

## **BILAN SANTÉ ET SOURCES D'ÉNERGIE**

C. Acket, M. Yvon –

### **1. INTRODUCTION**

En France, le débat national sur la transition énergétique a été officiellement lancé avec la première réunion de son conseil national, le 29 novembre 2012. Comment aller vers plus de sobriété énergétique ? Quelle trajectoire adopter pour atteindre le mix énergétique en 2025 ? Comment financer la transition énergétique ? C'est à ces questions que devra répondre le débat sur l'énergie dans les prochains mois.

La Conférence environnementale qui doit préparer le débat national, réunie le 4 décembre, a permis de construire, après débats, un programme de travail dont la feuille de route pour la transition écologique est la traduction. Elle est nourrie par les travaux de cinq tables rondes : préparer le débat national sur la transition énergétique ; faire de la France un pays exemplaire en matière de reconquête de la biodiversité ; mettre en œuvre une fiscalité plus écologique et financer la transition ; améliorer la gouvernance environnementale ; prévenir les risques sanitaires environnementaux.

La formulation des constats et objectifs concernant le dernier sujet, comporte, notamment, les points suivants :

*- la prise en compte de l'impact sur la santé des risques environnementaux depuis plusieurs années. La qualité de l'environnement est un des principaux déterminants de l'état de santé des populations. Par exemple, plusieurs études estiment qu'entre 5 et 10 % des cas de cancers seraient dus aux dégradations de l'environnement. Nos concitoyens, et en particulier les publics sensibles (enfants, femmes enceintes, etc.), ne sont pas exposés de manière équivalente. Les zones où il est observé une surexposition à des substances ou à des agents physiques sont à traiter prioritairement. Le gouvernement luttera contre les inégalités environnementales, qui se cumulent souvent avec les inégalités sociales.*

*...  
- la qualité de l'air extérieur, et en particulier la pollution aux particules fines, est un enjeu important de santé publique selon la Commission européenne et l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'exposition chronique aux particules fines (PM2,5) d'origine anthropique serait à l'origine d'environ 42 000 décès prématurés chaque année en France. En juin 2012, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé les particules fines diesel cancérigènes certains (Groupe 1) pour l'homme. La mauvaise qualité de l'air, intérieur ou extérieur, aurait un coût pour la collectivité compris entre 10 et 40 milliards d'euros par an. La France doit engager rapidement des actions d'amélioration de la qualité de l'air, y compris du fait du contentieux communautaire en cours.*

Le présent document rassemble des éléments objectifs concrets constituant un bilan santé aussi complet que possible des différentes sources d'énergie.

On trouvera en Annexe 1 quelques valeurs numériques permettant de quantifier la situation énergétique en France et dans le monde. L'Annexe 2 fournit quelques rappels concernant notre environnement du point de vue radioactivité. Enfin, l'Annexe 3 regroupe les références Internet utilisées pour préparer ce document.

### **2. LES SOURCES D'ÉNERGIE ET LEURS EFFETS SUR LA SANTÉ**

#### **2.1. LES COMBUSTIBLES FOSSILES**

Le groupe des technologies reposant sur les combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel) se caractérise par l'utilisation de grandes quantités de combustibles dont la production, le traitement et le transport s'accompagnent de taux d'accidents relativement élevés qui sont la principale cause des risques professionnels. La combustion produit systématiquement du gaz carbonique rejeté à l'atmosphère (4,1 tonnes de gaz carbonique par tep pour le charbon, 3,1 pour le pétrole et 2,3 pour le gaz naturel) avec ses conséquences sur l'effet de serre. Sans impact immédiat sur la santé, le réchauffement climatique pourrait se révéler catastrophique à terme. Or, malgré les accords internationaux pour limiter les rejets de GES, on constate une augmentation dramatique de l'usage des combustibles fossiles, notamment du charbon et du gaz pour la production d'électricité.

La mortalité tardive due aux énergies fossiles en agglomération est estimée à 14 000 morts annuels pour les 10 millions d'habitants de la région parisienne, selon un calcul basé sur l'étude de Pope.

Le charbon, deuxième source d'énergie mondiale et celle en plus forte expansion, est de loin la plus dangereuse par les microparticules de sa combustion entraînant la silicose chez les mineurs, et des maladies respiratoires et cardiaques dans la population. Il est responsable de 30 000 morts prématurées par an dans l'Europe des 27, dont 10 000 pour la seule Allemagne, qui construit pourtant 28 centrales à charbon supplémentaires. C'est dix fois pire en Chine, qui construit malgré cela une centrale à charbon chaque semaine. Le charbon continue à faire des massacres dans les mines : 15 000 morts directs par an dans le monde selon l'OMS, dont au moins 1500 en Chine, plusieurs centaines en Ukraine soit plus de 5.000 depuis Tchernobyl pour ce seul pays.

Les déchets, tant des exploitations, sous forme de stériles et de boues de lavage, que de la combustion du charbon, sous forme de cendres en provenance plus particulièrement des centrales électriques, se comptent à l'échelle mondiale en milliards de m<sup>3</sup> par an. Leur stockage se fait dans des conditions trop souvent précaires.

En France, les stériles sont stockés en tas à proximité des exploitations sous forme de terrils qui ont constitué longtemps un trait marquant des paysages du Bassin Charbonnier du Nord et du Pas de Calais, mais aussi des autres bassins français. L'existence de ces stockages/entreposages de cendres, identifiées comme des matériaux présentant potentiellement une radioactivité naturelle renforcée, ont conduit à s'interroger sur les éventuels impacts radiologiques et chimiques associés. Les débits de dose mesurés au niveau des stockages de cendres restent cependant faibles et ne dépassent pas la valeur de 0,150 microSv/heure à 50 cm et 0,220 microSv/heure au contact (voir annexe 2 : radioactivité et risques sanitaires). A titre de comparaison, il peut être mentionné que ces valeurs de débit de dose sont comparables au niveau mesuré en région granitique. Les analyses conduites dans les eaux ne mettent pas en évidence de transfert vers les eaux souterraines.

Le gaz est considéré comme la moins polluante des énergies fossiles, et certains préconisent le passage par le gaz, en attendant de développer les énergies renouvelables. Le qualificatif moins polluant est en théorie vrai, mais doit être relativisé. Vis à vis du CO<sub>2</sub>, le gain est minime par rapport au pétrole vis à vis de l'effet de serre, par les fuites de méthane dans l'ensemble extraction+distribution de gaz et par la production de NOx et de nitrates. Par ailleurs les dangers du gaz naturel sont liés au fait qu'il est explosif quand il est sous pression, qu'il est inflammable et que ses produits de combustion peuvent être toxiques.

Quant au « gaz de schiste », son exploitation, en cours aux Etats-Unis par fracturation hydraulique, a pu mettre en évidence des répercussions négatives sur l'environnement. La loi française interdit spécifiquement cette technique. Mais les besoins actuels et futurs en énergie conduisent à admettre le recours à toutes les sources d'énergie, dans la mesure où elles s'avèrent efficaces, économiques et maîtrisables quant à leur impact environnemental et sanitaire. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Opecst), saisi par la commission des affaires économiques du Sénat, a d'ailleurs donné fin janvier le coup d'envoi à un rapport qui vise à évaluer les alternatives à la fracturation hydraulique.

Enfin, l'usage des combustibles fossiles produit aussi des quantités relativement importantes d'autres rejets, soit solides sous forme de microparticules, soit gazeux, associés à la combustion plus ou moins complète, qui sont la principale source de risques pour le public. Des dispositions techniques existent pour diminuer ces rejets, qui sont progressivement mises en œuvre, du moins sur les centrales françaises. Ces rejets contiennent également des éléments radioactifs, à des niveaux restant acceptables, bien que parfois supérieurs à ceux des centrales nucléaires.

