les modes de production énergétique, figés en France depuis le développement consommation.

> t-elle faire mieux? La question reste posée. Il y a des raisons valables d'en douter. Les signaux négatifs se sont multipliés depuis mai 2012.

L'acharnement sur le projet d'aéroport de Notre-Damedes-Landes, l'absence des mesures urgentes promises pour sauver les filières éolienne et photovoltaïque, l'équation impossible de la réduction de la part du nucléaire dans le mix électrique (une réduction de 25 points de la part du nucléaire en fermant une seule et unique centrale et en ouvrant un EPR), le renouvellement du soutien financier public aux techniques « propres » d'exploitation des schistes sont autant de signaux qui nous font douter de la sincérité de la volonté du gouvernement d'enclencher la transition énergétique.



3 Décider la transition énergétique maintenant!

La réalisation du scénario de transition énergétique de Greenpeace passe par l'adoption de politiques et de mesures à même de permettre la maîtrise de la demande énergétique, de nous débarrasser progressivement de notre dépendance vis-à-vis des énergies fossiles et fissiles, et de développer les énergies renouvelables.

Sans entrer dans une liste exhaustive des décisions à prendre pour réorienter en profondeur la politique énergétique de la France, Greenpeace préconise une série de mesures structurantes prioritaires que le gouvernement doit mettre en place pendant le quinquennat ; des mesures qui contribueraient par ailleurs à la maîtrise de la facture énergétique, à l'indépendance énergétique du pays, ou encore à la création de milliers d'emplois répartis sur l'ensemble du territoire.

Limiter la hausse de la facture énergétique en maîtrisant la consommation d'énergie

La maîtrise de la demande énergétique, pilier du scénario de transition énergétique, est aussi la réponse à la hausse incontournable de la facture énergétique du pays et des consommateurs. Elle passe notamment par les éléments suivants :

La fixation d'un objectif contraignant de réduction au minimum de 20 % d'ici 2020 et de 35 % d'ici 2030 de la consommation finale d'énergie par rapport à 2010

Un programme de rénovation thermique des bâtiments anciens

Ce plan doit permettre d'engager dès 2013 la rénovation d'au moins 7,5 millions de logements sur dix ans, dans l'objectif de les amener à une consommation d'énergie primaire moyenne de 80kWh/m²/an, répartie entre chauffage, eau chaude, éclairage, ventilation et climatisation.

Une série de mesures immédiates pour une consommation d'électricité efficace :

- L'amélioration des seuils d'efficacité des appareils électriques
- Des incitations fiscales à même de favoriser l'achat des appareils électriques les plus efficaces
- Des campagnes d'encouragement à la sobriété
- Un soutien aux politiques européennes (directive efficacité énergétique, directive écoconception, directive écolabel, etc.) et à la fixation d'objectifs contraignants

Le développement d'une mobilité durable :

- Créer les conditions du transfert modal vers des modes de transport plus efficaces tels que le rail, le bus, les voies fluviales et les modes de déplacement doux
- Accroître drastiquement et rapidement l'efficacité énergétique des moyens de transport (avion, camion, voiture, train, etc.) afin de réduire la consommation de carburant et les émissions de gaz à effet de serre
- Lutter contre l'étalement urbain en instaurant une planification stratégique de l'urbanisme à l'échelle du bassin de vie en cohérence avec les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre

Programmer l'arrêt progressif du recours aux énergies fossiles et nucléaire

Ces énergies sont polluantes, à risque, génératrices de gaz à effet de serre et/ou s'appuient sur des ressources limitées :

Fixer un objectif de réduction des émissions de GES de 55 % d'ici 2030

Mettre en place un plan de sortie programmée et complète du nucléaire :

- Limitation de la durée de vie des centrales à 40 ans au maximum
- Fermeture rapide des centrales les plus dangereuses
- Arrêt du chantier de l'EPR et aucune création de nouveau réacteur (ni ATMEA)
- Abandon des investissements dans le développement de la 4° génération
- Arrêt du retraitement et de la production de MOX

Mettre fin à l'exploitation des énergies fossiles

Renoncer à tout nouveau projet d'exploitation des ressources d'hydrocarbures offshore et onshore.

Sécuriser la couverture des besoins maîtrisés en énergie: soutien aux énergies renouvelables

Rétablir une dynamique de soutien permettant de porter l'objectif d'incorporation de renouvelables dans la consommation finale d'énergie à horizon 2020 à 25%.

Fixer un objectif contraignant de développement des renouvelables à l'échéance 2030 (supérieur à 50 %) et 2050 (supérieur à 90 %), et le défendre à Bruxelles.

Mettre en place un plan de développement des énergies renouvelables électriques :

- Favoriser le développement des filières industrielles tout au long de la chaîne de production des énergies renouvelables: développement du savoir-faire technique en France (formation professionnelle...), soutien à la R&D, incitations fiscales à la création d'entreprise...
- Permettre l'installation des énergies renouvelables : tarifs d'achat, accès prioritaire au réseau, levée des barrières administratives, développement des appels d'offre offshore, investissements dans le le réseau et les interconnexions, R&D sur les solutions de stockage et sur l'efficacité des moyens de production renouvelables...

Assurer les conditions de réussite de la transition énergétique

Lever les freins à la transition énergétique en supprimant les niches fiscales et les aides publiques favorisant les émissions de GES et la consommation d'énergies fossiles. Ces subventions à la pollution représentent chaque année en France un manque à gagner de plusieurs milliards d'euros. À titre d'exemple, la suppression de l'exonération de la taxe sur l'énergie dont bénéficie le transport aérien permettrait de lever 3,5 milliards d'euros par an (1,3 milliard pour les vols intérieurs).

Créer les outils de financement de la transition énergétique :

Il s'agit de créer un cadre fiscal et réglementaire permettant d'inciter les comportements vertueux et de financer la transition énergétique dans les meilleures conditions pour tous (budget de l'État, prospérité des ménages, compétitivité des entreprises françaises d'avenir...).

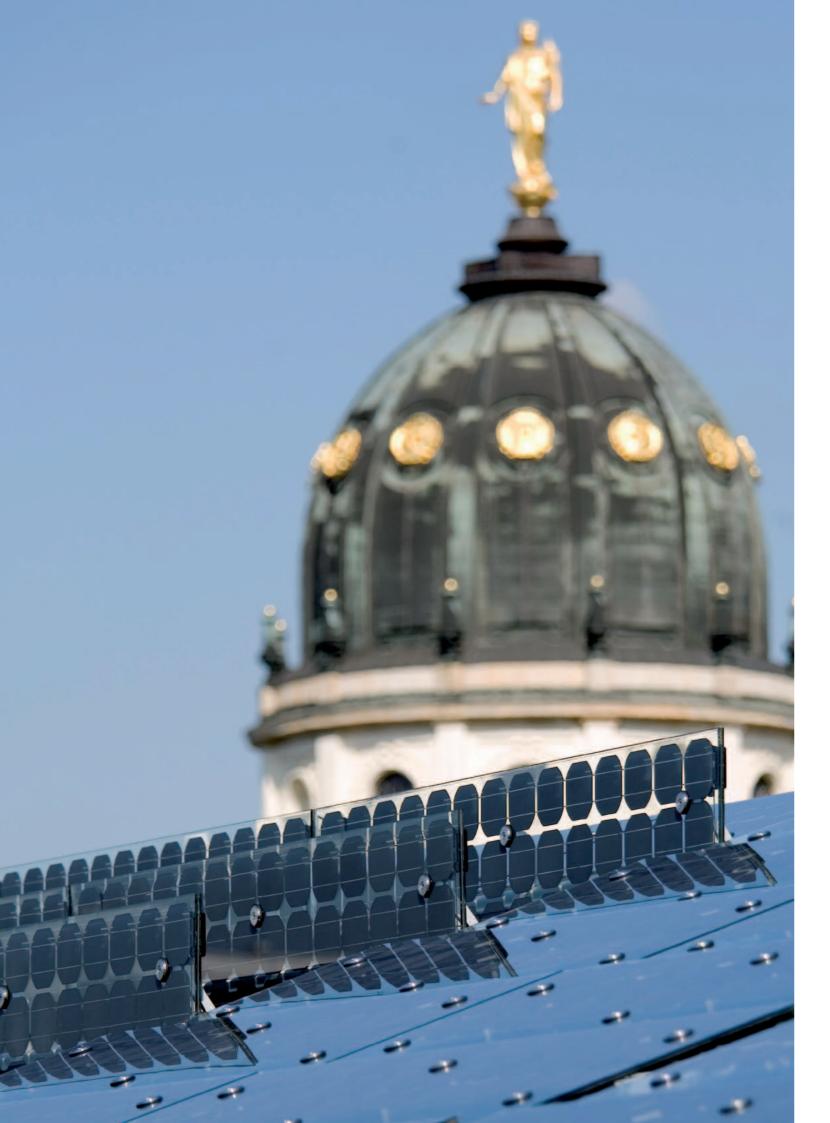
- Mettre en place une fiscalité verte : création d'un système fiscal indexé sur la consommation d'énergie des ménages et des entreprises (Contribution climaténergie)
- Flécher 25 % des revenus générés par la Taxe sur les transactions financières en direction des secteurs de la transition énergétique (rénovation écologique des bâtiments, ENR, modalité écologique...)
- Allouer 100 % des revenus générés par la mise aux enchères des permis du marché carbone européen aux activités associées à la transition énergétique
- Moduler la fiscalité de l'épargne des ménages en fonction de la valeur environnementale des placements effectués pour encourager la réorientation de l'épargne vers des activités vertueuses et l'économie d'avenir réelle
- Orienter les investissements publics en faveur de la transition énergétique

Réorientation de l'intégralité de la R&D publique dans le secteur de l'énergie vers les solutions de production renouvelable ou de maîtrise de l'énergie :

- · Abandon du proiet Astrid
- Développement de la recherche sur le réseau, la production renouvelable, le stockage de l'électricité, le recyclage des installations renouvelables, la maîtrise de l'énergie...

Structuration des filières professionnelles liées à la maîtrise de l'énergie et aux énergies renouvelables

- Aide à l'emploi
- Incitation fiscale
- Soutien à la R&D
- Formation professionnelle



4 Les hypothèses du scénario

Le scénario de transition énergétique est une proposition de transition énergétique s'étalant d'aujourd'hui à 2050.

Il décrit une trajectoire vers un système énergétique équilibré, moins risqué et émettant le moins possible de gaz à effet de serre. Il démontre qu'au moins une trajectoire existe, qu'elle est non seulement techniquement possible, mais qu'elle apporte aussi des réponses aux questions économiques et sociales de maîtrise de la facture énergétique, de maintien de la compétitivité et de création d'emplois.

Greenpeace a cherché à présenter une solution équilibrée, d'autres sont possibles. Les choix que feront les citoyens français et leurs représentants pourront accélérer ou amplifier certaines dynamiques de cette transition : la sortie du nucléaire, le transfert vers les modes de transport les plus efficaces, le développement des transports électriques, la rénovation thermique des bâtiments ou encore le développement du stockage de l'électricité...

Les études utilisées dans le scénario

La démarche de Greenpeace s'inscrit dans l'esprit qu'ont su imposer les experts de négaWatt: une manière pertinente de penser l'énergie par les besoins (par secteur de consommation), puis par le dimensionnement de l'offre sur la base de la demande identifiée. De même, négaWatt a légitimé le triplet « efficacité, sobriété et renouvelable » comme levier de la transition énergétique. Le scénario de transition énergétique (TE) reprend à son compte et soutient ces deux principes.

Le scénario de transition énergétique a été commandé par Greenpeace à l'Institut des techniques thermodynamiques du Centre aérospatial allemand DLR, et les conclusions du rapport ont été approuvées et signées par l'EREC et le GWEC¹⁷.

Le scénario est construit sur l'analyse de l'évolution de la demande d'une part, et la modélisation de l'offre énergétique d'autre part. Le dimensionnement de l'offre en énergie a été établi par le modèle de simulation MESAP/PlaNet, adopté par l'ensemble des scénarios Energy [R]evolution. Il prend en compte l'évolution de la demande en énergie à partir des gains d'efficacité identifiés dans chaque grand secteur de consommation : transports, industrie, résidentiel, tertiaire, etc. Les projections de la demande en énergie ont été développées par l'université d'Utrecht aux Pays-Bas, et repose sur une analyse des potentiels futurs d'efficacité énergétique sur chacun des usages identifiés par secteur.

Le potentiel de biomasse a été évalué à partir des études menées par l'Ademe et Solagro, en lien avec les critères de durabilité de Greenpeace (voir l'encadré sur la biomasse page 25).

La trajectoire testée dans le secteur des transports repose sur une étude de 2012 de l'évolution des technologies des véhicules menée par l'Institut des concepts de véhicules du DLR. L'évolution des performances dans l'aviation repose quant à elle notamment sur une étude de la NASA (2011) et Akerman (2005).

Les technologies de renouvelables de production de chaleur, l'évolution du marché, les tendances, les coûts ont été analysés conjointement par l'Institut DLR et l'EREC.

^{17.} European Renewable Energy Council et Global Wind Energy Council

Enfin. l'Institute for Sustainable Futures (ISF) de l'université du New South Wales en Australie a mené l'étude d'impact sur l'emploi direct pour les scénarios de référence et de transition énergétique.

Hypothèses macroéconomiques

La période d'étude du scénario de transition énergétique (TE) est de 41 ans. L'année de référence est 2009 et le pas de calcul est de cinq ans (six ans pour le premier), jusqu'en 2050.

Les résultats sont comparés à un scénario de référence (RÉF). Celui-ci reflète les tendances mesurées, mais aussi les dynamiques que les politiques des dernières années ont insufflées. À cet effet, le scénario AMS Mesure commandé par la DGEC et réalisé par ENERDATA en 2011 a été choisi. Ce scénario de référence prend en compte les mesures issues du Grenelle de l'environnement (2007-2010). dont la mise en œuvre a été décidée au 1er janvier 2010. Il a été établi sur une période de 20 ans (2010-2030) et prolongé tendanciellement jusqu'en 2050 pour les besoins de l'étude.

