



*Université Sidi Mohamed Ben Abdellah-fes
Facultés des sciences Dhar AL Mahraz
Département des physiques
Option Nucléaire*



*Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de licence
"Sciences des matières physiques".*

*L'énergie nucléaire solution ou menace pour
les changements climatiques?*

Réalisé par : Abdessamad DIDI

- Encadrer par professeur: Ahmed DADOUCH
- Jury Professeur : 1- J.TAJMOUATI
Professeur : 2- O.EL HAJJAJI
Professeur 3- A.MAGHNOUJ

Remerciement

*Nous tenons à remercier notre encadrant Professeur **Ahmed DADOUCH** pour ses conseils, remarques et suggestions, merci pour la grande considération et l'intérêt qu'il a porté à mon travail.*

*Je voudrais exprimer ma profonde gratitude à l'ensemble des professeurs de physique Nucléaire (**J.Tajmouati, O.ElHajjaji, A.Dadouch et A. Maghnouj**) pour leurs conseils aussi pour leurs disponibilités permanentes.*

*A notre membre de **JURY, PROFESSEUR**, C'est un grand privilège pour nos d'Avoir des professeurs comme vous.*

Dédicaces :



Je dédie ce modeste travail :

1. **A Mon Dieu Le Tout Miséricordieux,**

2. **A mes parents**

➤ *A mon père DIDI MOHAMED « J'espère que le Dieu Tout-Puissant d'avoir pitié et de lui pardonner et le repos au Paradis ».*

➤ *A Ma Mère, SAIDI HABIBA.*

3. **A mes frères:**

➤ *YAHYA, JAOUAD et AUSSAMA « J'espère que le Dieu Tout-Puissant d'avoir pitié et les pardonnent et les repos au Paradis ».*

➤ *MUSTAPHA.*

➤ *ZAIDAN.*

➤ *ABDELMAOULA.*

4. **A ma famille :**

➤ *Smahane et « Mehdi, Oussama, Rehab et Aya ».*

➤ *Fatimzahra et « Wissal, Abdelatif ».*

➤ *Loubna et « Imane ».*

➤ *Awatef et « Yassine ».*

➤ *A tous les nombres de la familles DIDI*

5. **A mes amis(e) de la France.**

6. **A mes amis(e) :** Σ (des amis (e) de 1990 à 2010).



« Et si rien n'est été construit, de puis de nombreuses années et nombreuses années encore, alors on est sur la voie de la sortie du nucléaire, quel que soit le nom qu'on lui donne »

Werner MULLER, Ministre allemand de l'économie, mai 1999

Résumé :

Ce travail consiste à connaître les différents problèmes qui influent sur le phénomène des changements climatiques, l'avenir de la vie sur la terre à cause des gaz à effet de serre (GES), l'augmentation des températures et l'origine de ce problème, puis en parle sur l'énergie nucléaire comme une solution pour réduire l'émission des gaz à effet de serre.

Tables des matières.

A. Introduction.

B. La Changement climatique.

- a. L'activité humaine responsable du réchauffement de la planète.
- b. Effets naturel sur le climat

C. Effets de serre.

- a. Définition.
- b. Mécanisme sur Terre.
- c. Aspect physique de l'effet de serre.
 - ❖ Effet de serre : un modèle simple.
- d. Les gaz à "effet de serre"
 - ❖ Les gaz à effet de serre.
 - ❖ Les gaz à effet de serre naturel et artificiel.
 - ❖ Pouvoir de Réchauffement Global (PRG)
- e. L'impact d'effet de serre sur activité humaines.
 - ❖ sur la santé humaine
 - ❖ Sur Agriculture ;
 - ❖ Sur la pêche maritime.
- f. Comment limiter les émissions des Gaz à effet de serre ?

D. Energie nucléaire.

- a. La demande de l'énergie a l'a venir,
 - ❖ Exemple
- b. Nucléaire: solution ou menace pour les changements climatiques?
- c. Les avantages du l'énergie nucléaire,
- d. L'énergie nucléaire peut-elle contribuer au développement durable?

- ❖ Economique
- ❖ Environnement.
- ❖ Social.