## 2.2. LES ENERGIES RENOUVELABLES

Le groupe des technologies reposant sur des énergies renouvelables se caractérise par l'utilisation de ressources énergétiques disponibles en très grandes quantités, mais à faible densité énergétique, hormis les grandes installations hydrauliques. Ces ressources, pour être captées, exigent la construction de grandes installations (cas de l'hydraulique), ou bien de nombreuses installations de petites dimensions. Les risques professionnels sont relativement élevés, du fait principalement des accidents survenant pendant la construction, surtout pour les barrages hydrauliques, et parfois aussi en cours d'exploitation de ces mêmes installations hydrauliques. Les risques courants pour le public sont relativement faibles, essentiellement liés aux déversements intempêtes et noyage des berges. Les grands accidents, telles les ruptures de barrages sont de faible probabilité, mais alors catastrophiques conduisant à des centaines ou milliers de morts.

Le bilan CO<sub>2</sub> des panneaux photovoltaïques et des éoliennes ne saurait être totalement nul car si l'on fait l'analyse du cycle de vie, les machines éoliennes comme les capteurs photovoltaïques ont besoin d'énergie et de matières premières pour être fabriquées et installées (acier, béton, métallurgie du silicium, plastiques, composants électriques, transport et installations des composants, etc.). De plus, et surtout, l'impact CO<sub>2</sub> de l'électricité éolienne (voire photovoltaïque) est sans doute plus à rechercher du côté des systèmes de soutien liés à leur intermittence. Ceux-ci peuvent être très différents en termes de CO<sub>2</sub> : peu important sans doute si l'on fait appel à des stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) et si le pompage pour remonter l'eau dans le bassin supérieur a été réalisé avec de l'électricité décarbonée, beaucoup plus significatif si le soutien met en œuvre des cycles combinés à gaz ou des turbines à combustion. Lorsque le couple électricité éolienne ou photovoltaïque et ses systèmes de soutien se substituent à de l'électricité produite dans des centrales à charbon, le gain en CO<sub>2</sub> est évident. Lorsqu'il se substitue à de l'électricité nucléaire, les émissions de CO<sub>2</sub> sont importantes. C'est d'ailleurs le choix implicitement assumé par l'Allemagne lorsqu'elle a décidé, après la catastrophe de Fukushima, de fermer ses réacteurs nucléaires.

En outre, l'éventuel retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé humaine, notamment du bruit occasionné dont se plaignent diverses associations, devrait faire l'objet d'études, estime l'Académie de médecine.

La biomasse mérite une mention spécifique, car si en théorie le cycle du carbone est neutre (le gaz carbonique rejeté a été fixé quelques années avant par la plante) la combustion, plus ou moins complète, dégage dans l'environnement de petites particules (de 10 à 100 fois les niveaux à long terme préconisés par l'OMS, 2005), et d'autres éléments reconnus comme étant nuisibles pour la santé. Cette question ne se pose pas seulement dans les pays en développement, mais aussi dans nos pays où notamment en milieu rural, la pollution par particules fines et dioxines due au chauffage bois peut être supérieure à celle des transports. On peut noter que, récemment, un arrêté préfectoral prévoit d'interdire l'usage des cheminées à foyer ouvert en Ile-de-France d'ici à 2015. Ces cheminées sont en effet accusées de polluer massivement l'air extérieur et intérieur de l'Ile-de-France selon Airparif :

- 4 100 tonnes/an de PM2, 5 (particules fines de diamètre < 2, 5 micromètres) soit 1/3 des émissions régionales,
- 4 200 tonnes/an de PM10 (particules fines de diamètre < 10 micromètres), soit ¼ des émissions régionales.

### 2.3. LE NUCLEAIRE

Le nucléaire se caractérise par la forte densité d'énergie du combustible utilisé et, corrélativement, la faible quantité de combustibles et de déchets à traiter. Toutefois, la faible concentration du combustible nucléaire (uranium) dans la croûte terrestre nécessite un effort d'extraction important et les risques professionnels résultent principalement des accidents liés à l'extraction du minerai. La radioactivité constitue une source de risque, qui fait l'objet d'un suivi particulier pour les professionnels, mais qui n'est pas spécifique du secteur production énergie, puisqu'on le trouve aussi dans le médical et d'autres activités industrielles non énergétiques (usage de sources radioactives...). Pour le public, en conditions normales d'exploitation les conséquences sanitaires des rejets radioactifs sont insignifiants en ajout à ceux dus au rayonnement naturel (cosmique, terrestre...). Ces risques peuvent s'accroître lors d'accidents de très faibles probabilités qui doivent être maîtrisés.

Il faut souligner que, en ce qui concerne la protection des travailleurs, les rejets dans l'environnement et les conséquences pour la population, tant en fonctionnement normal qu'en cas d'incident ou d'accident, il existe une abondante documentation accessible au public, tant internationale que française. La liste fournie en Annexe 3 n'en donne qu'un aperçu.

Pour démontrer le faible impact dosimétrique sur l'homme du fonctionnement des centrales nucléaires, on peut s'appuyer sur le fait qu'aujourd'hui, il est principalement porté par le tritium et le carbone 14, deux radionucléides dont il convient de rappeler la faible radio-toxicité. De l'ordre du microSv/an, cet impact dosimétrique est plus de 2 000 fois inférieur à la dose moyenne attribuable à l'exposition à la radioactivité naturelle en France. En ce qui concerne l'usine de retraitement de La Hague, on pourra noter que les principaux rejets en termes d'activité (Krypton 85 et tritium) sont des éléments peu toxiques. Les autres rejets sont très en dessous des limites imposées. Néanmoins des affirmations relatives à l'augmentation des cas de cancers près des installations nucléaires apparaissent régulièrement et donnent lieu à des polémiques. Ces affirmations sont souvent contredites par d'autres résultats. Discutables sous l'aspect validité statistique, les cas encore retenus indiqueraient que les résultats ne sont pas liés aux rejets radioactifs et pourraient avoir d'autres causes, comme des sources infectieuses, caractéristiques de certains grands chantiers et non uniquement nucléaires. Des polémiques identiques apparaissent au niveau des risques liés aux transports des combustibles usés, mettant en cause la santé des agents de la SNCF concernés, mais elles ne reposent sur aucune donnée statistique sérieuse.

En ce qui concerne les déchets solides, il faut distinguer le traitement des déchets, qui génère des relâchements liquides et gazeux (voir ci-dessus), du stockage des déchets eux-mêmes. Les déchets générés par le programme électronucléaire sont récupérés et confinés, on les trie, on les traite ou on les entrepose et/ou on les stocke. Les faibles quantités en jeu facilitent leur manipulation et leur confinement. Les solutions définitives sont opérationnelles depuis de nombreuses années pour les parties les plus volumineuses et les moins radioactives dans les centres de Morvilliers et de Soulaire où les déchets Très Faible Activité et Faible Activité sont stockés définitivement. Les déchets Moyenne Activité Vie Longue et Haute Activité, déchets ultimes issus du retraitement, sont concentrés, confinés (vitrifiés pour l'essentiel) entreposés et surveillés pour l'instant dans des puits de stockage à La Hague. Le risque potentiel que représentent les déchets nucléaires de haute activité est pratiquement éliminé dès lors que ces déchets sont correctement conditionnés et gérés de façon responsable. C'est le cas dans les installations de traitement et d'entreposage gérés par les industriels français. Ce sera aussi le cas pour le très long terme avec la mise en service du centre de stockage géologique. Il est totalement faux de dire qu'on ne sait pas gérer ces déchets, et qu'ils vont menacer la santé des générations futures. On se reportera à l'avis de la « Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs » référencé en Annexe 3.