Le scénario de transition énergétique fixe une cible d'émission de CO₂ compatible avec une réduction des émissions globales de gaz à effet de serre provenant des usages énergétiques à un niveau de 4 gigatonnes par an en 2050 afin de limiter la hausse de la dernières années ont permis d'établir des projections température moyenne mondiale à moins de 2 °C. Aussi, afin de ne pas détourner les investissements de la lutte contre les dérèglements climatiques et d'éviter les risques d'accident, le scénario propose une trajectoire de sortie du nucléaire.

L'évolution future de la population est un facteur important dans la construction du scénario de transition énergétique. Les hypothèses considérées sont les suivantes:

Évolution de la population (source INSEE)

	2009	2020	2030	2040	2050
Population (en millions)	64,7	68,9	72,3	74,2	76,1

Ces hypothèses intègrent les populations des DOM-COM et de la Corse (source INSEE).

La croissance économique est aujourd'hui un élément dimensionnant de l'évolution de la demande. Depuis 1971, chaque gain de croissance de 1 % à l'échelle mondiale s'est accompagné d'une croissance de 0,6 % de la consommation primaire d'énergie.

Le découplage de la croissance et de la demande en énergie devient donc une nécessité majeure que devra évaluer le scénario de transition énergétique.

Les hypothèses de croissance de ce scénario sont identiques à celle du scénario de référence (DGEC/ ENERDATA 2011)

Taux de croissance annuels moyens

2009-2020	2020-2035	2035-2050
1,6 %	1,5 %	1 %

Hypothèses technicoéconomiques du secteur énergie

1. PROJECTION DES PRIX **DES RESSOURCES**

Pétrole

- Les fluctuations de prix du pétrole au cours de ces d'évolution du prix des fossiles pour le scénario.
- Alors que l'Union européenne se basait en 2004 sur un prix du baril de pétrole de 28 € pour 2030 dans son scénario le plus pessimiste, les projections établies en 2011 par l'AIE se situent entre 80 et 116 €/baril en 2030, et celles de 2012 entre 100 et 145 €/baril en
- Depuis 2000, les 83 €/baril ont été dépassés pour la première fois, grimpant jusqu'au niveau record de 116 €/baril en juillet 2008. Redescendu à 66 €/baril en avril 2010, il s'établissait à nouveau à 91 €/baril au début de l'année 2012.

Ainsi, les projections de l'AIE paraissent bien faibles par rapport aux niveaux actuels, et nous avons donc établi une trajectoire des prix légèrement supérieure à celle de l'AIE, en tenant compte de la demande grandissante de produits 1 pétroliers. VOIR TARI FALL

Gaz

Le prix du gaz évolue de manière assez proche de celui du pétrole. Par conséquent, des analyses similaires sur l'évolution du prix du gaz conduisent à un prix du gigajoule évalué à près de 20 € en 2050.

VOIR TABLEAU 2

Coût des émissions de CO₂

Le scénario suit une trajectoire modérée de hausse des coûts du CO₂ de 0 en 2010 à 57 €₂₀₁₀/tonne en 2050.

2. PROJECTIONS DES COÛTS **ET RENDEMENTS DES TECHNOLOGIES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE**

Centrale à cycle combiné gaz entre 2009 et 2050

- · Continuité des tendances actuelles, avec une augmentation de l'efficacité de 57 à 64 % (2009-2050)
- Baisse des niveaux d'investissement de 587 €2010/kW à 477€₂₀₁₀/kW • Légère réduction des émissions de CO₂ de 354 à

Nucléaire

Les hypothèses technicoéconomiques du nucléaire sont capitales dans l'évaluation des investissements du scénario, étant données les trajectoires très différentes que prennent le scénario de référence et le scénario TE en matière de nucléaire.

La Cour des comptes a publié en 2012 un rapport¹⁸ assez complet sur les coûts du nucléaire qui a conduit aux choix décrits dans le tableau de la page 24. Ce rapport pointait de grandes incertitudes sur les surcoûts à venir au niveau de la construction des EPR (passage de 3.3 Md€ en 2007 à 8.5 Md€ en 2012). sur les coûts aujourd'hui non pris en compte liés à la gestion des déchets et au démantèlement, et enfin sur les coûts liés à l'assurance en cas d'accident nucléaire en France.

Les hypothèses considérées pour le nucléaire dans cette étude sont assez largement sous-évaluées dans le scénario de référence. La mise à jour de décembre 2012 des coûts de construction des EPR conduirait à réévaluer l'investissement à 8,5 Md€ par EPR (soit 1,2 Md€ au-dessus de notre hypothèse). Par ailleurs, les données prises en considération pour la durée de vie et le facteur de charge des EPR présentent une rupture avec les 40 années passées et pourraient vraisemblablement être beaucoup moins élevés dans la réalité.

Voir le tableau page 24.

Évolution du prix du pétrole (en €/baril)

315 g/kWh

	2000	2005	2007	2008	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Bilan mesuré	29	42	63	98	65					
Scénario AIE 2011 450 ppm					65	80	80	80		
Scenario AIE 2011 Current policies					65	88	88	112		
TE 2012					65	93	93	126	126	126

Évolution du prix du gaz (en €/GJ)

	2000	2005	2007	2010	2015	2020	2030	2040	2050
Bilan mesuré	3,1	3,77	5,27	6,55					
Scénario AIE 450 ppm				6,55	8,21	8,56	8,47		
Scénario AIE Current policies				6,55	8,56	9,61	11		
TE 2012				6,55	11,77	13,89	16,17	18,45	19,89

^{18.} http://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/Les-couts-de-lafiliere-electro-nucleaire

Hypothèses de coût du nucléaire retenues par Greenpeace pour les scénarios RÉF et TE

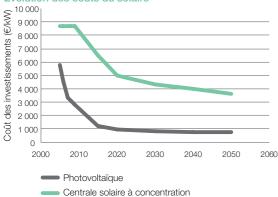
	EPR RÉF	Parc ancien RÉF	Parc ancien TE		
Durée de vie maximale	urée de vie maximale Vision annoncée par EDF, reprise dans le rapport de la Cour des comptes 2012		40 ans Prolongement au maximum de 10 ans de la durée de vie actuelle (30 ans)		
Investissement initial	7,3 Md€ Moyenne calculée à partir des 6 Md€ annoncés par EDF (avant la mise à jour de déc. 2012) et des 8,6 Md€ annoncés par EDF pour chacun des deux EPR anglais de Hinkley Point	0	0		
Coûts d'exploitation et de maintenance	' INIVESTI DE 2011 SOURCE COURT				
Facteur de charge (cibles annoncées par EDF)	90 %	De 74 % à 84 %	De 74 % à 84 %		
Taux d'ajustement	6 %	/	/		
Taux d'intérêt	6 %	/	/		
Surcoûts liés aux déchets, au démantèlement et aux frais d'assurance du nucléaire	Non évalués et non pris en compte dans le calcul				
Investissements annuels dans la recherche	400 millions d'euros annuels depuis 2003 (non intégrés)				

Renouvelables

La répartition des sources renouvelables est homogène sur le territoire (hors hydroélectricité et énergie maritime).

Les graphiques ci-dessous montrent, à partir des données historiques, l'évolution considérée des coûts des évoluent de manière assez modérée dans le scénario investissements pour le photovoltaïque et les centrales solaires thermiques à concentration (CSP), ainsi que pour l'éolien terrestre et maritime (intégrant les taux d'intérêts, la durée de construction, le provisionnement du démantèlement et les coûts du raccordement au réseau).

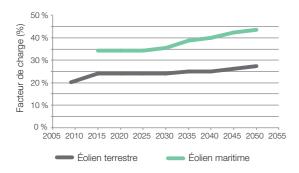




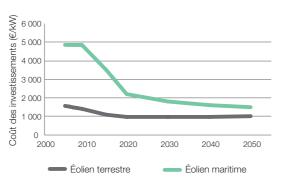
Dans le cas du scénario de référence, ces hypothèses sont surévaluées. Les volumes installés ne permettront sans doute pas d'atteindre des coûts aussi compétitifs.

Les facteurs de charge de l'éolien offshore et onshore TE à partir des données historiques et compte tenu des perspectives autorisées par la recherche.

Évolution des facteurs de charge des éoliennes



Évolution des coûts de l'éolien



Biomasse

À condition d'être récupérée et utilisée de bonne manière, la biomasse peut jouer un rôle important pour sortir de notre dépendance vis-à-vis des énergies fossiles et du nucléaire. La biomasse (les arbres, les plantes...) est une ressource fragile et avant tout nécessaire au maintien de la biodiversité ainsi qu'à la fertilité et à la richesse des sols. Son utilisation à des fins énergétiques ne doit pas altérer cette fonction première et doit donc respecter les principes suivants :

- Un maximum de 75 % de la création annuelle de biomasse forestière peut être récolté à des fins d'exploitation pour la scénario de transition énergétique limite l'utilisation du bois pour l'énergie à 60 % de la création annuelle de biomasse (contre 47 % aujourd'hui).
- la base des récoltes pour la construction ou l'industrie. La dédiée à la production d'énergie.
- industrielle (constructions, meubles, scieries...) présente un potentiel permettant d'éviter l'exploitation directe des forêts pour le secteur Énergie.

- Une évolution vers une agriculture intégrée (cultures intercalaires, agroforesterie, haies, zones humides, etc.) permet de récolter une partie des résidus (pour mission nourricière de l'agriculture tout en garantissant le maintien de la fertilité et de la biodiversité des sols.
- L'utilisation la plus locale possible de la biomasse récoltée pour la production de chaleur (éventuellement cogénération électrique), en réseau de chaleur ou par des
- ne sont pas pertinentes, car elles déséquilibrent fortement

Le scénario de transition énergétique limite l'accroissement du recours à la biomasse afin d'éviter que les besoins énergétiques ne viennent mettre sous pression une ressource biomasse fragile et déjà utilisée par ailleurs. de bois, biogaz et agrocarburant de génération supérieure mécanique à la source. Cela représente une augmentation de près d'un quart entre aujourd'hui et 2050.



Évolution des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance

pour les autres sources de renouvelables électriques								
Investissement en €/kW, et exploitation et maintenance en €/kW/an	2009	2015	2030	2050				
Biomasse directe								
Investissement	2 653	2 329	2 124	1 994				
Exploitation et maintenance	160	140	127	120				
Biomasse en cogénération								
Investissement	4 500	3 815	2 914	2 551				
Exploitation et maintenance	315	268	204	179				
Géothermie								
Investissement	11 159	9 318	4 821	3 446				
Exploitation et maintenance	504	406	240	212				
Énergies marines								
Investissement	5 446	3 489	1733	1 281				
Exploitation et maintenance	219	140	69	51				
Hydroélectricité								
Investissement	2 457	2 568	2 766	2 953				
Exploitation et maintenance	98	103	111	118				

Évolution des coûts d'investissement pour les renouvelables thermiques

2015	2030	2050					
2 000	1 700	1 328					
1 500	1 369	1 212					
714-886	612-759	460-570					
814	814	814					
500-700	456-639	404-566					
500	456	404					
	2015 2 000 1 500 714-886 814 500-700	2015 2030 2 000 1 700 1 500 1 369 714-886 612-759 814 814 500-700 456-639					

Voici l'évolution des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance pour les autres sources de renouvelables électriques VOIR TABLEAU 1

Les hypothèses pour les renouvelables thermiques prennent en compte la grande variété de solutions existantes et les conditions nationales (solaire et géothermie) par type d'énergie

VOIR TABLEAU 2

Les variations de coûts importantes selon la taille de l'installation ont été présentées pour les solutions biomasse et chauffe-eaux solaires. Le coût indiqué pour les réseaux de chaleur solaires n'intègre pas le coût du réseau lui-même.

5 Le scénario de transition énergétique (TE) 2009-2050

Une trajectoire possible Demande en énergie

Le scénario TE s'inscrit dans un projet de société humaniste. La baisse des émissions de gaz à effet de serre et la fin des risques nucléaires reposent sur une vision liant intimement l'Humanité à son environnement. Un projet de société humaniste où les besoins fondamentaux en énergie sont couverts pour tous, sans dommage pour les libertés d'autrui.

Ce projet de société repose sur la maîtrise de l'énergie. Maîtrise de la demande d'abord, en mettant fin à une fuite en avant des dépenses énergétiques qui dure depuis près de deux siècles. Maîtrise de la production d'énergie ensuite, en décidant de mettre fin au recours aux énergies destructrices de l'environnement et nuisibles aux humains : énergies fossiles et nucléaire.

Le scénario de transition énergétique est une proposition de transition énergétique. Il décrit une trajectoire possible vers un système énergétique équilibré, moins risqué, émettant le moins possible de gaz à effet de serre. Il démontre qu'au moins une trajectoire existe, qu'elle est non seulement techniquement possible, mais qu'elle apporte aussi des réponses aux questions économiques et sociales de maîtrise de la facture énergétique, de maintien de la Pour chacun de ces secteurs, une approche compétitivité et de création d'emplois.

Greenpeace a cherché à présenter l'une des trajectoires les plus équilibrées, mais celle-ci n'est pas

Les choix que feront les citoyens français et leurs représentants pourront accélérer ou amplifier certaines dynamiques de cette transition, parmi lesquelles figurent la sortie du nucléaire, le transfert vers les modes de transport les plus efficaces, le développement des transports électriques, la rénovation thermique des bâtiments, le développement baisse de seulement 11 % de la demande en énergie. du stockage de l'électricité, par exemple.

La demande en énergie est analysée selon quatre secteurs, utilisés par l'IEA World Energy Outlook et définis dans l'IEA key World Energy Statistics.

Le secteur de l'industrie prend en compte les industries du fer et de l'acier, de la chimie, des minéraux non métalliques (verre, céramique, ciment, etc.), des équipements de transport, de la production de machines, des mines ainsi que les industries agroalimentaires, du papier, du tabac, du bois, de la construction, du textile et du cuir.