E. Energie nucléaire et les changements climatiques.

- a. L'efficacité du nucléaire contre le réchauffement climatique,
- b. La gestion Les déchets radioactifs « la France »,
- c. La sûreté nucléaire, comme exemple la France,

F. Conclusion.

GLOSSAIRE :

KYOTO : Le Protocole de *Kyoto* vise à lutter contre le changement climatique en réduisant les émissions de gaz carbonique.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

Albédo : L'*albédo* est une grandeur sans dimension, rapport de l'énergie Solaire réfléchi par une surface à l'énergie solaire incidente.

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques.

AEN : Nuclear Energy Agency.

ISRN : *Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire*.

Loi TSN : *Loi sur la transparence de la centrale nucléaire*.

ANDRA : *agence nationale pour la gestion des déchets*.

G7 : les grands pays industriels (USA, JAPON, CHINE ; FRANCE, ALLEMAGNE, RUSSIE et GRAND BRETAGNE).

PRG : Pouvoir de Réchauffement Global.

COP : les Conférences des Parties.

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change.

A. Introduction.

Le changement climatique est devenu l'une des problématiques majeures de nos sociétés.

Aujourd'hui, il est largement admis, bien que son intensité ait varié d'une décennie à l'autre, d'une région à l'autre et d'une saison à l'autre. Le dernier rapport du groupement intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), révisé ses propres prévisions « une augmentation moyenne des températures comprise entre 1,5 et 4,5 °C pour la fin du siècle », « des données satellites montrent une diminution probable de 10% de la couverture neigeuse depuis la fin des années 60 », « le niveau moyen de la mer a progressé entre 10 et 20 centimètres au cours du 20ème siècle », dans certaines zones d'Asie et d'Afrique, augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses durant ces dernières décennies.

En 1997, 38 pays industrialisés Réunis à Kyoto, un protocole s'engageant à réduire globalement leur rejet de CO₂ de 5,2 % en 2012 par rapport à 1990, choisie comme année de référence, Cet effort n'est pas dérisoire ces pays émettraient 20 % de CO₂ en plus et non 5,2 % en moins à l'échéance 2012.

Bataille pour la réduction des rejets de gaz à effet de serre se joue avant tout sur le terrain de l'énergie (environ 80% des émissions), avec comme principaux ennemis le charbon et le pétrole brûlés dans les centrales électriques, les installations de chauffage ou les véhicules.

Mais quels moyens mettre en œuvre pour réussir? Adopter le nucléaire à grande échelle, favoriser les énergies renouvelables, donner la priorité aux transports collectifs, tabler sur les économies d'énergies ou planter des forêts?

Le recours au nucléaire se présente comme une solution simple, efficace et d'autant plus séduisante qu'elle ne remet pas en cause le mode de développement «énergétivore» de nos sociétés actuelles. Les sept pays les plus riches du monde, qui comptent parmi eux les pays les plus nucléarisés, ont affirmé leur intérêt pour cette solution dès 1989, lors d'un Sommet du G7: «Nous reconnaissons que l'énergie nucléaire joue un rôle important en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.»

Depuis quelques années, l'industrie nucléaire s'est découvert de nouvelles vertus écologiques: elle représenterait un atout considérable dans la lutte contre le réchauffement climatique parce que son mode de production énergétique rejeterait peu de gaz à effet de serre.

B. Changement climatique

a- L'activité humaine responsable du réchauffement de la planète.

Depuis des millions d'années, le climat enchaîne des périodes glaciaires et interglaciaires. Or, depuis le milieu du XIXe siècle, la température s'est élevée de 0,4°C à 0,8°C. L'homme pourrait-il être responsable de cette nouvelle augmentation ? Les experts du Groupement international sur l'évolution du climat en sont aujourd'hui convaincus. Depuis l'ère industrielle, les activités humaines ont entraîné une hausse significative des GES dans l'atmosphère. Ainsi, en cent cinquante ans, la combustion des énergies fossiles et la déforestation ont entraîné une élévation du taux de dioxyde de carbone de 30%. Durant cette période, en raison de la poussée démographique et de l'intensification de l'agriculture et de l'élevage, la



concentration en méthane a augmenté de 145%. « L'Homme a rajouté en deux cents ans autant de gaz à effet de serre que la nature en plusieurs milliers d'années, constate **Sylvie Joussaume**, Depuis quatre cent mille ans, jamais les taux de dioxyde de carbone n'avaient été aussi élevés ».