Une place particulière doit d'être consacrée aux « accidents graves ». Le rapport de l'UNSCEAR identifie 3 accidents survenus dans des installations nucléaires industrielles non militaires et ayant eu des conséquences hors site :

- 1) 28 mars 1979 - aux Etats-Unis - Pennsylvanie - centrale nucléaire de Three Mile Island.
- 2) 26 avril 1986 - URSS - Ukraine sur la centrale nucléaire de Tchernobyl.
- 3) 30 septembre 1999 - Japon - usine expérimentale de retraitement de Tokaimura : une erreur humaine entraîne la mort de 2 hommes qui ont provoqué une réaction nucléaire incontrôlée avec une quantité d'uranium trop importante. Faible relâchement dans l'environnement et évacuation limitée de la population locale.

Cette liste doit maintenant être complétée par l'accident de Fukushima, dont la cause première est un tsunami faisant suite à un séisme de magnitude 8,9 survenu le 11 mars 2011.

Trois accidents graves ont donc marqué l'histoire des réacteurs de puissance électrogènes :

- L'accident de **Three Mile Island**, en dépit de la fusion du cœur et la perte totale de l'investissement, n'a fait aucune victime et n'aura à long terme aucune conséquence sanitaire sur le personnel et encore moins sur le public. Les conséquences médiatiques seront considérables : on parlera du syndrome Chinois, avec film à l'appui. Ceci conduira au blocage des constructions de centrales aux USA. Les leçons ont été tirées dans le monde entier sur tous les réacteurs de cette filière (dont les français) et aussi sur d'autres filières. L'importance de l'enceinte de confinement a ainsi pu être confirmée et des améliorations apportées (filtres à iode notamment).

- L'accident de **Tchernobyl** par contre, libérant la quasi-totalité des éléments volatils du cœur, fut d'une tout autre ampleur, pour la santé des professionnels et de la population. A la quarantaine de victimes survenues dans les jours et mois suivant l'accident parmi le personnel, les pompiers et pilotes d'hélicoptères, sont venus s'ajouter 15 décès dans la population (20 dans le futur ?) consécutifs aux 7 000 cancers de la thyroïde, survenus en quasi-totalité chez les jeunes enfants. Nous sommes loin des dizaines, voire des centaines de milliers de victimes annoncés par certains. Il est clair qu'il n'y a pas chez les 530 000 liquidateurs et dans les populations proches (dont les 350 000 personnes évacuées) et lointaines (les 6 400 000 habitants des zones contaminées à plus de 37 000 Bq/m<sup>2</sup> déposés sur le sol), d'augmentation établie du nombre des cancers (à l'exception des cancers thyroïdiens chez les enfants indiqués ci dessus), ni de toute autre pathologie du type congénital et héréditaire, en relation avec l'exposition reçue. Le risque de décès différés dus aux rayonnements (cancers, ou maladies respiratoires ou cardiaques apparaissant au cours de la vie des personnes exposées) ne peut être mesuré directement, mais évalué par étude probabiliste. La grande dispersion des estimations publiées reflète l'incertitude élevée qui caractérise ce sujet : entre 4 000 et 50 000 morts prématurées jusqu'en 2070, en appliquant les hypothèses actuelles pessimistes (loi pessimiste enveloppe « linéaire sans seuil ») pour évaluer le risque en fonction de la dose de rayonnement. Mais sans lien avec les doses reçues (ce qui contraste avec le ressenti des populations riveraines de l'accident), cette catastrophe humanitaire a des effets collatéraux sanitaires sur le bien-être des populations évacuées qui vivent dans un état de stress post-traumatique chronique.

En France, la dose moyenne reçue suite à cet accident ne dépasse pas celle qui découle d'un séjour en montagne d'une semaine. On ne dépasse pas 1,5 mSv en 1986 et 1 en 1987, pour une personne vivant en plein air et consommant les aliments les plus contaminés, soit pas plus que d'avoir déménagé de l'Est de la France vers la Bretagne pendant ces 2 années. Par le calcul et l'hypothèse pessimiste dite linéaire sans seuil, on obtient 1 décès supplémentaire, impossible à mettre en évidence par rapport au 1 million de morts associés au seul tabac depuis 1986.

- L'accident de **Fukushima** fait suite au séisme et au tsunami qui ont ravagé une partie de la côte est du Japon et occasionné directement, hors tout effet nucléaire, la mort de près de 20 000 personnes. Les trois réacteurs de Fukushima Daiichi en fonctionnement (3 sur 6), ont perdu tous leurs moyens de refroidissement à l'arrêt (alors que l'arrêt automatique avait bien été déclenché par détection sismique 30 secondes avant la secousse principale) suite à l'arrivée de la vague de tsunami, environ une heure après le séisme. La fusion du cœur sur 3 réacteurs a, comme à Tchernobyl et non comme à Three Mile Island, conduit au relâchement d'une quantité importante de matière radioactive. Toutefois, l'impact sanitaire de l'accident nucléaire apparaît relativement restreint, puisque pratiquement au bout de 2 ans, il s'avère encore nul. Tout laisse à penser qu'il en sera de même à l'avenir, à la fois pour les intervenants sur site et pour les populations, grâce notamment aux rapides évacuations de populations (évacuation 6 heures après l'accident pour les personnes situées à moins de 2 kilomètres, étendue 24 heures après dans un rayon de 20 km et confinement au-delà jusqu'à 30 km). Le retour de la population dans certaines zones est même programmé (« area I ») : la dose externe susceptible d'être reçue étant inférieure à 20 mSv/an, les personnes sont donc autorisées, dans un premier temps, à rester temporairement sur place (séjour d'une journée maximum) et à reprendre certaines activités industrielles et agricoles.

Un tel constat a cependant suscité de nombreuses réflexions sur la sûreté des installations nucléaires comme cela s'était déjà produit après les accidents de Three Mile Island et Tchernobyl, comme d'ailleurs après tout incident qui peut se révéler être un précurseur de situation plus grave. Des modifications sont d'ores et déjà planifiées, en France comme dans le reste du monde

### **3. COMPARAISONS**

#### **3.1. ACCIDENTS MORTELS**

En 2011, on a enregistré 325 catastrophes dont 175 catastrophes naturelles et 150 catastrophes techniques. Environ 35 000 victimes sont à déplorer, dont près de 20 000 dues au séisme et au tsunami du nord-est du Japon. Les tempêtes (Philippines) et inondations (Brésil, Thaïlande) ont coûté la vie à plus de 3 000 personnes. Les catastrophes naturelles meurtrières sont de loin plus nombreuses.

Par ailleurs, l'OCDE a recensé les accidents, ayant entraîné au moins 5 morts immédiats ou à brève échéance, dans les filières énergétiques entre 1969 et 2000. L'hydraulique vient largement en tête, puis le charbon et le gaz. Toutes ces sources d'énergie ont donc leur part de catastrophes. On a déjà montré au chapitre 2, qu'en dehors des grands accidents spectaculaires, le pétrole, le gaz tuent encore chaque année dans les champs, dans les raffineries, dans les stockages et les transports ou à la maison (gaz). Quant au charbon, il continue à faire des massacres dans les mines. Le tableau suivant récapitule les accidents graves (> ou = 5 morts (décès

immédiats)) survenus dans les filières fossiles, hydraulique et nucléaire de 1969 à 2000 (données communiquées à l'AEN par l'Institut Paul Scherrer).