Les **transports** incluent la route, le rail, l'aviation (hors aviation internationale), la navigation (hors soutes maritimes internationales) ainsi que les transports du secteur industriel.

Dans la catégorie autres secteurs, sont inclus l'agriculture, la foresterie, le résidentiel, les services et les commerces. Ce secteur couvre aussi les usages énergétiques de la pêche en eau douce, côtière et au

Enfin, les usages « non énergétiques » couvrent les usages de produits fossiles (la plupart pétroliers) non énergétiques, tels que les paraffines, les lubrifiants, les

prospective a été menée¹⁹ pour identifier les évolutions des besoins énergétiques. Évolution des usages, efficacité des appareils et motorisation, rénovation, transferts vers des systèmes plus efficaces, tous ces aspects ont été analysés à l'échelle de l'Union européenne ou à l'échelle de la France.

Les économies dans les différents secteurs s'additionnent pour se traduire par une baisse de 52 % de la demande globale en énergie entre 2009 et 2050, comme le montre le tableau suivant. Sur la même période, le scénario de référence (RÉF) observe une

Évolution de la demande en énergie finale²⁰

	2009	2050 TE	2050 RÉF
Demande en énergie finale (hors usages non énergétiques)	6 212 PJ	2 989 PJ (-52 %)	5 532 PJ (-11 %)

1. ÉVOLUTION GLOBALE DE LA DEMANDE EN ÉNERGIE PAR SECTEUR

Les demandes en énergies primaire et finale s'infléchissent fortement dans le scénario de transition énergétique. De près de 10 870 PJ d'énergie primaire et 6 520 PJ d'énergie finale en 2011, la trajectoire suivie par le scénario TE conduit d'une part à des baisses de 63 % (primaire) et 52 % (finale) de la demande énergétique, et d'autre part à une meilleure transformation de l'énergie primaire en énergie finale : d'un rendement énergétique de 60 % en 2011, on passe à 74 % en 2050.

Évolution des énergies primaire et finale

	2011	2011 2050 TE	
Énergie primaire	260 Mtep,	97 Mtep,	262 Mtep,
	soit	soit	soit
	10 870 PJ	4 040 PJ	10 970 PJ
Énergie finale	156 Mtep	71,5 Mtep,	132 Mtep,
(hors usages non	soit	soit	soit
énergétiques)	6 520 PJ	2 989 PJ	5 530 PJ

Sur la même période, le scénario de référence présente une stabilisation de la demande primaire en énergie et une baisse de la demande finale, ce qui non seulement ne permettra pas de réduire suffisamment les émissions de gaz à effet de serre, ni d'arrêter la production électronucléaire, mais en plus réduit l'efficacité énergétique de la transformation de l'énergie primaire en énergie finale, qui stagne tout juste audessus des 50 % en 2050.

Le tableau ci-dessous illustre l'évolution de la consommation finale d'énergie par secteur

Évolution des demandes d'énergie finale dans les scénarios TE et RÉF

	2009	2050 TE	2050 RÉF
Transports	1 859 PJ	768 PJ (-59 %)	1 500 PJ (-19 %)
Industrie	1 156 PJ	781 PJ (-32 %)	1 480 PJ (+28 %)
Autres secteurs (résidentiel, tertiaire, agriculture, pêche, etc.)	3 189 PJ	1440 PJ (-55 %)	2 551 PJ (-20 %)
Usages non énergétiques	498 PJ	380 PJ (-23%)	633 PJ (+27 %)
Total	6 710 PJ	3 369 PJ (-50 %)	6 165 PJ (-8 %)

On remarquera les différences marquantes de trajectoire entre secteurs dans le cas du scénario de référence. Il est vrai que les ambitions de ce scénario étaient réduites : il intègre les mesures décidées au 1er janvier 2010, suite au Grenelle II. Si des mesures ont

été prises dans le secteur résidentiel et les transports, leurs effets restent limités et sont compensés en partie par une poursuite à la hausse des consommations du secteur iindustriel et des usages non énergétiques. Ce résultat illustre, s'il fallait encore le démontrer, que les mesures de maîtrise de la demande énergétique doivent être menées sur l'ensemble des secteurs de consommation pour être efficaces.

2. L'INDUSTRIE

L'industrie ne représente que 20 % de la consommation finale d'énergie, et a déjà profité de baisses de la consommation d'énergie depuis les années 70. Cependant, les procédés industriels présentent encore un potentiel élevé d'économies de consommation de chaleur et d'électricité. Ces économies, associées aux transferts vers des sources renouvelables d'énergie permettront de réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur industriel de près de 89 %.

Les principales mesures touchent aux processus industriels, notamment pour la sidérurgie, la chimie, et l'industrie des minerais non métalliques (céramique, verre, ciment, etc.) qui, à elles trois, représentent la majorité des dépenses énergétiques industrielles. Dans la sidérurgie, il s'agit essentiellement de récupérer les énergies dissipées (électricité et chaleur) pour réduire la demande énergétique tout au long du processus sidérurgique. Dans l'industrie des ciments, la récupération de la chaleur lors des phases de refroidissement (notamment des Clinker) et de préchauffage des matériaux peuvent contribuer à une optimisation de la demande en énergie. De manière générale, en améliorant leur efficacité, les moteurs électriques des véhicules, les pompes, les compresseurs, les ventilateurs utilisés dans l'industrie peuvent contribuer à des économies d'énergie de près de 40 %. De ces investissements, 30 % seraient rentabilisés en moins de trois ans. Il en va de même avec le recyclage qui, dans chacun des secteurs industriels, pourrait éviter des consommations superflues et une surexploitation des minerais.

La réduction accessible de la demande en énergie dans le secteur industriel s'élève à un tiers de la consommation actuelle. Ainsi, le scénario TE met en évidence une baisse de la demande à 781 PJ en 2050 contre 1156 PJ en 2009.

La demande en électricité baisse quant à elle de 15 % sur la période, pour atteindre 99 TWh en 2050. Du côté des moyens de production, on observe une substitution des ressources fossiles (en baisse de 90 %) par les renouvelables solaire, biomasse,

^{19.} Energy Demand projections for Energy [R]evolution 2012, Utrecht

^{20.} hors usage non énergétique.

géothermie et hydrogène (doublement sur la période), et une optimisation des usages de la chaleur par le développement des réseaux (qui étaient négligeables en 2009, mais contribuent à hauteur de 151 PJ en 2050).

3. AUTRES SECTEURS : RÉSIDENTIEL, SERVICES ET COMMERCES, AGRICULTURE ET PÊCHE

La catégorie « Autres secteurs » représente à elle seule en 2009 près de **51 % des usages énergétique finaux** et contribue à **30 % des émissions de CO₂**.

Ces secteurs opèrent une transition complète : la consommation, de 3 198 PJ en 2009, baisse de 55 % jusqu'en 2050, avec un abandon quasi total (98 %) des fossiles et une substitution par les renouvelables à hauteur de 97 % des ressources utilisées en 2050.

Évolution de la demande en énergie dans les « autres secteurs »

	2011	2050 TE	2050 RÉF
Électricité	1 062 PJ, soit 295 TWh	676 PJ, soit 188 TWh	1 198 PJ, soit 332 TWh
Chaleur	2 135 PJ	764 PJ	1 353 PJ
Total	3 197 PJ	1 440 PJ -55 %/2009	2 551 PJ -20%/2009

Évolution majeure, le recours à l'électricité baisse de 30 % entre 2009 et 2050, passant de 295 à 188 TWh par an. Les solutions de production de chaleur passent des fossiles aux renouvelables avec le développement des chauffe-eaux solaires pour l'eau chaude sanitaire ainsi que des réseaux de chaleur pour optimiser le chauffage.

Dans les bâtiments, les principales mesures d'efficacité énergétique mises en place sont les suivantes :

• La rénovation thermique des bâtiments les plus anciens : isolation des toits, des murs et des sols permettant une réduction des besoins de chauffage de jusqu'à 50 %. Le remplacement des fenêtres par des triple-vitrages à pellicule de faible émittance permet de réduire les besoins en chauffage et en climatisation de près de 40 %.

Ces mesures permettent de **réduire d'au moins** 15 kWh/m²/an les besoins en chauffage des bâtiments rénovés.

• Le remplacement des moyens de **production de chaleur** par d'autres, **plus efficaces**, dans les maisons rénovées : suppression des chauffages électriques et foyer à bois ouvert au profit des pompes à chaleur géothermiques, des réseaux de chaleur biomasse

ou biogaz, des poêles à bois efficaces, eau chaude sanitaire par chauffe-eaux solaires thermiques.

- La réduction des besoins de chauffage en eau chaude par le remplacement des têtes de douche pour un gain de 12,5 % d'énergie, ou des filtres de robinet pour un gain de 25 %, ou par une meilleure isolation des tuyaux d'eau chaude.
- La consommation spécifique en électricité peut baisser d'au moins 30 % par la mise en place de nouveaux standards de consommation des réfrigérateurs (-35 % d'énergie) à moins de 224 kWh/ an et des machines à laver (-13 % d'énergie) à moins de 230 kWh/an, le remplacement des lampes par les plus efficaces, le remplacement des écrans à tube cathodique (CRT) par des écrans à cristaux liquides (LCD) dans les bureaux pour une consommation de 53 kWh/an pour un LCD contre 116 kWh/an pour un CRT (CRT), l'extinction des ordinateurs de bureau et des veilles d'écran, l'optimisation des serveurs de données et leur mise en veille automatique, l'extinction des box Internet, etc.

Sur la même période, le scénario de référence ne réduit que de 20 % la demande en énergie dans ces secteurs, exclusivement pour les modes de production de chaleur directs fossiles, avec une augmentation de 12 % de la demande électrique.

Sur les 1 624 PJ de consommation fossile correspondant à la production de chaleur (hors réseaux) en 2009, deux cinquièmes ne sont pas remplacés en 2050, un cinquième est substitué par des renouvelables, et enfin deux autres cinquièmes sont conservés en 2050.

4. TRANSPORTS

Les transports représentent aujourd'hui 30 % des usages énergétique finaux et ils sont responsables quasiment à eux seuls de l'augmentation de la consommation finale d'énergie depuis 40 ans. Mais surtout, ils contribuent à près de 33 % de nos émissions de GES.

Ils représentent à eux seuls près de 70 % des besoins en pétrole et l'un des principaux postes de dépense énergétique des ménages.

L'évolution de consommation et des ressources dans les transports repose sur trois leviers :

- · La stabilisation du nombre de km-passager
- L'augmentation de l'efficacité des différents modes de transports
- Enfin, et c'est un levier important en France, le transfert des passagers et des marchandises vers les modes de transport les plus efficaces

Transports routiers

Les transports routiers représentent, en 2009, 93 % de la consommation d'énergie finale et 95 % des émissions de GES du secteur des transports. Le tableau ci-dessous présente les cinq grandes tendances observées par le scénario TE et la comparaison avec le scénario de référence.

Principales évolutions des transports routiers

	2009	2050 TE	2050 RÉF
Demande énergétique	1 736 PJ	660 PJ (-62 %)	1 332 PJ (-23 %)
Consommation de fossiles 1 630 PJ		90 PJ (-96 %)	880 PJ (-46 %)
Agrocarburants	103 PJ	0 PJ (-100 %)	325 PJ (+216 %)
Part du biogaz dans les usages de gaz	0 %	100 %	/
Part du transport électrique	0 % (0 PJ)	57 % (375 PJ, soit 105 TWh)	8 % (106 PJ, soit 29 TWh)

La réduction de deux tiers de la demande énergétique s'articule autour de deux périodes. La première, jusqu'en 2035, consiste en une réduction de 45 % de la consommation d'énergie, essentiellement des fossiles. Cette réduction se poursuit de manière plus modérée sur la période suivante, jusqu'en 2050, avec une substitution de la consommation restante par l'électricité, le biogaz et les gaz de synthèse (hydrogène ou méthane).

Ces résultats proviennent de la combinaison des trois leviers d'efficacité, de transferts de mode et de la baisse de la demande de transports. Malgré un accroissement léger du nombre de kilomètrespassager annuel sur la route jusqu'en 2020, on observe sur toute la période une baisse légère. Pour le fret, le nombre de tonne-km se stabilise à partir de 2020-2025. Cela correspond d'une part à un raccourcissement des distances entre loisirs, services, travail et logements, et d'autre part aux transferts vers les modes les plus efficaces (voiture vers vélo, bus ou tram). Cela se traduit par ailleurs par une baisse importante de l'intensité énergétique par km-passager par véhicule.

Enfin, l'efficacité des véhicules augmente fortement. Les véhicules vendus en 2050 présentent des consommations de 1 litre équivalent-essence/100 km. L'efficacité accrue des moteurs thermiques, puis le développement des hybrides, et enfin le passage au 100 % électrique y contribuent, tout comme les réductions de poids, des frottements et de la traînée des véhicules.

D'ici 2050, on observe deux grandes évolutions technologiques sur la période de transition :

- 2020-2025 : les voitures en vente sont majoritairement hybrides.
- 2030-2035 : les voitures en vente sont majoritairement électriques.

Par ailleurs, un rééquilibrage s'opère vers des voitures plus petites, qui gagnent 10 % de part de marché, au détriment des plus grosses voitures (berlines, 4x4, SUV), dont le nombre est divisé par deux.

Les autres modes de transport (train, avion, navigation)

Ceux-ci représentent 7 % de la consommation énergétique dédiée aux transports. On observe une réduction de 12 % de la demande énergétique d'ici 2050, une division par trois du recours aux fossiles et une hausse de la part du biogaz (20 PJ sur 108 PJ en 2050).