Sources de dioxyde de carbone (CO ₂) liées à l'activité humaine	Énergie	43%
	Transports	24%
	Industries	19%
	Villes	14%
Sources de méthane (CH ₄) liées à l'activité humaine	Bétails	30%
	Rizières	22%
	Pétrole	17%
	Feux	11%
	Déchets	11%
	Charbon	9%

Figure 1 : Source de CO₂ et CH₄

b- Effets naturel sur le climat.

- ✓ les conséquences des catastrophes naturelles, les tremblements de terre le volcanisme...;
- ✓ une pollution liée à des phénomènes naturels, tels que les éruptions solaires¹.

C. Effet de serre

a- Définition

L'effet de serre est un processus naturel de réchauffement du climat qui intervient dans le bilan radiatif et thermique de la Terre. Il est dû aux gaz à effet de serre (GES) contenus dans l'atmosphère.

Cet effet a été nommé ainsi par analogie avec la pratique en culture et jardinerie de construire des serres laissant passer la chaleur du soleil et la retenant prisonnière à l'intérieur afin de permettre aux plantes de bénéficier d'un microclimat artificiel.

Sans le phénomène de l'effet de serre, la température moyenne de la terre serait de -18°C au lieu de 15°C actuellement.

b- Mécanisme sur Terre



Figure 2 : Le mécanisme de l'effet de serre sur la terre

Le soleil rayonne de l'énergie solaire sur la terre (Figure). La majeure partie de cette énergie (30%) est renvoyées vers l'espace, (20%) observées par l'atmosphère et (50%) vers le sol. Les gaz à effet de serre de l'atmosphère contribuent au réchauffement global par adsorption et réflexion de l'énergie atmosphérique et solaire.

c- Aspect physique de l'effet de serre

❖ Effet de serre : un modèle simple.

Dans ce modèle on suppose que l'atmosphère soit composée d'une seule couche à une température T_a et d'émissivité² ϵ . L'atmosphère étant considérée en équilibre thermodynamique local (LTE), la loi de Kirchhoff³ dit que $\epsilon\lambda = \alpha\lambda$, donc que l'émissivité est égale à l'absorptivité pour une longueur d'onde donnée λ ,

En conséquence, on peut écrire que : $\epsilon = \alpha < 1$ α est l'absorption.

Par conséquence $S (1-\alpha)$ représente le rayonnement absorbé par la surface.

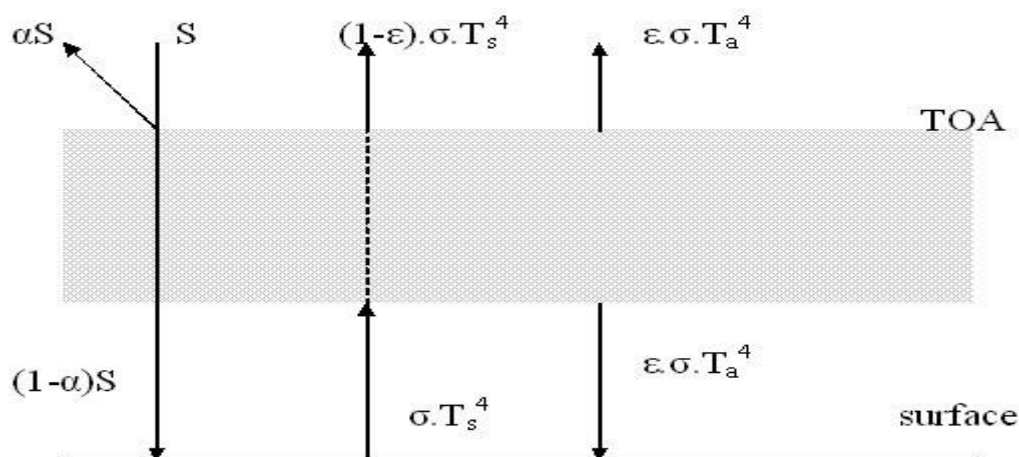


Figure 3 : Températures observées par l'atmosphère

Équations bilan TOA (Températures Observées par l'Atmosphère).

$$S (1-\alpha) = (1-\epsilon) \cdot \sigma \cdot T_s^4 + \epsilon \cdot \sigma \cdot T_a^4 \quad (1)$$