Filière énergétiques	Pays membres de l'OCDE			Pays non membres de l'OCDE		
	Accidents	Nombre de morts	Nbre de morts/GWe/an	Accidents	Nombre de morts	Nbre de morts/GWe/an
Charbon	75	2 259	0.157	1 044	18 017	0.597
Charbon (statistiques chinoises de 1994 à 1999)				819	11 334	6.169
Charbon (sans Chine)				102	4 831	0.597
Pétrole	165	3 713	0.132	232	16 505	0.897
Gaz naturel	90	1 043	0.085	45	1 000	0.111
GPL	59	1 905	1.957	46	2 016	14.896
Hydraulique	1	14	0.003	10	29 924	10.285
Nucléaire	0	0	0	1	31	0.048
Total	390	8 934	-	1 480	72 324	-

En France pour les seules mines du Nord et du Pas de Calais en 30 ans d'exploitation on a dénombré 30 000 morts. On n'oubliera pas, en 1906, la catastrophe de Courrières et ses 1 060 morts. On n'oubliera pas non plus le bilan de l'hydraulique avec, en 1959, la rupture du barrage de Malpasset et ses 423 morts.

On peut constater qu'actuellement seul le nucléaire est attaqué sur cette question. Il est donc important de revenir à la réalité des faits. Après plusieurs décennies d'exploitation, les centrales nucléaires françaises n'ont fait aucune victime. Quelle autre énergie classique peut présenter un tel bilan ? Sûrement pas l'hydraulique, ni le charbon, ni le gaz.

### 3.2. POLLUTION ET EFFET DE SERRE (Mortalité courante ou tardive)

Si toutes les sources d'énergie ont eu leurs catastrophes, il faut prendre en compte le fait que l'utilisation des combustibles fossiles, biomasse incluse, tue encore chaque année dans les champs, dans les raffineries, dans les stockages et les transports ou à la maison (voir chapitre 2). Dans le monde, selon l'OMS, près de 900 000 personnes en seraient victimes chaque année.

Ces pollutions et leurs conséquences font l'objet de nombreuses études nationales (notamment par l'Académie de médecine) et internationales (notamment par l'Organisation Mondiale de la Santé).

Pour comparer les conséquences sanitaires des différentes sources d'énergie, l'approche quantifiée réalisée dans le cadre de l'étude dite « ExternE » (External Costs of Energy) de la Communauté Européenne, pour la seule production électrique, donne les résultats suivants en « années de vie » perdues par GWhe :

	Charbon	Pétrole	Gaz	Nucléaire
Années de vie perdues par GWhe	0,35	2,2	0,1	0,02 Avec une estimation pessimiste des effets Tchernobyl

La nécessité d'entreprendre des évaluations détaillées des externalités pour comparer les différentes énergies a d'ailleurs été soulignée en France par la Cour des Comptes dans son rapport sur le coût de la filière nucléaire.

En ce qui concerne la production de gaz à effet de serre, selon les relevés de L'Agence Internationale de l'Energie (rapport 2011), la production totale de CO<sub>2</sub> dans le monde, s'élevait à 30,3 Gigatonnes (Gt), les 10 plus gros contributeurs (Chine, USA, Inde, Russie, Japon, Allemagne, Corée du Sud, Canada, Iran, Royaume Uni) produisant 19 Gt. D'ailleurs, on constatera que pour les pays industrialisés « vertueux » : France, Suisse, Suède, on trouve l'association : électricité - nucléaire - hydraulique.

	Les cinq plus gros contributeurs					France	Total Monde
	Chine	USA	Inde	Russie	Japon		
Gt CO <sub>2</sub>	7,1	5,3	1,6	1,5	1,1	0,36	30,3

Remarque : au CO<sub>2</sub> gaz à effet de serre associé aux activités humaines, il faut ajouter le méthane: équivalent à 2 Gt de Carbone (dû pour moitié à l'agriculture et à l'élevage et pour l'autre moitié aux combustibles, à la biomasse et aux déchets). Il faut aussi ajouter les halocarbures : équivalent à 1 Gt de C et le protoxyde d'azote: équivalent à 0,6 Gt de C (agriculture et combustibles).

Dans le cas de la France métropolitaine, du fait des changements importants effectués dans la structure énergétique au cours de la période étudiée (1970-2011) (en particulier le développement du programme électronucléaire), les émissions rapportées à la consommation d'énergie primaire ont été globalement fortement orientées à la baisse. Ainsi, la France figure déjà parmi les économies industrialisées les moins émettrices de gaz à effet de serre, tant en termes d'émissions par habitant que par unité de PIB : la France représentait ainsi 1,1 % des émissions mondiales en 2004 alors qu'elle contribuait à hauteur de 5 % du PIB mondial. Par ailleurs, avec des émissions en 2008 inférieures de 6,4 % au plafond fixé par le protocole de Kyoto, la France est également un des rares pays industrialisés dont les émissions sont d'ores et déjà en deçà de son engagement international.

Pour illustrer l'intérêt de ce choix énergétique, on peut considérer le tableau suivant concernant la masse de CO<sub>2</sub> générée par chacun des modes de production d'électricité. Les émissions considérées sont les principaux gaz contribuant à l'effet de serre. Les chiffres (réf EDF R&D) prennent en compte les émissions directes pendant l'exploitation des centrales (combustion du charbon par exemple), mais aussi celles entraînées par les autres étapes du cycle de vie (construction et déconstruction des installations industrielles, fabrication et transport des combustibles, élimination des déchets ...).

Filières	Total (g équiv. CO <sub>2</sub> /kWh)
Nucléaire	4
Charbon (600 MW - avec désulfurisation)	996
Charbon (250MW - sans désulfurisation)	1036
Fioul	1080
TAC (turbine à combustion)	1200
Hydraulique (pompage)	113
Hydraulique (fil de l'eau)	6
Hydraulique (retenue)	7
Diesels	897
Eolien	11
CCG (cycle combiné gaz)	425

En France, le nucléaire évite chaque année le rejet de 400 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, 2 millions de tonnes de SO<sub>2</sub>, 1 million de tonnes de N<sub>2</sub>O.

### 3.3. RADIOACTIVITÉ REJETÉE

Les rapports publiés par OSPAR (Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est), fournit des indications sur l'importance relatives des différentes sources de rejets dans cette zone particulière (année 2010). Cette étude montre que l'extraction pétrolière reste, hors tritium, la principale responsable de la pollution radioactive en mer du Nord. Selon les mesures effectuées dans la partie maritime concernant les pays européens riverains, la dose collective affectant les populations riveraines en homme x Sievert / an (HSv/an) est :

Source de rejets	Dose collective (HSv/an)
Industrie nucléaire	14
Essais atmosphériques	7
Rejets de l'industrie pétrolière et des phosphates	195

Ces valeurs sont très inférieures aux niveaux admissibles et doivent être comparées à la radioactivité naturelle maritime, soit : 170 000 HSv/an ou terrestre : 844 000 HSv/an.

## 4. CONCLUSION

La prise en compte de l'impact sur la santé des risques environnementaux doit être un des éléments essentiels dans les choix de la politique énergétique. Le constat fait dans les chapitres précédents, devrait conduire prioritairement, outre les économies d'énergie, à diminuer notre consommation de combustibles fossiles. Cela implique de maintenir le nucléaire à un niveau élevé avec un complément raisonnable apporté par la production d'électricité renouvelable, dans la mesure où le caractère intermittent ou fluctuant, ne conduit pas à augmenter les productions des centrales à gaz. En effet, malgré les majorations des risques du nucléaire et la minoration des risques des combustibles fossiles, les résultats des comparaisons indiquent très clairement que le nucléaire est la filière dont le coût sanitaire est de très loin le plus bas. Sur ces mêmes bases, l'Académie de Médecine, lors du Débat National sur l'Energie en 2003, avait émis la recommandation suivante, confirmée récemment suite à l'accident de Fukushima :

*« Maintenir la filière nucléaire dans la mesure où elle s'avère avoir le plus faible impact sur la santé par kWh produit par rapport aux filières utilisant des combustibles fossiles, les biomasses ou l'incinération des déchets (en raison de la pollution*

atmosphérique qu'elles entraînent) ou même, comme le montre notamment le rapport ExternE de la Commission Européenne, quand on la compare aux énergies éolienne et photovoltaïque (principalement en raison des polluants libérés pendant le cycle de vie des dispositifs)».