Évolution de la demande énergétique pour les autres modes de transport

	2009	2050 TE	2050 RÉF
Train	55 PJ	69 PJ (+25 %)	77 PJ (+40 %)
Navigation	13 PJ	13 PJ (idem)	14 PJ (+8 %)
Avion	55 PJ	26 PJ (-53 %)	77 PJ (+40 %)

L'augmentation de la demande est sensible sur le train, où le nombre de km-passager et de km-tonnes augmente entre deux et quatre fois sur la période. Ceci reflète le transfert de la voiture individuelle, du transport routier de marchandises et, dans une moindre mesure, de l'avion vers les solutions ferroviaires.

Enfin, pour chacun de ces modes, les gains d'efficacité sont nombreux. L'électrification complète des trains, l'amélioration de l'aérodynamique des trains et des avions, les réductions de poids contribuent pour chacun des modes à l'augmentation de l'efficacité. Pour l'aviation en particulier, la NASA indiquait en 2011 un potentiel de réduction de 58 % des besoins d'énergie d'ici 2035, et l'étude Akerman (2005) estime à 50 % le potentiel de réduction de la consommation de kérosène d'ici 2050.

Sur la même période, l'aviation continue de se développer dans le scénario de référence et les émissions de gaz à effet de serre liées au transport aérien domestique croissent de 33 % pour atteindre 3 % des émissions énergétiques totales en 2050.



Pointe de consommation : entre -25 % et -33 % en 2035

L'opérateur du réseau de transport, RTE, déplore dans son bilan prévisionnel 2012 la tendance haussière de la pointe de consommation. De 74 GW au début des années 2000, elle s'élevait au-dessus de 102 GW en 2012, avec à la clé un nouveau record pour la neuvième année sur dix. L'augmentation est de plus de 35 % sur les dix dernières années. RTE donne deux raisons à cette augmentation. C'est d'abord le chauffage électrique, note RTE, qui entraîne cette course à la surconsommation. Après « un regain de vigueur entre 2005 et 2010 dans le neuf, près d'un tiers du parc de logement français était chauffé à l'électricité, soit 9,5 millions de logements ».

Le chauffage est responsable de la thermosensibilité de la consommation électrique. En 2011, le gradient d'hiver au moment de la pointe s'élevait à 2 300 MW supplémentaires par degré Celsius de température externe en moins. C'est 35 % de plus qu'en 2001. Un autre facteur d'augmentation de la pointe électrique, moindre, provient des usages non thermosensibles liés au développement des nouvelles technologies de l'information, au multi-équipement et à l'augmentation de la consommation liée aux usages existants (plus grands téléviseurs, etc.).

RTE souligne que l'augmentation de la pointe créé de plus grandes tensions sur le réseau et augmente donc le risque de défaillance de celui-ci.

Le scénario TE évalue ses marges de diminution de la pointe de consommation à près de 25 % en 2035, et jusqu'à 33 % en considérant tous les secteurs, hors transports routiers électriques. Cette réduction est obtenue grâce :

- aux effacements des consommations ;
- à la baisse de la consommation des appareils électroménagers et informatiques :
- à l'extinction des appareils en mode veille, à l'extinction des ordinateurs et de l'éclairage dans le tertiaire, et à l'optimisation des serveurs :
- à la suppression des chauffages électriques dans le parc ancien.

Évolution de la pointe de consommation (en GW) dans le scénario

	2009	2012	2020	2030	2035	2050
	98	102	90	76	73	77
% par rapport à 2012		1	89 %	75 %	71%	76 %

Cette réduction de la pointe est nécessaire pour opérer la transition électrique qui supprime des moyens de production pilotables (nucléaire, centrales fossiles) au profit d'un mix incluant une plus grande part de moyens de production variables (solaire et éolien).

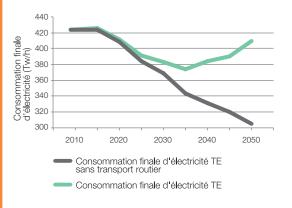
Sur la période 2035-2050, l'hypothèse étudiée du recours à l'électricité dans les transports induit une hausse légère de la pointe de 5 GW (+5 % par rapport à 2035) sur 15 ans, bien loin des hausses de 35 % observées ces dix dernières années.

5. ÉVOLUTION DE LA DEMANDE EN ÉLECTRICITÉ

Le scénario TE étudie une hypothèse de recours à l'électricité pour le transport des personnes et des marchandises sur route à partir de 2035, une fois que les véhicules hybrides auront contribué faire baisser la consommation et les émissions des véhicules. Il apparaissait intéressant d'évaluer cette hypothèse, longtemps considérée comme justifiant le maintien du programme électronucléaire, dans le cadre d'un système reposant en grande partie sur une production renouvelable.

Le graphique ci-dessous illustre cette hypothèse. Il montre un écart qui devient important à partir de 2035, lorsque les véhicules 100 % électriques se développent, jusqu'à occuper en 2050 une part non négligeable de la consommation d'électricité annuelle (près de 25 %).

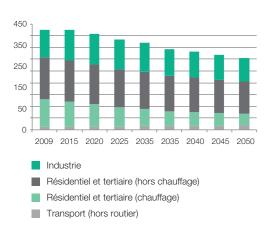
Part de la consommation finale d'électricité pour les transports (transition énergétique)



Première précision importante, cette hypothèse ne doit pas masquer les effets des mesures d'efficacité énergétique mises en œuvre dans les secteurs consommateurs d'électricité qui ont permis de faire baisser la demande en électricité de près de 30 % en 2050 par rapport à 2009.

Le graphique ci-dessous illustre cette baisse dans les secteurs concernés :

Évolution de la consommation d'électricité par secteur hors transport routier électrique



L'hypothèse du transport routier électrique ne doit pas non plus dissimuler la **réduction de la pointe**, opérée dans les autres secteurs de consommation, transport ferré électrique inclus.

On observe ainsi une baisse de près de 40 % de la pointe entre le niveau record de 2012 et 2050.

Évolution de la puissance maximale appelée hors transport routier électrique

	2009	2012	2015	2020	2030	2035	2040	2050
Pointe ho transport électrique (en GW)	00	102	97	87	74	69	65	60

Cette réduction de la pointe est nécessaire pour assurer l'équilibre offre-demande en puissance au moment des pics de consommation.

Enfin, pour limiter la hausse de la pointe de consommation et bénéficier pleinement du système de renouvelables, les systèmes de remplacement de batteries en station sont préférés afin d'optimiser la gestion des batteries tout au long de leur vie ainsi que leur recyclage. Les moments de recharge sont aussi adaptables en fonction des moments de production renouvelable dépassant la demande ponctuelle (par exemple le midi pendant les journées ensoleillées).

Dans ce cas, les batteries peuvent constituer un moyen de stockage journalier permettant de décaler de plusieurs heures la consommation de l'électricité renouvelable par rapport au moment de sa production, par exemple pour l'énergie solaire. Par ailleurs, ce système limite le phénomène de pointe journalière ou événementielle qu'entraîneraient les recharges sur prise au domicile, au travail ou un système de recharge rapide dans des parkings de centre-ville.

Production d'énergie

La production d'énergie est étudiée dans ce scénario pour les trois vecteurs classiques : l'électricité, la chaleur et la mobilité.

Pour chacun de ces vecteurs, seront pris en compte les émissions de CO₂, la sortie progressive du nucléaire avant les 40 années d'exploitation des centrales existantes, et le dimensionnement de la demande sur chacun de ces vecteurs (cf. chapitre précédent).

Le tableau suivant montre l'évolution de la demande par vecteur énergétique entre 2009 et 2050 pour les scénarios TE et RÉF.

Évolution de la demande par vecteur énergétique

	2009	2050 TE	2050 RÉF
Demande en énergie finale	6 212 PJ	2 989 PJ (-52 %)	5 532 PJ (-11 %)
Dont électricité	1 526 PJ (424 TWh)	1 472 PJ (409 TWh)	1 886 PJ (524 TWh)
Dont mobilité	1 859 PJ	768 PJ	1 500 PJ
Dont chaleur	2 840 PJ	1 412 PJ	2 569 PJ

2025 et l'objectif des 50 % de production nucléaire

Le Président de la République a rappelé lors de la conférence environnementale l'objectif qu'il avait fixé pendant la campagne présidentielle de 2012 : une baisse de la part du nucléaire de 75 % à 50 % de la production d'électricité d'ici 2025. Le scénario de transition énergétique présente une trajectoire interdisant l'extension de la durée de vie des réacteurs au-delà de 40 ans. Dans ce contexte, le rythme de fermeture des réacteurs entraîne un passage à une part de 50 % de production électronucléaire en 2023, soit deux années plus tôt que la limite fixée par le Président.

2023 ou 2025, la trajectoire tracée dans ce scénario démontre que la voie des 50 % de nucléaire dans la production d'électricité passe par la fermeture d'une trentaine de réacteurs.

1. ÉLECTRICITÉ

Dans les 40 prochaines années, deux transformations majeures sont nécessaires au niveau du système de production électrique français : la fin de la production électronucléaire au profit d'un parc de production quasiment intégralement basé sur les renouvelables.

Ces évolutions technologiques vont permettre d'une part de stabiliser la production d'électricité à un niveau légèrement inférieur au niveau actuel, permettant ainsi la fourniture d'électricité pour de nouveaux usages tels que les transports. Et d'autre part, l'évolution des coûts de production des énergies renouvelables promet une indépendance énergétique quasi totale et une facture électrique moins élevée qu'avec le maintien d'une production électronucléaire. Enfin, l'implantation des solutions de production renouvelable entraînera une révolution industrielle d'ampleur en France, mobilisant des investissements massifs dans nos industries et entraînant des créations massives d'emplois.

Le risque nucléaire est aujourd'hui une réalité à laquelle sont confrontés tous les français.
L'accumulation des déchets laisse planer le risque de contamination radioactive, et leur gestion pèsera à terme sur le coût de l'électricité. Enfin, les nouveaux réacteurs EPR, plus puissants, augmenteront l'intensité des impacts en cas d'accident, sans mettre un frein au coût sans cesse grandissant de la production électronucléaire.

Tout comme la décision de rentrer dans le nucléaire par la construction massive de réacteurs à partir des années 1970 était une décision politique, traduite notamment dans le plan Messmer, celle de sortir du nucléaire est aussi politique. Il n'y a pas de fatalité à rester dans le nucléaire, tout comme il n'y avait pas de fatalité à v entrer.

Cependant le développement rapide et exclusif du nucléaire s'est accompagné de la création « artificielle » d'une demande en électricité qu'illustre l'installation massive des chauffages électriques dans les résidences, les services et les commerces

Le choix de sortir du nucléaire nécessitera un **retour** à une demande en électricité maîtrisée, au plus grand soulagement des usagers, qui bénéficieront d'un confort énergétique supérieur, mais aussi de coûts moins élevés.



Le scénario de transition énergétique propose une sortie du nucléaire progressive en une vingtaine d'années. Celle-ci est une trajectoire maximale contrainte par une limitation d'exploitation de chacun des réacteurs à 40 ans. Elle ne doit pas occulter qu'un soutien accru au développement des renouvelables et à la réduction des surconsommations électriques permettrait une sortie du nucléaire plus rapide.

Sortie du nucléaire et avènement des renouvelables

La sortie du nucléaire s'opère en trois temps dans le scénario TE.

La fermeture d'un premier lot de 20 réacteurs d'ici 2020 pour une puissance cumulée de près de 18 GW. Sur cette période, entre deux et trois fermetures de réacteur sont compensées par la baisse de la consommation d'électricité, le reste étant compensé par l'installation de capacités renouvelables dans l'éolien (+25 GW par rapport à 2012) et le solaire (+7 GW par rapport à 2012) ainsi que le développement de moyens de cogénération gaz (+7 GW) et directe à gaz (+3 GW).

La deuxième période s'étend de 2020 à 2030, avec la fermeture de 32 réacteurs supplémentaires cumulant une puissance avoisinant les 37 GW. Un cinquième de ces fermetures est compensé par la baisse de consommation de 10 % réalisée sur cette période (environ 51 TWh), le reste étant compensé par 59 GW d'éolien terrestre et maritime, 28 GW de solaire, 3 GW de biomasse et 2 GW de cogénération gaz supplémentaire.

À la fin de cette période, la puissance éolienne totale installée atteint 92 GW (58 GW terrestre et 34 GW maritime), le solaire cumulant quant à lui 38 GW. Ils atteignent tous deux plus de 90 % de leur déploiement final sur la période de transition complète (respectivement 96 et 43 GW).

La dernière période de sortie du nucléaire, de 2031 à 2034, voit la fermeture des six derniers réacteurs encore utilisés en 2030. La fermeture de ces derniers réacteurs est possible dès 2031 et se fera avant 2034. En 2035, plus aucun réacteur nucléaire ne produira d'électricité en France. Ces dernières fermetures sont compensées par la baisse de 3 % de la consommation d'électricité, soit 14 TWh, l'équivalent de la production de 1,4 des réacteurs restants. Le reste des fermetures est compensé par 6 GW d'éolien maritime, 3 GW de solaire, et 3 GW de cogénération biomasse principalement. La puissance cumulée atteint ainsi 199 GW (dont 172 de renouvelables) en 2035.

Un rythme d'installation accru de l'éolien et du solaire

Sur cette période, le rythme d'installation des deux principales sources renouvelables d'électricité, le solaire et l'éolien, s'accélère fortement. En reprenant les données les plus récentes de l'année 2012, 87 GW d'éolien (dont 50 GW de maritime) et 38 GW de solaire devront être installés d'ici à 2035. Ce qui nous amène aux rythmes suivants par période :

Rythme moyen d'installation des puissances éoliennes et solaires en GW/an sur les trois périodes de sortie du nucléaire

	Période 1	Période 2	Période 3
	2012-2020	2020-2030	2030-2035
Éolien terrestre	2,4	3,2	env. 2
	0,8	2,8	de 0,5 à 2
Solaire	0,9	2,9	1,4

Jusqu'en 2011 pour l'éolien et 2010 pour le solaire, les rythmes d'installation de puissance suivaient un accroissement exponentiel depuis près de dix ans. Les incertitudes découlant de l'annulation de l'arrêté tarifaire de 2008 pour l'éolien, et la grande instabilité des tarifs d'achat de l'éolien ont eu raison en moins d'une année de la dynamique des installations de ces deux sources renouvelables d'électricité. Pourtant, depuis 2011, les annonces politiques se sont accumulées, mais sans être suivies d'effets... Ces deux secteurs industriels et leurs dizaines de milliers d'emplois se trouvent actuellement dans la plus grande incertitude.