Atmosphère

$$2 T_a^4 = T_s^4 \quad (2)$$

D'où

$$T_a = (1/2)^{1/4} \cdot T_s \quad (3)$$

Surface

$$(1-\alpha) S + \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_a^4 = \sigma \cdot T_s^4 \quad (4)$$

(1) et (2) donnent $S(1-\alpha) = (1-\varepsilon) \cdot \sigma \cdot T_s^4 + \varepsilon/2 \cdot \sigma \cdot T_s^4$

En fin $S(1-\alpha) = (1-\varepsilon/2) \cdot \sigma \cdot T_s^4 \quad (5)$

Cette relation est très importante puisqu' elle permet de relier la température de surface avec, non seulement le flux solaire et l'albédo⁴, mais aussi avec l'émissivité ou absorptivité de l'atmosphère, on peut exprimer directement la température en fonction de S , α , et ε

donc $T_s = (S(1-\alpha) / (1-\varepsilon/2) \cdot \sigma)^{1/4} \quad (6)$

NB : On voit aisément que la température de surface **augmente** avec l'émissivité de l'atmosphère.

Donc on peut appliquer cette loi pour plusieurs couches d'atmosphère en trouves la courbe suivant

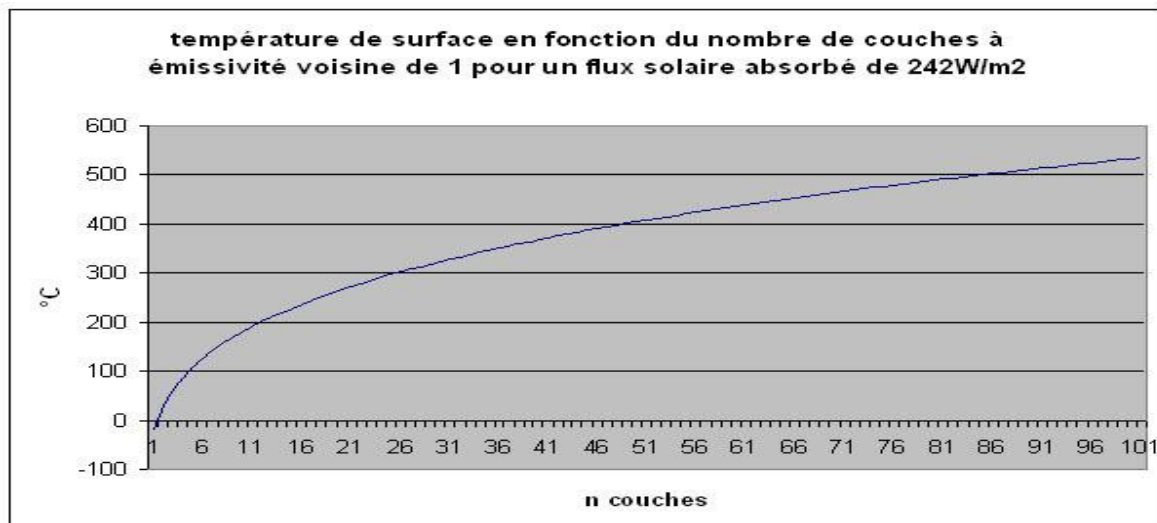


Figure 4 : Augmentation de température avec l'augmentation des couches de l'atmosphère

Pour $n = 0$, on retrouve la température d'émission égale à -18°C .

La température grimpe⁵ vite au début et ralentit ensuite, mais dans ce modèle, plus on rajoute de couches, donc d'absorbant IR, et plus la température de surface augmente. T_s est une fonction croissante du nombre de couches.