En outre, dans un contexte économique difficile où les ressources financières consacrées à un objectif vont manquer à d'autres, il faut reconnaître que le nucléaire est dans tous les cas la source d'énergie la moins chère pour la production d'électricité de base et un contributeur important à l'équilibre de la balance commerciale.

Pour terminer, nous reprendrons un thème de réflexion énoncé par Maurice Tubiana lors du colloque « choix énergétique » de 2003 organisé par l'Académie de Médecine qui place le débat au niveau éthique :

*« Force est d'abord de constater qu'il ne peut pas y avoir de santé, de bien-être (du chauffage l'hiver à la chaîne du froid d'été), sans des moyens matériels nécessitant une quantité d'énergie nettement supérieure à celle dont disposent plus de la moitié des habitants du globe. De ce fait, les avantages qu'apporte une quantité suffisante d'énergie l'emportent très largement sur les inconvénients liés à sa production. De plus, les sources décentralisées d'énergie du monde traditionnel (le bois, la biomasse) polluent l'air intérieur des habitations et les données épidémiologiques, notamment chinoises, montrent qu'il en résulte un accroissement significatif de la fréquence des cancers du poumon. Sur le plan éthique, il apparaît donc qu'on doit mettre à la disposition de tous les êtres humains une énergie suffisante à un prix aussi faible que possible, d'où l'importance sanitaire du prix de kWh, puisque plus celui-ci est élevé, plus nombreux seront ceux obligés de limiter son usage aux dépens de leur confort et leur santé. D'autre part, pour optimiser la production d'énergie, on doit évaluer les effets de chaque filière sur l'environnement (essentiellement la pollution et l'effet de serre) et sur la santé. »*

Une réponse rationnelle doit aussi passer par une meilleure information du public, en contournant fausses idées et peurs suscitées par certains politiques et groupes d'opposants et entretenues par les médias. Quand on regarde par exemple les facteurs quantifiés réels de causes de cancers, nous obtenons : déséquilibres alimentaires : 30 %, tabac : 30 %, UV solaire : 10 %, alcool : 7 %, facteurs professionnels : 3 %, rayonnements ionisants : 1%. Quelle est la perception du public en pourcentages cumulés ? : déchets radioactifs en premier : 70 %, drogues : 65 %, pollution chimique : 65 %, trou d'ozone : 55 %, soleil et UV : 35 %, irradiation des aliments : 30 %, centrales nucléaires : 30%.

Et ce constat ne s'améliore pas vraiment avec une catégorie d'une population pourtant essentielle : les médecins. Une enquête faite auprès de 836 médecins montre des résultats carrément aberrants : 32% d'entre eux attribuent plus de 20 000 morts aux rayonnements des bombes d'Hiroshima et Nagasaki alors qu'il y en a eu à peine plus de 500 depuis 1945 (parmi les 40 000 survivants aux explosions suivies médicalement). 55% pensent que Tchernobyl est responsable des cancers de la thyroïde en France et que les effluents de la Hague ont réellement causé des leucémies... Pour quelles raisons des individus, formés en principe au raisonnement scientifique, sont-ils capables d'un comportement aussi irrationnel (en reconnaissant tout de même, en fin de questionnaire, que 79% s'estiment mal informés, ce qui ne les empêche pas de manifester une opinion qui de ce fait, ne repose sur rien) !

## **ANNEXE 1 - L'ENERGIE EN FRANCE ET DANS LE MONDE**

La production énergétique annuelle mondiale s'élève à 13 milliards de tonnes équivalent pétrole (13 Gtep) soit 1,8 tep par habitant et par an. En France cette production atteint 268 millions de tep (268 Mtep), soit 4,3 tep/hab.an. Les répartitions par sources d'énergie (en %) sont résumées dans le tableau suivant :

	Combustibles fossiles			Energies renouvelables		Nucléaire
	Charbon	Pétrole	Gaz	Total	Dont hydr.	
Monde	28, 3	33	22	11	2, 3	5, 5
France	3, 7	30, 5	15, 2	9	2, 1	41, 4

La comparaison Monde/ France montre que la France se distingue par la faible place du charbon et l'importance du nucléaire, qui a en grande partie remplacé le premier dans la production d'électricité, ce qui est très positif pour limiter les rejets à l'atmosphère de gaz carbonique avec ses conséquences sur l'effet de serre. Mais ce bienfait, parmi d'autres, est-il contrebalancé par un accroissement des risques sanitaires avec la place du nucléaire et notamment le risque attribué aux rayonnements, en tenant compte du fait que le pire des risques est probablement le manque d'énergie ?

Au niveau mondial toujours, la production de CO<sub>2</sub> s'est élevée à 30,3 Giga Tonnes (rapport AIE 2011). La répartition par secteurs (en %) étant la suivante

Electricité et chaleur	Transport	Industrie	Résidentiel	Autres
41	22	20	6	11

En ce qui concerne la production d'électricité, quelques ordres de grandeurs sont aussi utiles. Une production d'énergie de 10 Téra Watt heure (TWh) sur une année, soit l'équivalent de la consommation de 1,63 million de ménages français en 2009 (1/17<sup>ème</sup> des ménages), peut être obtenue avec l'un des moyens de production suivant :

Moyen de production		Quantités nécessaires pour produire 10 TWh
Combustibles fossiles	Charbon	3,5 millions de tonnes
	Pétrole	2,2 millions de tonnes
	Gaz	1,6 milliard de m <sup>3</sup>
Energies renouvelables	Eolien	2 000 éoliennes de 2 MWe
	Photovoltaïque	10 millions d'installations de 10 m <sup>2</sup>
	Biomasse	16 millions de tonnes de bois
Nucléaire		9/10 èmes d'un réacteur de 1450 MWe (type N4, Chooz ou Civaux)

## **ANNEXE 2 - COMMENTAIRES SUR LE NUCLEAIRE ET LA RADIOACTIVITE**

*Toutes les choses sont poison, et rien n'est sans poison ; seule la dose fait qu'une chose n'est pas un poison (Paracelse XV<sup>e</sup> siècle)*

La radioactivité ne se sent pas, ne se voit pas et l'invisible fait peur. Le problème principal est de ne pas voir la radioactivité, pas plus que le gaz carbonique, le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les micros particules ... Mais comme on la mesure très aisément, et que l'on peut faire crépiter les compteurs avec quelques Becquerels, cela fait peur. Et pourtant l'homme vit dans un environnement radioactif depuis toujours, avec des doses très variables d'un bout à l'autre de la Terre et même au sein de notre pays. Nous sommes en permanence soumis à une irradiation naturelle. La dose individuelle correspondante est comprise entre 2 et 3 millisieverts (mSv) par an en France pour la plupart des individus. Si l'on ajoute l'exposition aux sources artificielles de rayonnements ionisants (à 90% médicale), la dose individuelle atteint en moyenne 4 mSv par an en France.

La dose d'origine naturelle reçue par chaque Français varie entre 2 et 3 mSv/ an (rayons cosmiques, terre, radon;...).