En 2011, près de 1,3 GW d'éolien terrestre et plus de 1 GW de solaire étaient installés. Malgré le retard sur les niveaux d'installations par rapport à nos voisins allemands et espagnols, la France restait au premier semestre 2011 sur leurs traces quant au développement éolien, avec 12 ans de retard sur l'Allemagne et 7 ans de retard sur l'Espagne, ce qui démontre que des niveaux élevés d'installation sont possibles rapidement en France.

Les 0,7-0,8 GW d'éolien constatés fin 2012 seront bien loin des 2 GW accessibles.

Évolution de l'éolien en France, en Allemagne et en Espagne



Une remise en ordre des mesures de soutien à l'éolien et la simplification des démarches administratives qui allongent le temps d'installation des éoliennes devraient permettre à la filière éolienne de poursuivre son développement, ainsi que la tendance à la baisse du coût de production, jusqu'à atteindre la parité réseau et des rythmes d'installation proche de ceux connus en Espagne et en Allemagne par le passé, entre 3,5 et 4,5 GW/an.

Au plus tard avant fin 2034, la transition électrique de sortie du nucléaire est terminée.

Évolution de la production électrique TE

	2009	2020	2030	2035
Production d'électricité (TWh)	538	524	473	459
Baisse /2009 (%)	/	3%	12%	15%
Puissance nucléaire (GW)	63	44	9	0
Nombre de réacteurs en activité	58	38	6	o
Puissance renouvelable (GW)	31	72	165	176
Puissance fossile (GW)	26	27	26	22

De 26 % des puissances installées en 2009, les renouvelables passent à 88 % de la production électrique en 2035.

Après la sortie du nucléaire ? La suppression des fossiles.

Sur la dernière période de la transition électrique, de 2035 à 2050, la puissance cumulée se stabilise autour de 200 GW. La stabilisation du réseau par la baisse de la pointe de consommation, les moyens de stockage et le développement des interconnexions permet de supprimer 18 GW des 22 GW fossiles restants en 2035. Ils sont remplacés par de la cogénération biomasse chaleur-électricité de 9 à 21 GW, 2 GW supplémentaires de production d'origine géothermique et solaire (CSP), pour un total de 5 GW en 2050, et enfin le passage de 1 à 3 GW de la production d'électricité par les piles à combustible à hydrogène dans les transports.

Sur la période 2009-2035, le scénario de référence AMS Mesure de la DGEC/ENERDATA table sur un léger accroissement des puissances nucléaires installées, passant de 63 GW en 2009 à 66 GW, avec notamment l'ouverture de l'EPR de Flamanville.

L'accroissement de la consommation d'électricité de 23 % jusqu'en 2030 dans le scénario de référence est compensé, au-delà du nucléaire, par un investissement lent dans les renouvelables. L'éolien passe ainsi à 30 GW installés en 2030, dont 9 en éolien marin, et 8 GW en solaire. C'est-à-dire que, d'ici 2030, seulement 750 MW de nouvel éolien terrestre seront installés par an, 500 MW d'éolien maritime et 350 MW de solaire... Avec de tels niveaux annuels d'installation, le scénario de référence assure à ces deux filières, pourtant prometteuses, un avenir mortifère et des destructions d'emplois par milliers.

Production d'électricité en baisse

Le tableau ci-dessous illustre l'évolution du parc de production électrique de 2009 à 2050.

La production nucléaire diminue d'un quart les dix premières années (-107 TWh). Baisse qui s'accélère dans les années 2020-2030, alors que le rythme des fermetures de réacteurs est plus soutenu, pour atteindre 62 TWh en 2030. À partir de cette même année une décision devra être prise quant à la fermeture de la demi-douzaine de réacteurs restants. Une fermeture définitive dès 2031 est possible et, à partir de 2035, plus aucun réacteur nucléaire ne produira d'électricité.

Les dix premières années du scénario, jusqu'en 2020, voient le doublement de la production renouvelable, qui doublera à nouveau jusqu'en 2030 pour couvrir la demande restante en électricité. Sur la même période, la demande en électricité observe une baisse de 14 % par rapport au plus haut de la consommation en 2015. De 2015 à 2030, on observe un recours plus élevé à la production d'électricité par les centrales à gaz. Jusqu'en 2020, celle-ci compense la réduction de deux tiers du recours au charbon et au pétrole comme sources de production, toutes deux plus émettrices de gaz à effet de serre. La moitié de cette nouvelle production de source gaz proviendra de centrales à cogénération (électricité et chaleur) afin d'optimiser le rendement énergétique global.

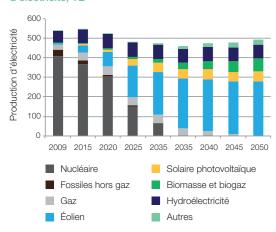
Évolution de la production d'électricité dans le scénario TE et répartition des sources principales de production

	2009	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Total (TWh)	538	546	524	482	473	459	475	494
Nucléaire	410	369	303	150	62	0	0	0
Fossiles hors gaz	32	16	11	8	5	2	2	1
Fossiles gaz	24	40	43	42	41	37	23	3
Renouvelables	72	121	167	283	365	417	449	491

Entre 2020 et 2025, la part du nucléaire tombe en dessous de 50 % de la production d'électricité.

Cette baisse est compensée pour moitié par la réduction de la consommation, et par ailleurs par la production d'électricité éolienne et solaire.

Évolution de la répartition des sources de production



On observe qu'à terme, en 2050, 98 % de la production électrique est d'origine renouvelable. L'énergie **éolienne** en fournit plus de la moitié avec 276 TWh. **L'hydroélectricité** voit sa contribution augmenter d'un quart, à 72 TWh, principalement grâce à la rénovation des systèmes existants. Le solaire, à 52 TWh, poursuit son développement et fournit près de période de sortie du nucléaire. 10 % de l'électricité. La cogénération chaleur-électricité permet d'augmenter la contribution de la biomasse à la production d'électricité, avec une multiplication par dix de sa contribution pour arriver à 65 TWh en 2050. Les autres renouvelables électriques, principalement les hydroliennes, les centrales solaires à concentration et la géothermie fournissent à terme 5 % de la production d'électricité. Enfin, moins de 2 % de la production revient aux centrales à gaz avec 4 TWh.

Il est important de noter que le passage à une production renouvelable approchant les 100 % nécessite des évolutions au niveau du réseau de transport et de distribution ainsi que le développement des capacités de stockage de l'électricité (STEP, gaz de synthèse, batteries des véhicules électriques, etc.). Ainsi, dès 2030, 3 % de la production d'électricité est consacrée à la production de gaz de synthèse (dihydrogène ou méthane), qui peuvent être utilisés

- produire de la chaleur (après injection dans le réseau
- produire de l'électricité par combustion dans les centrales thermiques ou par transformation dans les piles à combustible;

• se déplacer, comme carburant dans un moteur thermique ou comme combustible d'une pile. En 2050, la part de l'électricité stockée sous cette forme monte à près de 11 %, ce qui permet un stockage journalier ou saisonnier. D'autres formes de stockage, comme les STEP (systèmes de pompage et remplissage des barrages), existent déjà et sont utilisées à l'heure actuelle. Les centrales solaires à concentration (CSP) peuvent être associées à des solutions de stockage temporaire permettant de décaler de quelques heures la production d'électricité à partir de la chaleur produite par la centrale. L'intégration au système électrique de productions fortement décentralisées (panneaux solaires sur les bâtiments) et la multiplication des productions centralisées de moyenne puissance (fermes éoliennes, CSP, solaire, etc.) nécessitent une évolution du réseau de distribution pour intégrer une remontée de puissance supérieure à l'actuelle. Par ailleurs, le développement de nouveaux centres de production centralisée (grands parcs éoliens offshore, solaire dans le Sud de la France, importation d'électricités renouvelables disponibles) nécessite une adaptation du réseau de transport et des interconnexions avec les grands réseaux européens renouvelables actuels et à venir (Espagne, Allemagne, Danemark, Royaume-Uni...).

Enfin, la baisse de l'autoconsommation d'électricité par le système électrique s'élève à près de deux tiers sur la

Le scénario de référence s'inscrit dans la longue lignée des scénarios de hausse de la consommation d'électricité et de hausse de la pointe de consommation. Toujours plus d'électricité en somme pour quelques usages en plus. Avec à la clé une facture d'électricité supportée par les ménages de plus en plus élevée du fait de la hausse conjointe de la consommation et des coûts de production de l'électricité.

En effet, de 2009 à 2030, le scénario de référence présente une hausse de 23 % de la production d'électricité pour une hausse de 13 % de la consommation

Sur la même période, les exportations nettes d'électricité s'envolent, passant de 25 à 100 TWh. Sur un marché européen où les renouvelables, moins chères, prendront de plus en plus de place, la surproduction d'électricité française risque de trouver bien peu de

Quelle place pour le gaz?

L'ouverture de nouvelles centrales à gaz à cycle combiné (les plus performantes) ou en cogénération chaleur-puissance ne peut être transition énergétique. C'est-à-dire un plan réduire les émissions de gaz à effet de serre de 95 % pour le secteur énergétique. Un tel plan doit s'envisager sur la période complète nécessaire à la transition. Le recours à de nouvelles centrales au gaz ne doit donc France, et plus largement en Europe.

Le scénario de transition TE s'inscrit dans cette stratégie :

- Un objectif de près de 100 % (97 %) de
- 1 % de capacités installées pour le gaz.
- Le recours au gaz est transitoire, avec une augmentation légère jusqu'en 2030, suivie d'une baisse, ce qui permet de tenir l'objectif sans avoir recours au charbon ni au pétrole, tout en sortant du nucléaire
- La transition française ne nécessite pas un recours énergétique plus intense en gaz. La consommation d'énergie primaire en gaz baisse de 2015 à 2050.
- La France ne devrait pas avoir besoin de nouvelles centrales à gaz en production
- Le nombre d'heures consacrées par les centrales à la production directe d'électricité devrait baisser de 70 %, à 800 heures par an. La baisse est plus faible pour les centrales
- Le recours au gaz baissera significativement d'électricité ainsi qu'en nombre de capacités installées (électricité directe et CHP).
- La conversion d'électricité renouvelable

2. CHALEUR

Le scénario TE produit une trajectoire de baisse moyenne de la consommation de chaleur de 50 %, mais avec des transferts importants entre modes de chauffage.

Ainsi, le chauffage direct, au fioul, au gaz, par chauffage électrique ou par foyer à bois sont remplacés par des moyens de cogénération renouvelables, des réseaux de chaleur et des productions directes renouvelables telles que les chauffe-eaux solaires thermiques pour l'eau chaude sanitaire et les pompes à chaleur géothermiques pour le chauffage des espaces.

On observe ainsi les évolutions suivantes :

Évolution des sources de production de chaleur entre 2009 et 2050 pour les scénarios TE et RÉF

	2009	2050 TE	2050 RÉF
Total (PJ)	2 840	1 412	2 569
Fossiles (gaz, pétrole)	2 013	86	1 279
Biomasse	354	454	619
ECS solaire	2	270	85
Géothermie	46	371	226
Part de l'électricité dans la géothermie	16 PJ (4,2 TWh)	58 PJ (16 TWh)	53 PJ (14,9 TWh)
Chauffage électrique	425	174	361
Hydrogène	0	57	0

Le scénario de référence passe une fois de plus bien loin des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre, avec des solutions reposant en masse sur les fossiles (50 % de l'énergie consacrée à la production de chaleur en 2050), une faible évolution des renouvelables (12 % de l'énergie finale consacrée à la production de chaleur en 2050) et une très faible baisse de la consommation électrique maintenant une thermosensibilité élevée de la consommation d'électricité et des besoins en puissance, qui maintiendra les besoins de renfort du réseau et des surcoûts sur la facture des ménages.



3. MOBILITÉ

La production d'énergie dans les transports est fortement impactée par la baisse de la consommation d'énergie pour les transports routiers et le transfert vers les modes les plus efficaces.

La part dédiée aux fossiles diminue fortement, de 93 % entre 2009 et 2050, les agrocarburants de première génération sont progressivement remplacés par le biogaz et l'hypothèse du développement de l'électricité dans les transports induit une multiplication par dix de sa Il est important de noter que la sortie du nucléaire ne consommation dans ce domaine.

Le tableau ci-dessous récapitule les types de sources d'énergie en 2009 et 2050 pour les scénarios TE et RÉF.

Évolution des sources d'énergie pour les transports (en PJ)

	2009	2050 TE	2050 RÉF
Total	1 859	768	1 332
Fossiles (dont gaz)	1 711	111 (14 %)	998
Agrocarburants et biogaz	103	170 (22 %)	331
Hydrogène	0	45 (6 %)	0
Électricité	45	442 (58 %)	172

Par « hydrogène », on entend gaz de synthèse, ce qui laisse la possibilité d'utiliser le méthane synthétisé par méthanation après pyrolyse. Hydrogène et méthane peuvent être utilisés comme des combustibles de pile dans un moteur, et le méthane directement comme carburant d'un moteur à explosion.

Sur la même période, le scénario de référence ne réduit que de moitié le recours aux fossiles, accroît le recours aux agrocarburants de première génération, passant à côté des évolutions nécessaires pour sortir d'une consommation fortement émettrice de gaz à effet de serre.

Bilan CO₂ et déchets nucléaires

L'objectif de réduction au maximum des émissions de gaz à effet de serre se traduit dans le scénario TE par une baisse de 95 % des émissions en 2050 par rapport à 1990. À l'inverse, le scénario de référence ne réduit que de 47 % les émissions de GES.