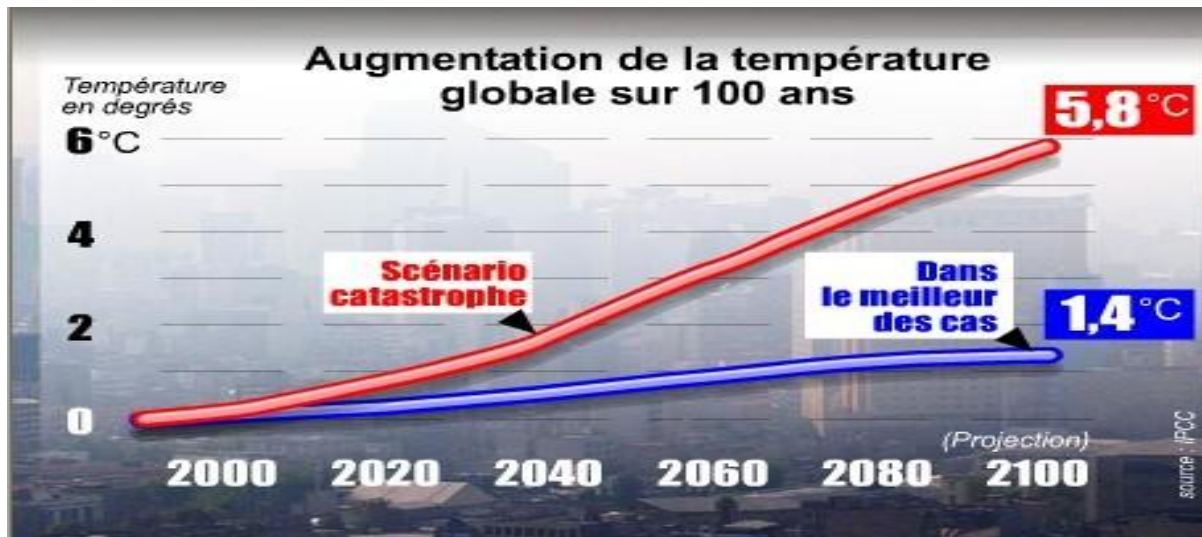


Figure 5 : l'augmentation de la température dans les cents ans prochaine.

On remarque que la température de surface peut atteindre des valeurs très élevées. C'est l'effet de serre (Figure).

d- Les gaz à "effet de serre"

❖ Les gaz à effet de serre.

Les gaz à effet de serre (GES) sont des gaz qui font partie de l'atmosphère et qui contribuent à l'effet de serre en absorbant une partie des rayons à infra rouge qui sont émis par la surface de la terre.

❖ Les gaz à effet de serre naturel et artificiel.

✓ Dioxyde de carbone (CO_2) 15 % : Les besoins en énergie augmentent donc pollution augmentent aussi sur la planète, notamment en Chine qui

en 2006 est devenu le pays le plus émetteur de CO_2 devant USA avec la déconcentration d'une grande partie de la production des pays riches.

- ✓ Méthane (CH_4) 15%.
- ✓ Chlorofluorocarbures (CFC) 17%.
- ✓ Protoxyde d'azote (N_2O) 7%.
- ✓ Ozone (O_3).
- ✓ Vapeur d'eau (H_2O).
- ✓ Hydro chlorofluorocarbures, comme le HCFC-22 .
- ✓ Tétrafluorométhane (CF_4).
- ✓ Hexafluorure de soufre (SF_6).