Le rayonnement cosmique (7 % de cette dose) provient de l'espace et augmente rapidement avec l'altitude. La dose reçue par un montagnard habitant à 1000 m d'altitude est supérieure de 20 % à celle reçue par une personne habitant au bord de la mer. A l'altitude de croisière d'un avion de transport, le rayonnement cosmique est 150 fois plus élevé qu'au niveau de la mer. Quelques doses : un vol Paris-Tokyo : 0,1 mSv, un an à Paris : 0,7 mSv, à La Paz : 2,7 mSv, un jour à bord de Mir : 1 mSv.

Le rayonnement tellurique a pour origine les radionucléides primordiaux (de l'uranium, du thorium et du potassium) apparus au moment de la formation de la Terre. Nous sommes donc exposés aux rayonnements provenant du sol ainsi qu'aux matériaux de construction obtenus à partir de matériaux extraits du sol. Ce rayonnement est plus important dans les régions granitiques. La dose efficace individuelle due au rayonnement tellurique est en moyenne d'environ 0,45 mSv par an en France. Le radon, gaz naturel radioactif, est la principale source d'exposition naturelle. Il provient essentiellement de la désintégration de l'uranium présent dans la couche terrestre. Les activités massiques des matières premières, des sols, minerais et autres matériaux sont très variables ; à titre de comparaison, voici ci-dessous quelques données (en Bq de matière sèche) :

	238 U	232 Th	40 K
Croûte terrestre	0,04	0,04	0,4
Sols	0,035	0,035	0,37
Granite	0,052	0,048	1,1
Calcaire	0,015	0,005	0,09
Phosphogypse	0,2	0,017	0,06
Phosphate	11,3	0,03	0,2
Zircon	4	0,5	0,02
Monazite	10	600	0,01

Les radionucléides de la croûte terrestre (principalement potassium 40) et ceux créés par les rayonnements cosmiques (essentiellement carbone 14) sont naturellement présents dans les plantes et les animaux, mais aussi dans l'eau. Nos aliments et nos boissons sont par conséquent légèrement radioactifs. Les radionucléides ingérés se fixent dans les tissus de l'organisme et entraînent une exposition interne d'origine naturelle. La dose efficace individuelle est égale à 0,24 mSv par an en France.

Ainsi La Bourboule est construite sur un terrain granitique, riche en uranium 238, dégageant du radon 222 et du polonium 210 parmi ses descendants. C'est une station recommandée par des médecins pour leurs malades ayant des problèmes de respiration. Ces derniers vont recevoir des gaz thermaux à fortes doses de radon 222. En ville la radioactivité peut atteindre les 3 microSv/h (~20 mSv/an). Cette dose est similaire à la dose reçue aujourd'hui dans une région située de l'autre côté de la planète répondant au

nom de ... Fukushima ! Pour relativiser, il faut citer des chiffres d'irradiation due à la radioactivité naturelle à Ramsar (Iran), soit des niveaux pouvant atteindre par endroits de 60 à 120 mSv/an. Dans ces 2 cas, aucune conséquence sur la santé ni l'hérédité des populations riveraines n'a été constatée.

Principale source d'exposition artificielle, l'exposition médicale est essentiellement constituée par le radiodiagnostic et les radiothérapies, pour lesquelles très peu de patients sont soignés par une dose importante. Les essais nucléaires atmosphériques des années 50 à 70, l'industrie nucléaire et les accidents dont Tchernobyl représentent seulement 1 % de la dose efficace individuelle annuelle moyenne reçue en France.

Aux fortes doses de rayonnements instantanés (ou quasi), c'est-à-dire au-delà de 6 à 8 Sievert, la mort est certaine. A 4,5 Sv, la moitié des irradiés meurt (dose létale 50%). A 1 Sv on rencontre des effets, mais la guérison à court et moyen terme se fait naturellement, c'est la limite de l'hospitalisation de précaution. La question soulevée est celle à long terme, avec effet retardé, des faibles doses pour les travailleurs et pour le public. Pour les faibles doses les effets sur la santé font l'objet d'études épidémiologiques, poussées en ce moment. Elles sont difficiles, car les effets de la radioactivité, masqués par d'autres phénomènes de plus grande ampleur (nourriture, boissons, tabac), sont très faibles ou nuls, voire même favorables selon certains résultats ! Certains spécialistes diront même que de faibles doses pourraient avoir un effet bénéfique ! (« hormésis », souvenons nous des eaux thermales radioactives bénéfiques !)

L'Académie des sciences constate que « les doses reçues du fait de l'énergie nucléaire sont au moins cent fois plus faibles que les variations de doses naturelles en France » et conteste la validité du modèle mathématique qui " a légitimé l'idée que toute dose de radioéléments, si faible fut-elle, était nuisible ; or ses fondements biologiques ne sont pas cohérents avec ce que l'on sait aujourd'hui du processus de cancérogenèse ". Ceci revient à considérer qu'il existe un seuil pratique au voisinage de la radioactivité naturelle, en dessous duquel il n'y a pas de conséquence sanitaire.

Alors que la majorité des études conduisent à placer ce seuil au voisinage de 200 mSv/an pour les adultes, ramenée à 50 pour les enfants et femmes enceintes, les limites admissibles sont, ce jour, pour les travailleurs du nucléaire de 50 mSv /an sur 5 ans avec possibilité de 50 en un an et de 5 mSv pour les populations.

En situation d'urgence radiologique, les niveaux d'intervention associés à la mise en œuvre des actions de protection de la population sont :

- une dose efficace de 10 mSv pour la mise à l'abri ;
- une dose efficace de 50 mSv pour l'évacuation ;
- une dose équivalente à la thyroïde de 100 mSv pour l'administration d'iode stable.

### **ANNEXE 3 – REFERENCES INTERNET**

#### **Références Chapitre 1 - Introduction**

Débat national sur la transition énergétique (Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie)  
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Lc-debat-national-sur-la.html>

#### **Références Chapitre 2.1 – Les combustibles fossiles**

Les dangers du charbon (autres que l'effet de serre) résumé (Sauvons le Climat-B. Durand 2012)  
[http://www.sauvonsleclimat.org/images/articles/pdf\\_files/etudes/lesdangersducharbon.pdf](http://www.sauvonsleclimat.org/images/articles/pdf_files/etudes/lesdangersducharbon.pdf)

Réduire les émissions atmosphériques (EDF)  
<http://energie.edf.com/thermique/environnement/ameliorer-la-qualite-de-lvair-47826.html>

Evaluation des expositions aux rayonnements ionisants dans les industries et activités professionnelles mettant en œuvre des matières premières contenant naturellement des radionucléides non utilisés en raison de leurs propriétés radioactives - Bilan de l'application de l'Arrêté du 25 mai 2005 relatif à ces activités (ASN+IRSN 2009) <http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Actualites/2010/Radioactivite-naturelle-renforcee>

Voir aussi : [http://www.andra.fr/inventaire2012/03\\_pdf\\_inventaire/2-2-Les\\_dechets\\_RNR.pdf](http://www.andra.fr/inventaire2012/03_pdf_inventaire/2-2-Les_dechets_RNR.pdf)  
[http://www.sfrp.asso.fr/IMG/pdf/S1d-N\\_Pires.pdf](http://www.sfrp.asso.fr/IMG/pdf/S1d-N_Pires.pdf)

Evaluation de l'impact radiologique des stockages de cendres de 5 sites Nord Pas de Calais - Rapport final BRGM/RP-58941-FR Septembre 2010 (BRGM et IRSN)  
<http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/evaluation-impact-radiologique-des-cendres-npc.pdf>

Captage et stockage du gaz carbonique (CSC) (Sauvons le climat-B. Durand avril 2011)

<http://www.sauvonsleclimat.org/images/articles/CCS/co2-sequestration.pdf>

Bilan énergétique de la France pour 2011 (Commissariat général au développement durable juillet 2012)

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1938/966/bilan-energetique-france-2011.html>

Les principaux accidents pétroliers

<http://www.notre-planete.info/environnement/eau/marenoire.php>

Connaissance des Energies-Gaz naturel : quels dangers ?