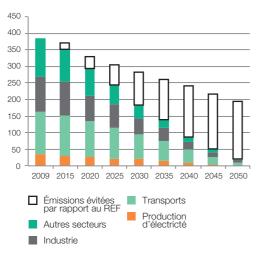
conduit pas à une augmentation des émissions dans le secteur électrique. C'est dans le secteur des transports. du résidentiel et du tertiaire que l'évolution est la plus impressionnante.

Le tableau ci-dessous montre l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et leur répartition par secteur.

Évolution des émissions de CO₂ en millions de tonnes

	2009	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Émissions CO ₂ par secteur	384	352	293	244	182	141	88	50	20
% des émissions de 1990 (369 Mill t)	104 %	95 %	79 %	66 %	49 %	38 %	24 %	14 %	5,4 %
Industrie (inclut la cogénération)	44	48	40	34	25	19	12	8	5
Résidentiel/Tertiaire (inclut la cogénération)	115	99	80	57	39	27	16	8	2
Transports	128	123	108	92	76	58	39	24	8
Production d'électricité (inclut la cogénération)	33,9	29,2	26	22	20	16	10	3	1
Autres (réseau, raffineries, transformation, transport)	63	53	38	39	22	21	10	7	3
Émissions de CO ₂ par personne (t/capita)	5,9	5,3	4,2	3,5	2,5	1,9	1,2	0,7	0,3

Comparaison des émissions de CO₂ entre les scénarios RÉF et TE



Évaluation effectuée sur la base des chiffres publiés par l'Andra et de l'évolution de la production dans le scénario de référence

RÉF	2010	2020	2030	2040	2050
Déchets (au sens de la loi de 2006) en m³	1 122 000	2 047 000	3 068 157	4 127 352	5 220 994
Combustibles irradiés (tonnes)	18 715	20 153	21 740	23 387	25 087
Uranium appauvri (tonnes)	272 000	345 794	427 259	511 759	599 007
Uranium de retraitement (tonnes)	24 000	39 920	57 495	75 725	94 547

Évaluation effectuée sur la base des chiffres publiés par l'Andra et de l'évolution de la production dans le scénario TE

TE	2010	2020	2030	2040	2050
Déchets (au sens de la loi de 2006) en m³	1 122 000	2 047 000	2 487 025	2 540 122	2 540 122
Combustibles irradiés (tonnes)	18 715	20 153	20 837	20 920	20 920
Uranium appauvri (tonnes)	272 000	345 794	380 898	385 134	385 134
Uranium de retraitement (tonnes)	24 000	39 920	47 493	48 407	48 407

Sur la période de transition énergétique, le scénario TE propose une sortie complète du nucléaire quand le scénario de référence maintient la production électronucléaire. Il est intéressant de comparer l'évolution des déchets nucléaires. Continuant de s'accumuler dans le scénario de référence et plafonnant à un niveau bien plus faible à partir de 2035 dans le scénario TE. On notera que les déchets, tels que la notion est définie à la classification 2006, représentent près du double de volume en 2050 dans le scénario de référence par rapport au scénario TE, et près du quintuple par rapport à la situation en 2010. Le problème de la gestion des déchets, qui se pose déjà aujourd'hui, ne sera que plus pressant au fil des années, et le coût plus élevé encore.

Les réductions d'émissions de gaz à effet de serre projetées dans le cadre du scénario de transition énergétique ne concernent que les émissions territoriales de la France. L'ensemble des émissions liées au commerce international ne sont pas prises en compte. Or, ces émissions issues de notre consommation finale ont augmenté de 14 % entre 1990 et 2010. La lutte contre les bouleversements climatiques est mondiale et ne doit pas se traduire en France par une simple relocalisation de nos émissions dans les pays émergents.



6 Comparaison socioéconomique des scénarios

Signe que la faisabilité technologique de la moins inquiétant pour les industriels du secteur énergie et les décideurs, c'est du côté de la compétitivité de l'économie française et en particulier de son industrie que les interrogations sont les plus vives. Bien que être remise en cause, nous avons souhaité illustrer l'évolution de quelques marqueurs économiques (coûts de l'électricité, facture énergétique, indépendance énergétique, intensité énergétique, emplois) afin de souvent mis en avant pour justifier le maintien du système énergétique actuel reposant sur les énergies fossiles et nucléaire. Le nucléaire a été imposé dans les années 70 comme un outil garantissant à la France une plus grande indépendance énergétique et une électricité peu chère. Aujourd'hui de vitesse. Les marqueurs économiques des renouvelables électriques et le bilan des importations de ressources fossiles pour la transition énergétique, quasi nul, semblent en

Nous comparerons les deux modèles dans ce chapitre sous trois angles. En premier lieu, celui des investissements nécessaires dans les systèmes de production d'électricité et de chaleur; puis ceux du coût de l'électricité et de l'indépendance énergétique. Nous compléterons l'analyse économique par une évaluation des créations d'emplois directs liées à la production de chaleur et



Investissements dans les systèmes de production d'électricité et de chaleur

Le montant total des investissements (production d'électricité et de chaleur) sur la période de transition s'élève à 670 Md€ pour le scénario de référence, contre 656 Md€ pour le scénario TE. Cependant, les économies réalisées sur les ressources fossiles et fissiles mobilisées dans le scénario de référence²¹ réduisent à 525 Md€ le coût de la transition énergétique proposée dans le scénario TE.

1. ÉTUDE DES INVESTISSEMENTS DANS LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE FRANÇAIS

Investir dans le nucléaire ou dans la transition énergétique ?

En 2017, 80 % du parc nucléaire français aura atteint la durée d'exploitation de 30 ans initialement envisagée. Ainsi, dans les cinq années qui viennent, la France va devoir lancer un programme d'investissements significatifs pour remplacer cette production, et plusieurs options s'offrent à elle : lancer un programme de construction de nouveaux réacteurs, étendre la durée de fonctionnement des réacteurs existants, ou encore engager une transition vers un mix alliant efficacité énergétique et production renouvelable.

Quelle que soit la solution retenue, des investissements significatifs seront nécessaires.

Si, dans le cas du scénario de référence, le maintien de la puissance nucléaire nécessite une prolongation de la durée de vie au-delà de 40 ans, puis la construction de nouveaux réacteurs EPR, dans le cas du scénario TE, les réacteurs sont déconnectés du réseau et une consommation d'électricité maîtrisée est satisfaite par une production renouvelable électrique, notamment par l'éolien et le solaire.

Dans ce contexte, le niveau d'investissement nécessaire dans les systèmes de production d'électricité est identique à quelques milliards d'euros près entre les scénarios RÉF et TE, et s'élève à 490 Md€ sur 40 ans.

Les investissements nécessaires à la trajectoire TE sont aussi identiques lorsque l'on détaille leur répartition sur les périodes 2010-2030 (moyen terme) ou 2030-2050 (long terme), ou même encore à très court terme, c'est-à-dire sur la période 2012-2020, où les investissements sur les deux trajectoires s'élèvent à près de 9 Md€ par an.

Ces résultats reposent sur des coûts d'investissement d'un nouvel EPR moyen parmi toutes les hypothèses testées (7,3 Md€), et sont considérés comme sousévalués. Les hypothèses de cette étude sont détaillées au chapitre 4.

Investissements nécessaires dans le système électrique français, scénarios TE et RÉF

Scénario TE	Unité	2012-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2011-2050
Fossiles (hors cogénération)	Md€	5,2	4,1	6,0	2,0	17,4
Nucléaire	Md€	0	0	0	0	0
Cogénération (fossile + ÉnR)	Md€	9,6	17,7	27,7	37,6	92,6
Renouvelables (hors cogén.)	Md€	69,9	132,8	65,8	111,3	379,7
Total	Md€	84,7	154,6	99,5	150,9	489,7

Scénario de référence (RÉF)	Unité	2012-2020		2031-2040	2041-2050	2011-2050
Fossiles (hors cogénération)	Md€	1,0	2,9	1,4	2,4	7,8
Nucléaire	Md€	12,3	134,8	133,9	27,2	308,2
Cogénération (fossile + ÉnR)	Md€	5,8	6,0	2,9	2,0	16,8
Renouvelables (hors cogén.)	Md€	62,5	22,2	44,8	31,9	161,3
Total	Md€	81,6	165,9	183,1	63,6	494,1

^{21.} AMS-Mesures 2011 ENERDATA/DGEC

Pourquoi transférer les investissements vers les renouvelables?

Le nucléaire du futur toujours plus cher

Le coût de la construction et de l'exploitation des réacteurs nucléaires est intimement lié aux exigences de sûreté qui n'ont fait que s'accroître avec les retours d'expérience des accidents nucléaires de Three Mile Island et de Tchernobyl. Ainsi, dès aujourd'hui, on peut dire que le prix de l'électricité nucléaire va augmenter significativement.

Les réacteurs de troisième génération, seuls autorisés à la construction en France, ont vu leur coût **exploser** avec les premières réalisations concrètes : alors qu'ils devaient initialement coûter 3 milliards d'euros, les projets en construction en Europe, le chantier finlandais et le chantier français, ont vu leur coût multiplié par deux pour le premier et par deux et demi pour le second. EDF a annoncé un coût de 8,5 milliards d'euros pour l'EPR de Flamanville, ce qui vient confirmer le chiffre de 8,6 milliards d'euros annoncé au Royaume-Uni à l'été 2012 pour un réacteur nucléaire. Alors que les prix des technologies renouvelables diminuent chaque année, les éoliennes terrestres sont d'ores et déjà compétitives face au **nouveau nucléaire**, et ceci sans prendre en compte les externalités développées précédemment. Le faible volume potentiel de commandes d'EPR dans le monde limite fortement les perspectives d'économies de série. Au cours de la dernière décennie, moins de 50 GW de production nucléaire ont été installés sur les principaux marchés mondiaux (Europe, États-Unis, Chine), avec un ralentissement très net depuis 2006, contre près de 1 500 GW pour les autres modes de production. Le seul moyen que cette technologie redevienne compétitive est une baisse des d'au moins 25 % sur le terrestre d'ici 2020, et contraintes de sûreté qui ont été imposées au fil des années par l'expérience des accidents.

Des investissements risqués pour prolonger le parc ancien

L'extension de la durée de fonctionnement des installations nucléaires est l'option qui présente le plus grand nombre d'incertitudes:

• Incertitude sur le coût de l'extension : en quatre ans, les chiffres annoncés par EDF ont plus que doublé. De 400 millions d'euros par réacteur en 2008, EDF est passé à environ 900 millions d'euros avant l'accident de Fukushima, lequel devrait encore faire monter ce chiffre. Aujourd'hui, personne ne sait donc combien EDF devra investir pour permettre à ses réacteurs de fonctionner au-delà de 40 ans. Et cette incertitude durera au moins iusqu'en 2015. date à laquelle l'Autorité de sûreté nucléaire fixera les exigences de sûreté.

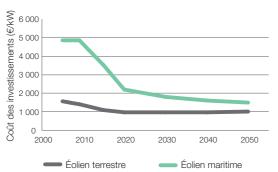
• Incertitude sur la durée de fonctionnement : la durée de vie d'un réacteur nucléaire était initialement estimée entre 30 et au maximum 40 ans, selon les modifications qui pourraient être apportées. Le plus vieux réacteur au monde n'a pas fonctionné plus de 48 ans, et les plus vieux réacteurs encore en exploitation à l'heure actuelle ont 43 ans. Deux éléments sont déterminants pour la durée de fonctionnement d'un réacteur : la cuve en acier et l'enceinte de confinement en béton. Ces deux pièces permettent de confiner la radioactivité à l'intérieur du réacteur, et ne sont ni remplaçables, ni réparables selon l'industrie nucléaire et les régulateurs. En France, la loi a prévu un système de contrôle tous les dix ans visant à estimer si le réacteur peut continuer à fonctionner au regard de son état. On ne sait donc pas anticiper le moment où il faudra investir pour le remplacement de ces réacteurs.

Le cas belge illustre bien ces incertitudes. A l'été 2012, l'autorité de contrôle belge annonce que des milliers de défauts ont été découverts sur la cuve de l'un des réacteurs de la centrale nucléaire de Doel. Étaient-ils là dès l'origine ? Ont-ils évolué pendant la durée de fonctionnement de la cuve ? Vont-ils encore s'aggraver ?

L'éolien et le photovoltaïque toujours plus

Les coûts d'investissement de l'éolien terrestre ont déjà connu de fortes baisses ces dernières années. Dans une moindre mesure, c'est aussi le cas pour l'offshore, malaré les tensions créées sur les chaînes d'approvisionnement. Les perspectives du marché européen et du marché mondial ainsi que les courbes d'apprentissage des investissements nous ont amenés à considérer que les coûts pouvaient encore diminuer de 60 % sur l'offshore d'ici 2050. L'évolution du marché mondial des puissances installées montre par ailleurs une amplification des renouvelables électriques. En 2000, les renouvelables électriques représentaient environ 15 % des 120 GW de nouvelle puissance installée dans le monde. En 2010, elles représentaient la moitié des quelque 180 GW installés.

Évolution des coûts de l'éolien



Par ailleurs. Greenpeace et EnergyNautics avaient étudié en 2011 les investissements à réaliser sur les réseaux pour qu'ils soient adaptés au transport et à la distribution d'électricité 100 % renouvelable. Pour en savoir plus. voir les documents **European Grid Study** 2030-2050 sur www. energynautics.com et Battle of the grids sur www.greenpeace.org

Ces coûts intègrent le démantèlement, le raccordement rendent plus économiques. Par exemple, la centrale au réseau et les intérêts payés pendant la durée de la construction.

Le marché mondial du solaire photovoltaïque a cru de 40 % par an ces dernières années et commence à fournir une contribution non négligeable à la production d'électricité mondiale. Entre les installations complètement décentralisées (toit des maisons) et le « petit centralisé » (champs solaires), les installations photovoltaïques apportent une grande flexibilité à la production d'électricité. Cette flexibilité, associée aux forts potentiels de baisse des niveaux d'investissement nécessaires à leur installation et à des coûts d'exploitation et de maintenance toujours plus faibles, fait du photovoltaïque une solution très prometteuse pour la transition énergétique.