<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/gaz-naturel-quels-dangers>

Les gaz de schistes : rejet justifié ou diabolisation ? (Sauvons Le Climat 2011)

<http://www.sauvonsleclimat.org/science/prospective/les-gaz-de-schistes-rejet-justifie-ou-diabolisation.html>

Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution (OMS 2006)

[http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/78657/E88189.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/78657/E88189.pdf)

### **Références Chapitre 2.2 – Les énergies renouvelables**

Sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques (Rapport OPECST juillet 2008)

[http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-off/i1047.asp#P441\\_38031](http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-off/i1047.asp#P441_38031)

L'impact sur l'environnement du barrage des Trois Gorges (Chine)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage\\_des\\_Trois-Gorges](http://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage_des_Trois-Gorges)

La rupture du barrage de Banqiao

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage\\_de\\_Banqiao](http://fr.wikipedia.org/wiki/Barrage_de_Banqiao)

Rapport sur : Éolien et Photovoltaïque, enjeux énergétiques, industriels et sociétaux – extraits (Conseil Général de l'Économie, de l'Industrie et des Technologies Septembre 2012)

[http://www.cgeiet.economie.gouv.fr/Rapports/2012\\_09\\_19\\_Eolien-Photovoltaique\\_rapport-final.pdf](http://www.cgeiet.economie.gouv.fr/Rapports/2012_09_19_Eolien-Photovoltaique_rapport-final.pdf)

Eoliennes et santé humaine (Académie de médecine 2006)

[http://www.academie-medecine.fr/sites\\_thematiques/EOLIENNES/chouard\\_rapp\\_14mars\\_2006.htm](http://www.academie-medecine.fr/sites_thematiques/EOLIENNES/chouard_rapp_14mars_2006.htm)

Une fondation australienne lance une alerte internationale sur le "syndrome acoustique éolien" (2012)

[http://environnementdurable.net/documents/html/cp\\_waubra.html](http://environnementdurable.net/documents/html/cp_waubra.html)

Eoliennes : le juste compromis - perturbation de la détection radar (Air Actualités n°631 - mai 2010)

<http://fr.calameo.com/read/000014334dcda1899913d>

Évaluation prospective des émissions et des concentrations de polluants atmosphériques à l'horizon 2020 en Ile-de-France (Airparif 2012)

[http://www.airparif.asso.fr/\\_pdf/publications/ppa-rapport-121119.pdf](http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/ppa-rapport-121119.pdf)

### **Références Chapitre 2.3 – Le nucléaire**

Radioprotection : le bilan français 2011 en trois indicateurs (IRSN)

[http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/Documents/radioprotection/IRSN\\_bilan\\_annuel\\_travailleurs\\_2011.pdf](http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/radioprotection/IRSN_bilan_annuel_travailleurs_2011.pdf)

Rejets liquides et gazeux des centrales (EDF)

[http://rapport-dd-2010.edf.com/fr/ma\\_page](http://rapport-dd-2010.edf.com/fr/ma_page)

Les rejets radioactifs des réacteurs nucléaires de production d'électricité et leur impact environnemental en 2010 (SFEN juillet 2011 - Source EDF)

[http://www.sfen.org/IMG/pdf/rejets\\_centrales\\_juillet2011.pdf](http://www.sfen.org/IMG/pdf/rejets_centrales_juillet2011.pdf)

Bilan de l'état radiologique de l'environnement en 2010-2011 : une nouvelle étape dans le cadre de la politique de transparence en France (IRSN 2012)

[http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports\\_expertise/surveillance-environnement/Documents/Rapport-Surveillance-Environnement-France-2010-2011/index.html](http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/surveillance-environnement/Documents/Rapport-Surveillance-Environnement-France-2010-2011/index.html)

Code de champ modifié

Publication scientifique conjointe Inserm et IRSN concernant les leucémies chez l'enfant autour des centrales nucléaires françaises - site internet de la revue « International Journal of Cancer » le 4 Janvier 2012 (IRSN 2012)

[http://www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Actualites/Documents/IRSN-Note-Publication-Leucemies-120112.pdf](http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN-Note-Publication-Leucemies-120112.pdf)

Rejets gazeux et liquides de l'usine de La Hague

<http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/RejetsEffluents.htm>

Rejet en mer d'effluents liquides faiblement actifs (ASN, le 26 Octobre 2012 Avis d'incident)

<http://www.asn.fr/index.php/Les-actions-de-l-ASN/Le-controle/Actualites-du-controle/Avis-d-incidents-des-installations-nucleaires/2012/Rejet-en-mer-d-effluents-liquides-faiblement-actifs>

Avis de la « Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs » (2012)

<http://www.mediaterre.org/scientifiques/actu.20121212103841.html>

Les transports de matières radioactives (GR 21 2004)

<http://www.sfen.org/La-surete-des-transports-de>

Transports : des incidents mais pas d'accidents

<http://www.laradioactivite.com/fr/site/pages/IncidentsTransports.htm>

Report to the General Assembly Volume II Annex C: Radiation exposures in accidents (UNSCEAR 2008)

[http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076\\_Report\\_2008\\_Annex\\_C.pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076_Report_2008_Annex_C.pdf)

Les leçons de Tchernobyl – 25 ans après (IRSN)

[http://www.irsn.fr/FR/base\\_de\\_connaissances/Installations\\_nucleaires/La\\_surete\\_Nucleaire/Les-accidents-nucleaires/accident-tchernobyl-1986/Pages/sommaire.aspx](http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/Installations_nucleaires/La_surete_Nucleaire/Les-accidents-nucleaires/accident-tchernobyl-1986/Pages/sommaire.aspx)

Qu'a-t-on appris de Tchernobyl vingt-cinq ans après la catastrophe ? (R. Masse 2011 Académie des technologies)

[http://www.ffsa.fr/webffsa/risques.nsf/b724c3eb326a8defc12572290050915b/c5eff1a8585e39efc12578d1004aa08f/\\$FILE/Risques\\_86\\_0007.htm](http://www.ffsa.fr/webffsa/risques.nsf/b724c3eb326a8defc12572290050915b/c5eff1a8585e39efc12578d1004aa08f/$FILE/Risques_86_0007.htm)

Cancers de la thyroïde (Pr. Aurengo Académie des technologies)

[http://www.ffsa.fr/webffsa/risques.nsf/b724c3eb326a8defc12572290050915b/c5eff1a8585e39efc12578d1004aa08f/\\$FILE/Risques\\_86\\_0007.htm](http://www.ffsa.fr/webffsa/risques.nsf/b724c3eb326a8defc12572290050915b/c5eff1a8585e39efc12578d1004aa08f/$FILE/Risques_86_0007.htm)

Report "Interim Findings of Fukushima-Daiichi Assessment" presented at the Annual Meeting of UNSCEAR (UNSCEAR 2012)

<http://www.unis.unvienna.org/unis/pressrels/2012/unisous144.html>

Autorité de sûreté nucléaire (ASN)

[www.asn.fr/](http://www.asn.fr/) et [japon.asn.fr](http://japon.asn.fr)

Convention de la SFEN – Discours de conclusion (D. Minière 9 mars 2012)

<https://www.sfen.fr/8-9-mars-2012/Presentations>

### **Références Chapitre 3.1 – Accidents mortels**

Evaluation de risques d'accidents nucléaires comparés à ceux d'autres filières énergétiques (OCDE 2010 AEN n° 6862)