Les tendances mesurées de l'évolution des investissements sur les 7 dernières années et les innovations encore à venir nous permettent de projeter une baisse substantielle des investissements sur les 10 à 15 prochaines années.

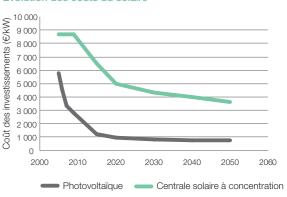
Le développement actuel du photovoltaïque se concentre sur l'amélioration des modules existants et des composants du système afin d'améliorer l'efficacité de production d'énergie et de réduire l'usage de matériaux. Les technologies telles que les cellules photovoltaïques à films fins ou les cellules à pigments photosensibles se développent très rapidement et présentent un potentiel fort pour une baisse rapide des coûts d'investissement. Du côté des technologies plus matures telles que les modules au silicone cristallin, les gains d'efficacité s'élèvent à 0,5 point par an.

La courbe d'apprentissage des modules photovoltaïques (PV) est relativement constante depuis 30 ans : les prix baissent de 20 % dès que les capacités installées doublent. Étant donné le potentiel de développement de cette technologie dans le monde, nous avons considéré que ce rythme de réduction des coûts d'investissement allait se poursuivre dans les prochaines années, avant de se stabiliser à partir de 2020.

Les centrales solaires à concentration (CSP) nécessitent une implantation au potentiel d'ensoleillement très élevé ; elles ne constituent donc pas une solution viable sous toutes les latitudes. Cependant, elles conviendraient bien dans des zones du Sud de la France. Les prévisions de réduction des coûts sont bonnes pour ces technologies : des conceptions plus simples, telles que les systèmes Fresnel, sont désormais accessibles et leur association à des systèmes de stockage de chaleur permettant de différer la production d'électricité dans le temps les

solaire Andasol 1 en Espagne est équipée d'un système de stockage à base de sels fondus qui permet de différer la production de 7,5 heures. Les coûts des CSP pourraient donc être amenés à baisser très vite dans le cas d'un développement rapide du marché dans les prochaines années.

Évolution des coûts du solaire



De la même manière que pour l'éolien, ces coûts intègrent le démantèlement, le raccordement au réseau et les intérêts payés pendant la durée de la construction.

Les hausse des coûts du nucléaire (EPR, risques...) et le faible potentiel mondial d'installation augmentent fortement le risque d'investissement dans le nucléaire. À l'opposé des renouvelables électriques, qui voient des tendances (installation massive, baisse des coûts de production, de construction et de fonctionnement) semblant indiquer que la parité réseau des renouvelables électriques est proche, et l'investissement plus sûr.

2. ÉTUDE DES INVESTISSEMENTS DANS LE SYSTÈME DE PRODUCTION DE CHALEUR

Tout comme pour le secteur de production d'électricité, les investissements dans la production de chaleur sont équivalents dans le scénario de référence et le scénario TE, à près de 166 Md€ sur la période 2012-2050 dans les deux cas. Il faut noter que la grande diversité des movens de production renouvelables de chaleur induit une difficulté d'évaluation précise des niveaux d'investissement globaux. Cependant, c'est l'accélération des installations de chauffe-eaux solaires thermiques (x130) et de géothermie (x10, pour réseau et pompe à chaleur) qui dimensionne fortement ces investissements. Tout comme pour l'électricité, les économies d'approvisionnement en ressources fossiles vont alléger la facture énergétique liée à la chaleur. L'investissement annuel moyen sur la période est de 4,3 Md€ pour le scénario TE et de 4,6 Md€ pour le scénario de référence.

Comparaison des niveaux d'investissement dans la production de chaleur

Scénario TE	Unité	2012-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2011-2050
Pompes à chaleur géothermiques	Md€	21,9	31,4	11,2	2,1	66,5
Géothermie profonde	Md€	2,9	4,0	5,9	3,1	15,9
Solaire thermiques	Md€	18,1	40,8	9,9	6,8	75,6
Biomasse	Md€	4,6	3,2	0,0	0,0	7,8
Total	Md€	47,5	79,4	27,0	12,0	165,8
Scénario de référence (RÉF)		2012-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050	
TOTOTOTOC (TILIT)		2012 2020		2031-2040	2041-2050	2011-2050
Pompes à chaleur géothermiques	Md€	19,9	20,2	17,1	13,1	70,2
Pompes à chaleur	Md€ Md€					
Pompes à chaleur géothermiques		19,9	20,2	17,1	13,1	70,2
Pompes à chaleur géothermiques Géothermie profonde	Md€	19,9 6,3	20,2	17,1 0,0	13,1	70,2 6,3



Coût de production de l'électricité et facture électrique

L'évolution de la facture d'électricité est l'un des marqueurs importants de la transition énergétique. Nous appellerons « facture électrique » le produit du coût de production de l'électricité, hors taxes et contribution, par le nombre de kWh consommés. La facture électrique est, pour certains secteurs industriels, une donnée économique influant fortement sur la rentabilité de l'activité. De même, pour de nombreux ménages français, l'évolution haussière de la facture électrique est devenue un sujet d'inquiétude.

1. RÉSULTATS

Évolution comparée du coût de production de l'électricité (en €/MWh)

	2009	2015	2020	2030	2040	2050
RÉF	49	58,7	70,7	79,6	85,1	91,1
TE	49	64,5	80,1	94,0	107,8	89,5

Compte tenu des hypothèses de coûts de construction et d'exploitation considérées pour les différentes technologies, nous notons un accroissement du coût de production de l'électricité. Il est important de noter que de nombreuses données dimensionnant le coût de production du nucléaire (durée de vie et facteur de charge d'un EPR, durée de vie du parc ancien, durée des travaux de construction d'un EPR, coûts d'exploitation et de maintenance) sont sous-évaluées, faute de visibilité sur ces données. Voir à ce sujet les chapitres 3C et 5C. Le coût de l'électricité croît plus rapidement dans le scénario de transition énergétique, mais baisse fortement sur les dix dernières années de la transition. L'arrêt de la course à la consommation d'électricité dans le scénario TE explique que peu d'investissements additionnels soient nécessaires à terme. Cela permet d'alléger fortement le coût de l'électricité, alors que les investissements lourds et tardifs effectués dans le scénario de référence plombent durablement le coût de production. C'est surtout la baisse de la consommation d'électricité qui, dans le cas du scénario TE, contribue à contenir la hausse de la facture électrique française et d'entamer une stabilisation à partir de 2030, puis une baisse à partir de 2040, pour atteindre en fin de période un coût de 51 Md€ par an. Sur toute la période, le scénario de référence voit la facture électrique augmenter constamment pour atteindre 66 Md€ en 2050.

Évolution comparée de la facture électrique (en milliards d'euros par an)

	2009	2015	2020	2030	2040	2050
RÉF	27,5	36,1	46,9	54,4	60,5	66,4
TE	27,5	36,6	43,3	53,1	54,8	51,3

2. ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION

L'évolution par secteur (hors transport routier) de la consommation d'électricité du scénario TE est présentée à la page 31. D'ici 2050, 30 % de la consommation d'électricité (soit près de 100 TWh) aura disparu sous l'effet des mesures d'efficacité énergétique engagées dès 2013. Dans le scénario de référence, la consommation d'électricité croît de 24 % (soit près de 100 TWh) d'ici à 2050. La surconsommation d'électricité (hausse continue de la consommation d'électricité et de la pointe de puissance) entraîne de nombreux surcoûts pour les ménages et plus généralement pour les consommateurs. Des surcoûts au niveau de l'infrastructure quand, pour satisfaire la consommation, il a été nécessaire d'augmenter la capacité du parc de production et la capacité du réseau de transport ou de distribution²²; et des surcoûts de consommation quand les ménages français consommaient 40 % d'électricité en plus que leur voisins allemands en 2008²³ pour une qualité égale, et en particulier 27 % de plus pour l'électricité spécifique (éclairage, électroménager, audiovisuel, informatique).

3. COÛT DE PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ

L'évaluation du coût de production de l'électricité et de son évolution dans le temps repose sur un calcul complexe intégrant les investissements, les coûts des intérêts durant les travaux, le taux d'actualisation, les coûts d'exploitation et de maintenance, et les prix des carburants et des combustibles. De plus, il est nécessaire d'intégrer l'évolution de chacun de ces paramètres dans le temps.

Le coût de la construction et de l'exploitation des réacteurs nucléaires est un élément déterminant dans le coût de production de l'électricité. Ce coût est intimement lié aux exigences de sûreté qui n'ont fait que s'accroître avec les retours d'expérience

^{22.} Consulter à ce sujet l'étude UFC - Que choisir sur le chauffage électrique (magazine de nov. 2012)

^{23.} Les Cahiers de Global Chance, n°30, septembre 2011

des accidents nucléaires de Three Mile Island et de Tchernobyl. Ainsi, dès aujourd'hui, et quelle que soit la solution retenue, on peut dire que le prix de l'électricité nucléaire va augmenter significativement.

Alors que les prix des technologies renouvelables diminuent chaque année, les **éoliennes terrestres** sont d'ores et déjà compétitives face au nouveau nucléaire, et ceci sans prendre en compte les externalités évoquées précédemment : de 80 à 100 €/ MWh pour un EPR en 2025, contre 50 à 60 €/MWh pour l'éolien. Le retour d'expérience de Fukushima fera encore augmenter les contraintes de sûreté et donc le coût des nouveaux réacteurs.

Le coût de production de l'électricité nucléaire est sous-évalué

En janvier 2012, la Cour des comptes chiffrait à 49,5 euros par mégawatt-heure le coût de production de l'électricité nucléaire. De nombreuses externalités ne sont toujours pas prises en compte dans ce chiffrage :

- Aujourd'hui, aucune solution satisfaisante n'a été trouvée pour la **gestion des déchets**. Le stockage est la voie la plus répandue, mais de multiples incidents ont démontré que cette technique ne permettait pas d'assurer avec certitude le confinement de la radioactivité sur plusieurs dizaines de milliers d'années. Ainsi, la nappe phréatique située sous le centre de stockage de la Manche est contaminée au tritium; le centre de stockage allemand d'Asse est en cours d'évacuation en raison d'une fuite décelée en 2009. pour plus de 2,5 milliards d'euros. Cette incertitude pèse fortement sur le coût des projets, et le centre de stockage en grande profondeur qui devait être construit à Bure a déjà vu sa facture doubler, de 15 à plus de 30 milliards d'euros (35 Md€ selon l'Andra). Par ailleurs, une grande incertitude pèse sur la définition même des déchets, puisque le plutonium et l'uranium de retraitement extraits des combustibles usés ne sont aujourd'hui pas considérés comme des déchets, alors même que leur usage futur n'est pas avéré.
- En matière de **démantèlement**, les évaluations se concentrent principalement sur le coût pour démantele et assainir les bâtiments, plus que sur le devenir des sols. Les ambitions de démantèlement, décrites comme un « retour à l'herbe » ne sont pas clairement définies : notamment, le niveau de décontamination, l'espace impacté et le type d'activité autorisé par la suite sur le site restent largement indéfinis. Selon le niveau d'exigence en matière de dépollution des sols, le coût pourra varier grandement.
- Par ailleurs, les coûts liés à la responsabilité civile en cas d'accident nucléaire sont largement sousestimés. Le système d'assurance qui découle des conventions internationales de Vienne et de Paris

prévoit que chaque réacteur français soit assuré à hauteur de 1,5 milliards d'euros. Pourtant, le coût de l'accident nucléaire de Tchernobyl a été évalué entre 500 et 1 000 milliards d'euros. Pour l'accident de Fukushima, les dernières estimations de l'industriel parlent de plus de 100 milliards d'euros, alors même qu'il faudra 40 ans pour démanteler la centrale et que des contre-estimations évoquent un coût atteignant 600 milliards d'euros. Selon les évaluations de l'IRSN, un accident modéré de type Three Mile Island coûterait environ 120 milliards d'euros, et un accident grave comme Tchernobyl ou Fukushima plus de 430 milliards d'euros. Et l'IRSN d'ajouter qu'un accident majeur en France serait une « catastrophe européenne incontrôlable ».

La baisse tendancielle des coûts de production d'électricité de l'éolien et du solaire est sous-évaluée

Parallèlement à la baisse des coûts d'investissement (voir le chapitre précédent sur les investissements), l'évolution de la puissance des éoliennes et de leur facteur de charge (de 22 à 27 % pour le terrestre et de 34 à 43 % pour le maritime de 2009 à 2050), et enfin la baisse des coûts d'exploitation et de maintenance (baisse de 10 % pour le terrestre et de 50 % pour le maritime de 2009 à 2050) promettent un coût de production de l'électricité éolienne de plus en plus faible. Notons que l'éolien terrestre présente déjà un coût de production inférieur de 30 % à celui de l'EPR.

pèse fortement sur le coût des projets, et le centre de stockage en grande profondeur qui devait être construit à Bure a déjà vu sa facture doubler, de 15 à plus de 30 milliards d'euros (35 Md€ selon l'Andra). Par ailleurs, une grande incertitude pèse sur la définition même des déchets, puisque le plutonium et l'uranium de retraitement extraits des combustibles usés ne sont aujourd'hui pas considérés comme des déchets, alors même que leur usage futur n'est pas avéré.

• En matière de démantèlement, les évaluations se concentrent principalement sur le coût pour démanteler et assainir les bâtiments, plus que sur le devenir des sols. Les ambitions de démantèlement, décrites

À la fin de l'année 2012, l'agence d'analyse financière Bloomberg²⁴ annonçait de son côté un prix moyen de 52 €/MWh en 2011, alors que le coût de production s'élevait à 200 €/MWh il y a 30 ans, et prévoyait une baisse de 12 % d'ici 2016 pour atteindre une parité réseau avec les autres énergies. Cette baisse est, selon Bloomberg, essentiellement due à la baisse des coûts par doublement des puissances installées), et l'augmentation de la puissance et de la taille des turbines, une meilleure aérodynamique, et de meilleures performances des systèmes électriques et d'embrayage.