<https://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2010/nea6862-evaluation-risques.pdf>

Catastrophes naturelles et techniques en 2011 (Rapport SIGMA N°2 / 2012)

[http://www.allianz-nos-engagements-durables.fr/IMG/pdf/sigma2\\_2012\\_1\\_-2.pdf](http://www.allianz-nos-engagements-durables.fr/IMG/pdf/sigma2_2012_1_-2.pdf)

Informations sur les accidents technologiques (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie)

<http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/>

Effets sanitaires des combustibles fossiles (H. Nifenecker 2003)

[http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat\\_energie/Fossiles/Pollution.htm#\\_Toc53999628](http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat_energie/Fossiles/Pollution.htm#_Toc53999628)

### **Références Chapitre 3.2 – Pollution et effet de serre**

Rapport sur « Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France (Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement / CITEPA 2012)

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-emissions-de-Ges.html>

Emissions dans l'air en France Métropole - Substances relatives à l'accroissement de l'effet de serre (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique 2011)  
[http://www.rac-f.org/IMG/pdf/Emissions\\_FRmt\\_GES.pdf](http://www.rac-f.org/IMG/pdf/Emissions_FRmt_GES.pdf)

Rapport sur : Éolien et Photovoltaïque : enjeux énergétiques, industriels et sociétaux – extraits (Conseil Général de l'Economie, de l'Industrie et des Technologies Septembre 2012)  
[http://www.cgeiet.economie.gouv.fr/Rapports/2012\\_09\\_19\\_Eolien-Photovoltaique\\_rapport-final.pdf](http://www.cgeiet.economie.gouv.fr/Rapports/2012_09_19_Eolien-Photovoltaique_rapport-final.pdf)

Chiffres clés de l'énergie-Edition 2012 (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie)  
[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_cles\\_energie.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_cles_energie.pdf)

Les émissions de gaz à effet de serre (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Ecologie 2012)  
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-projections-d-emissions-de-la.html>

Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air (OMS mise à jour mondiale 2005)  
[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/outdoorair\\_aqg/fr/index.html](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/fr/index.html)

Air extérieur, air intérieur et santé (Académie nationale de médecine- Rapport au nom de la Commission XIV (Santé et Environnement) Pierre PÈNE et Roland MASSE 2009)  
<http://www.academie-medicine.fr/detailPublication.cfm?idRub=26&idLigne=1643>

External Costs of Energy (DG Research of EU)  
[http://www.externe.info/externe\\_d7/](http://www.externe.info/externe_d7/)

ExternE – Externalities of Energy Methodology 2005 update  
<http://maxima.iwr.uni-stuttgart.de/brussels/methup05.pdf>

Statistics - CO2 emissions from fuel combustion – highlights (IEA (International Energy Agency))  
<http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>

Les coûts de la filière électronucléaire (Cour des Comptes 2012)  
<http://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/Les-couts-de-la-filiere-electro-nucleaire>

Profil environnemental du kWh (EDF)  
[http://fr.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Edf\\_en\\_france/documents/pdf\\_methode\\_elaboration\\_co2\\_2012.pdf](http://fr.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Edf_en_france/documents/pdf_methode_elaboration_co2_2012.pdf)

Choix énergétiques et santé - Recommandations (Académie nationale de médecine 2003)  
[http://www.vie-publique.fr/documents-vp/energie\\_2005/academie\\_medicine.pdf](http://www.vie-publique.fr/documents-vp/energie_2005/academie_medicine.pdf)

### **Références Chapitre 3.3 – Radioactivité rejetée**

Radioactive Substances Series (OSPAR Commission - Rapports 2012)  
. Liquid discharges from nuclear installations in 2010  
[http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00569\\_liquid%20discharges%20data%20report%202010.pdf](http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00569_liquid%20discharges%20data%20report%202010.pdf)  
. Discharges of radionuclides from non-nuclear sectors in 2010  
[http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00570\\_non%20nuclear%20report%202010.pdf](http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00570_non%20nuclear%20report%202010.pdf)

Rapport à l'assemblée générale avec annexes scientifiques (UNSCEAR 1993)  
<http://www.unscear.org/unscear/en/publications/1993.html>

Exposures of the public and workers from various sources of radiation-Conclusions (UNSCEAR 2008 report Volume 1)  
[http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753\\_Report\\_2008\\_Annex\\_B.pdf](http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_B.pdf)

### **Références Chapitre 4 – Conclusion**

Les filières au banc d'essai (Colloque « choix énergétiques et Santé » M. Tubiana 2003)  
[http://www.academie-medicine.fr/sites\\_thematiques/soleil\\_et\\_sante/tubiana\\_TEXTE\\_energie.htm](http://www.academie-medicine.fr/sites_thematiques/soleil_et_sante/tubiana_TEXTE_energie.htm)

Les coûts de la filière électronucléaire – Synthèse du rapport public thématique (Cour des Comptes janvier 2012)  
[http://www.ccomptes.fr/content/download/1797/18011/version/3/file/synthese\\_rapport\\_thematique\\_filiere\\_electronucleaire](http://www.ccomptes.fr/content/download/1797/18011/version/3/file/synthese_rapport_thematique_filiere_electronucleaire)

Centre d'analyse stratégique - Commission « énergies 2050 »  
<http://www.strategie.gouv.fr/content/rapport-energies-2050>

Risques réels, risques perçus (Nucléaire et santé A. Aurengo 2009) [http://www.sante.ujf-grenoble.fr/SANTE/alpesmed/evenements/rns/Rencontres\\_nuclaires\\_annees\\_precedentes/rencontresnucleaires2009/pdf/04\\_A\\_Aurengo.pdf](http://www.sante.ujf-grenoble.fr/SANTE/alpesmed/evenements/rns/Rencontres_nuclaires_annees_precedentes/rencontresnucleaires2009/pdf/04_A_Aurengo.pdf)

#### **Références Annexe 1**

Chiffres clés de l'énergie (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie-Edition 2012)  
[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep\\_-\\_Chiffres\\_clés\\_energie.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rep_-_Chiffres_clés_energie.pdf)  
Ainsi que, par exemple, AIEA  
<http://www.iea.org/stats/index.asp>

Statistics - CO2 emissions from fuel combustion – highlights (I EA (International Energy Agency))  
<http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>

#### **Références Annexe 2**

Brochure « Rayonnements ionisants et santé » (IRSN)  
[http://www.irsn.fr/FR/base\\_de\\_connaissances/librairie/Documents/publications\\_pour\\_les\\_professionnels/IRSN\\_ColPro\\_rayonnements\\_ionisants\\_sante.pdf](http://www.irsn.fr/FR/base_de_connaissances/librairie/Documents/publications_pour_les_professionnels/IRSN_ColPro_rayonnements_ionisants_sante.pdf)

Evaluation des expositions aux rayonnements ionisants dans les industries et activités professionnelles mettant en œuvre des matières premières contenant naturellement des radionucléides non utilisés en raison de leurs propriétés radioactives - Bilan de l'application de l'Arrêté du 25 mai 2005 relatif à ces activités (ASN+IRSN 2009)  
<http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Actualites/2010/Radioactivite-naturelle-renforcee>

Arrêté du 13 octobre 2003 relatif aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique (J.O n° 255 du 4 novembre 2003)  
[http://www.parhtage.sante.fr/regions/rha/asn/reglementation\\_rp/recueil\\_textes\\_d\\_application.pdf](http://www.parhtage.sante.fr/regions/rha/asn/reglementation_rp/recueil_textes_d_application.pdf)

Les unités énigmatiques de la radioactivité (F. Guiraud-Vitoux et N. Colas-Linhart - Revue Générale Nucléaire septembre-octobre 2012)