Les mêmes baisses sont identifiées sur les coûts d'exploitation et de maintenance. De 50 €/MWh il y a 30 ans, on est passé à 11 €/MWh en 2011. Enfin, l'étude de Bloomberg constate une baisse de 14 % de la quantité d'énergie nécessaire à la production d'éolienne à chaque doublement de la capacité installée. Parallèlement, la tendance des évolutions

en matière de facteurs de charge (passage d'une moyenne de 22 % à 27 % pour le terrestre et de 34 à 43 % pour le maritime en France) vient compléter les prévisions en termes de marges de réduction du coût de production de l'électricité éolienne et de compétitivité de l'éolien à courte échéance.

Les analystes de Bloomberg concluent que le monde est désormais très proche de voir une électricité éolienne ou solaire moins chère que celle issue du gaz et des autres moyens de production, durant la journée.

Plus récemment, en décembre 2012, c'est l'agence Price-Waterhouse-Cooper qui présentait un rapport sur la compétitivité du solaire. Celui-ci montre d'une part la dynamique de réduction des coûts, Watt-crête (Wc) du photovoltaïque cristallin passant de 4,6 \$ en 1990 à 1,4 \$ en 2010, et de convergence des coûts entre technologies. D'autre part, l'étude identifie le fort potentiel de poursuite de réduction des coûts qu'offrent les économies d'échelle liées à l'accroissement du rythme d'installation des solutions photovoltaïques, la réduction des volumes de matériaux utilisés ainsi que l'augmentation de l'efficacité des cellules. Déjà, des industriels annoncent fin 2012 un Wc de 1 €. Dans le même temps, annonce l'étude, les coûts des systèmes annexes (systèmes d'intégration, onduleurs, câbles, main d'œuvre...) baissent à un rythme à peu près équivalent, mais devraient représenter à terme une part plus grande du coût total des installations photovoltaïques.

Les perspectives du marché éolien sont sousévaluées depuis une dizaine d'années. Les études de prospection de l'AlE de 2000, 2002, 2005 et 2007 ont toujours sous-évalué de près de moitié les niveaux d'installations mondiaux observés trois ou quatre ans après leur publication. Du côté des scénarios [R]évolution énergétique de Greenpeace de 2007 et 2008, l'écart était plus faible, les niveaux d'installations prévus représentant 80 % de ceux finalement observés en 2010.

Le mythe de l'indépendance énergétique

En 2011, la facture énergétique de la France a battu tous les records, à 61,4 milliards d'euros, soit quatre fois plus qu'il v a 20 ans, une facture supérieure à celles qui ont suivi les chocs pétroliers des années 70. Cette facture représente, en 2011, 88 % du déficit commercial de la France. Le nucléaire devait nous émanciper du pétrole, il n'a en réalité fait qu'ajouter une seconde addiction. Pourtant, le taux d'indépendance énergétique a officiellement bondi à plus de 50 % grâce à un savant calcul dans lequel le gouvernement considère que l'uranium est extrait du sol français, ce qui n'est plus le cas depuis 2001. Quand les experts de Global Chance ou de Wise Paris recalculent cette indépendance énergétique en supprimant les biais, on tombe sur un taux d'indépendance énergétique situé entre 9 et 15 %, donc moins élevé qu'avant le lancement du programme nucléaire.

Considérons le niveau d'indépendance énergétique calculé sur le bilan énergétique primaire et en excluant le nucléaire comme source de production domestique d'électricité. Celui-ci était d'environ 10 % en 2011 et cette indépendance essentiellement garantie par les énergies renouvelables. Il passe à 20-25 % dans le scénario de référence sur la période 2010-2050 grâce au doublement de la part des renouvelables dans le bilan primaire d'énergie. En revanche, dans le scénario de transition, la **France devient indépendante** énergétiquement à plus de 50 % dès 2035, pour atteindre un niveau d'indépendance énergétique de près de 90 % en 2050. Niveau obtenu par les efforts conjoints de réduction de la consommation primaire et de transfert de la production d'énergie des fossiles et fissiles vers les renouvelables.

Du côté de la production d'électricité, la transition électrique génère des économies d'approvisionnement en ressources primaires (fossiles et fissiles) de près de 130 Md€ sur la période 2010-2050. Cela correspond au tiers des investissements nécessaires à la transition des secteurs de l'électricité et du chauffage sur cette même période. L'impact sur la facture est impressionnant. En effet, à partir de 2040, les importations de ressources fossiles dédiées à la production d'électricité se résumeront à 1 Md€ (essentiellement de gaz) au lieu des 10 Md€ d'importations actuelles et des 20 Md€ comptabilisés dans le scénario de référence.

^{24.} http://bnef.com/PressReleases/view/172

Cette réduction de 90 % du budget des importations de ressources permet d'opter pour la stabilisation du réseau électrique 100 % renouvelable à l'échelle européenne à partir de 2030, tout en allégeant la facture électrique globale de la France.

Par ailleurs, ce n'est pas la faible recette de moins de 3 Md€ par an découlant des exportations d'électricité nucléaire qui permettra de rééquilibrer le bilan économique électrique. Celle-ci compense tout juste le coût de l'importation des matières fissiles et, dans les hypothèses les plus ambitieuses, les recettes ne feraient que doubler d'ici 2050.

Enfin, la facture de carburant des voitures particulières s'élève à près de 14 Md€/an (soit 23 % de la facture énergétique totale). En considérant l'hypothèse d'évolution du prix du baril de pétrole décrite dans le chapitre 5, et la suppression quasi totale du recours aux fossiles dans les transports décrite dans le scénario de transition, on arriverait à une **réduction de 65** % **de la facture**, à 5,4 Md€/an en 2050. Sur la même période, la facture correspondant à la consommation primaire des voitures individuelles dans le scénario de référence atteindrait 70 Md€, soit 5 fois plus qu'aujourd'hui et 14 fois plus qu'en 2050 pour le scénario TE.



Emplois dans les secteurs de l'électricité et de la chaleur

L'Institute for Sustainable Futures (ISF) a analysé les effets des scénarios TE et RÉF sur l'emploi dans les secteurs de l'électricité et de la chaleur. Les **emplois** liés à l'efficacité ne sont pas évalués dans cette étude malgré la place prépondérante de l'efficacité énergétique dans le scénario TE. D'autres études, telle que celle menée sur le scénario négaWatt proposent une telle évaluation²⁵.

L'évaluation se limite aux emplois directs : construction, manufacture, exploitation, maintenance,

et fourniture des ressources fossiles et fissiles. Les éléments suivants ne sont pas comptabilisés :

- Emplois liés à la de vente de matériel ou de services
- Emplois indirects (typiquement les secteurs employés indirectement par les industries au cœur de l'activité) tels que la restauration, l'hôtellerie, les sociétés de nettoyage...
- Emplois induits, c'est-à-dire issus de la dépense des revenus des employés des industries au cœur de l'activité

Le calcul du nombre d'emplois repose sur une série de coefficients d'emploi : nombre d'emplois par capacité de production, par type de métier et par unité d'énergie primaire utilisée. La production d'électricité, la puissance installée électrique ou de chaleur, et la consommation primaire de charbon, de gaz et de biomasse sont aussi prises en compte dans le calcul. De nombreuses limitations nuisent à la précision de l'évaluation de l'emploi. La plus importante est le manque de disponibilité de données claires et détaillées dans ce domaine. La méthodologie complète est détaillée dans Rutovitz & Harris (2012a) « Calculating global energy sector jobs : 2012 Methodology ».

Jusqu'en 2020, l'emploi direct dans les renouvelables augmente de deux tiers, passant de 61 600 (production, construction, installation - hors vente) à 103 900 emplois en 2020. Cette hausse est principalement due au développement rapide des solutions éoliennes et photovoltaïques dans les premières années.

En particulier, l'éolien représente près d'un tiers des emplois directs, avec 32 000 emplois recensés. Sur la même période, le scénario de référence voit le nombre d'emplois total des renouvelables baisser de près de 10 %, à 56 800.

Du côté des productions issues des fossiles (pétrole, charbon, gaz), on note une légère augmentation dans le scénario TE, de **3 100 à 5 200**, due au développement temporaire des systèmes de cogénération chaleur-électricité. Le nombre d'emplois reste stable à 3 000 dans le scénario de référence.

Enfin, le nombre d'emplois du nucléaire baisse légèrement dans le scénario TE jusqu'en 2020, mais se maintient à 49 500 contre 52 800 aujourd'hui. Ce phénomène de faible baisse malgré la fermeture de 18 GW de nucléaire est dû au début des opérations de démantèlement. Le nombre d'emplois dans le nucléaire passe à 83 500 en 2020 dans le cas du scénario RÉF.

Tableau récapitulatif des emplois directs recensés pour la production d'électricité et de chaleur

	2010	2015		20	20
	TE et RÉF	TE	RÉF	TE	RÉF
ossiles	3 100	5 000	3 300	5 200	3 000
Nucléaire	52 800	51 000	57 500	49 500	83 500
Renouvelables	61 600	68 100	69 500	103 900	56 800
ΓΟΤΑL	117 400	124 100	130 300	158 600	143 300

^{25.} Étude Philippe Quirion (CIRED) pour le WWF sur http://www.centrecired.fr/spip.php?article781



Conclusion

Le scénario de transition énergétique constitue une contribution au débat sur l'évolution énergétique du pays. À partir de solutions techniques fiables, il propose une trajectoire énergétique qui permet de s'attaquer aux deux principaux enjeux du système énergétique français: les émissions de gaz à effet de serre et le nucléaire. L'alternative proposée repose en grande partie sur une réduction de la consommation d'énergie par des mesures d'efficacité et une organisation plus sobre de la société ainsi que sur le remplacement de la production restante d'énergie par des sources renouvelables

Bien que l'urgence de traiter les deux risques majeurs (climatique et nucléaire) ne puisse être remise en cause, nous avons souhaité illustrer dans ce document l'évolution de quelques marqueurs économiques (coût de l'électricité, facture énergétique, indépendance énergétique, intensité énergétique, emplois) afin de démontrer que le maintien du système énergétique actuel reposant sur les énergies fossiles et nucléaire ne peut se justifier pa des arguments économiques.

Le scénario entend démontrer par ailleurs que cette évolution repose sur un choix. Un choix collectif consistant à défendre une vision susceptible d'engager le pays entier dans un projet de société émancipateur et placera la France dans la modernité. Ni le nucléaire, ni l'amplification des dérèglements climatiques ne sont des fatalités. Si l'alternative est claire, il est désormais temps pour la France de s'y engager. Il revient aux représentants des citoyens français et aux membres du gouvernement de prendre les mesures politiques nécessaires à la

Greenpeace

Greenpeace est une organisation indépendante des Etats, des pouvoirs politiques et économiques. Elle agit selon les principes de non-violence et de solidarité internationale, en réponse à des problématiques environnementales globales. Son but est de dénoncer les atteintes à l'environnement et d'apporter des solutions qui contribuent à la protection de la planète et à la promotion de la paix. En 40 ans, Greenpeace a obtenu des avancées majeures et pérennes. Elle est soutenue par 3 millions d'adhérents à travers le monde, dont 170 000 en France.

Greenpeace France
13 rue d'Enghien
75010 Paris, France
Tél. / Fax: +33 1 80 96 96 96
contact.fr@greenpeace.org
www.greenpeace.fr

Plus d'informations:

Contactez Cyrille Cormier, chargé de campagne climat énergie coordinateur de ce rapport. cyrille.cormier@greenpeace.org
Et sur les scénarios mondiaux, Sven Teske, Energie-Climat. sven.teske@greenpeace.org

Crédits photographiques :

Couverture, pages 20, 39, 48:

Paul Langrock / Zenit / Greenpeace

Pages 2, 16, 30, 44, 50, 51:

Micha Patault / Greenpeace

Pages 4, 5:

Daniel Beltra / Greenpeace

Page 6, 33:

Nicolas Fojtu / Greenpeace

Page 10:

Ulet Ifansasti / Greenpeace

Page 40:

Shayne Robinson / Greenpeace

avec le soutien de :

Gwec

Le Conseil mondial de l'énergie éolienne (GWEC) est le porte-parole du secteur de l'énergie éolienne au niveau mondial. Il œuvre au plus haut niveau international pour favoriser un environnement politique propice à l'énergie éolienne. La mission du GWEC est de veiller à ce que l'énergie éolienne s'affirme comme une véritable solution face aux défis énergétiques actuels, en apportant des avantages tangibles à la fois pour l'environnement et pour l'économie. Le GWEC est représentatif des entreprises, organisations et institutions de l'ensemble du secteur : fabricants, développeurs, fournisseurs de composants, instituts de recherche associations nationales, producteurs d'électricité, sociétés de services financiers et d'assurance comptent parmi ses 1 500 membres, présents dans plus de 70 pays.

Global Wind Energy Council (GWEC) 30 rue d'Arlon 1 040 Bruxelles, Belgique

Tel.: +32 2 213 189 Fax: +32 2 213 189 info@gwec.net www.gwec.net

Erec

Fondé en avril 2000, le Conseil européen des énergies renouvelables (EREC) regroupe des associations européennes qui encouragent le développement économique, scientifique et industriel des énergies renouvelables : bioénergie, géothermie, énergie des océans, petites centrales hydroélectriques, électricité solaire, énergie solaire thermique et énergie éolienne. L'EREC représente une industrie qui génère un chiffre d'affaires annuel de 70 milliards d'aures et fournit plus de 550,000 emplois.

European Renewable Energy Council (EREC) Maison des énergies renouvelables, 63-67 rue d'Arlon

Tél.: +32 2 546 1933 Fax: +32 2 546 1934

www.erec.org