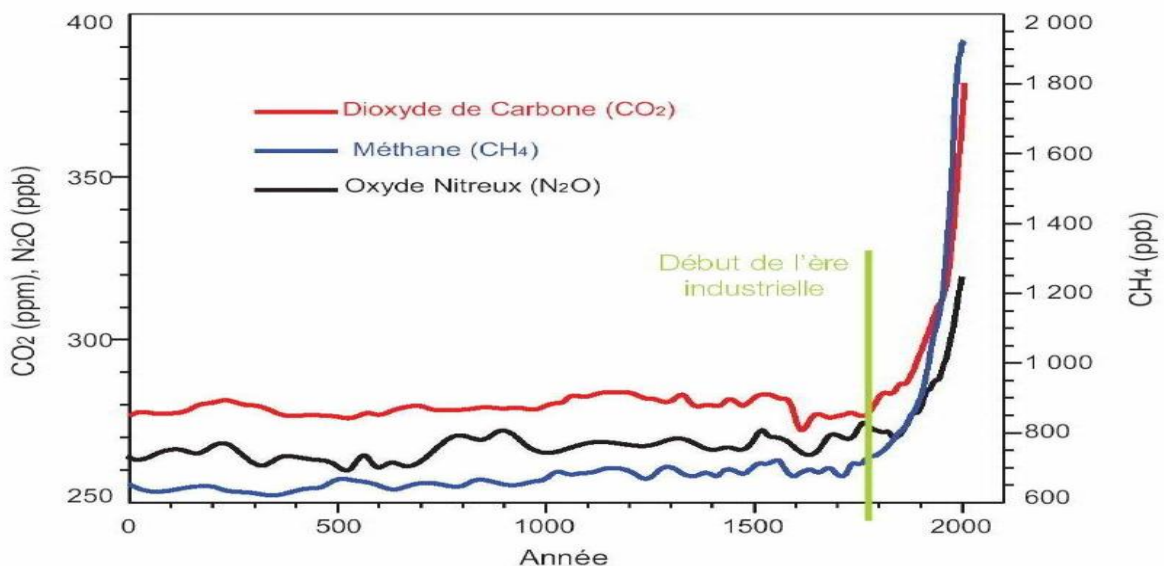


Figure 6 : Augmentation de la concentration des principaux gaz à effet de serre depuis la révolution industrielle (1850).

Dans ce schéma en voie clairement que de puis l'ère industriel (1750) une augmentation de la concentration des GAS a effet de serre.

Le tableau ci-dessous donne une liste des principaux gaz à effet de serre, d'origine naturelle ou artificielle.

Nom du gaz	Origine	Provenance	Pouvoir de réchauffement global	Demi-vie dans l'atmosphère
Vapeur d'eau	naturelle	évaporation		Quelques jours
CO ₂ dioxyde de carbone	naturelle	Respiration Eruptions, Décomposition Combustion d'énergie fossile	1 (valeur de référence)	100 à 120 ans
CH ₄ méthane	naturelle	Élevage Culture du riz Combustion de biomasse	21 fois celui du CO ₂	10 à 14 ans
O ₃ ozone	naturelle		3 fois celui du CO ₂	0,1
N ₂ O oxyde nitreux	naturelle	Agriculture Anesthésie	310 fois celui du CO ₂	120 à 150 ans
CFC chlorofluorocarbones	artificiel	Réfrigérants Aérosols	6500 à 10 000 fois celui du CO ₂	65 à 1000 ans
SF ₆ Hexafluorure de soufre	artificiel	Métallurgie Armée Transformateurs Double vitrage	23 900 fois celui du CO ₂	3200 ans
CF ₄ Perfluorométhane	artificiel		5 600 fois celui du CO ₂	50 000 ans

Figure 7 : gaz à effet de serre naturellement et artificiel

❖ Pouvoir de Réchauffement Global (PRG)

Les gaz à effet de serre ont des pouvoirs de captation différents, c'est ce qu'on appelle le Pouvoir de Réchauffement Global (PRG), le PRG est une unité créée à partir du pouvoir de captation du CO_2 .



Figure 8 : Pouvoir de Réchauffement Global (PRG)

Un PRG de 21 pour le CH_4 signifie que l'émission d'une unité de CH_4 réchauffe 21 fois plus l'atmosphère que la même émission de CO_2 .






De plus, les gaz ont des durées de vie différentes, et donc contribuent plus ou moins longtemps au phénomène de l'effet de serre. C'est pour cela que les PRG sont différents dans le temps suivant leur courbe de vie.

e- L'impact d'effet de serre sur activité humaines.

❖ sur la santé humaine

Des climats plus chauds peuvent favoriser la propagation des maladies, problèmes au respiratoire et la croissance des insectes qui leur servent de vecteur, notamment dans les pays sous-développés. En Europe, les températures de l'été 2003 ont dépassé les 40°C, causant de nombreux décès.

Cette figure explique les sources des gaz polluants et leurs risques :

Polluants	Pollueurs	Risques
Dioxyde de soufre (gaz)		- affections respiratoires - toux
Dioxyde d'azote (gaz)		- diminution des défenses immunitaires - altération des fonctions pulmonaires
Monoxyde de carbone (gaz)		- à faible dose : anémie, migraines - à haute dose : mortel
Ozone (gaz)		- irritations oculaires - affections respiratoires
Composés organiques volatils (solide)		- irritations respiratoires - risque cancérigène

Doc 1 : Principaux polluants de l'air.
La quantité de polluants produits par les automobiles et les camions augmente avec la vitesse.

Figure 9 : Principaux polluants de l'air et ces risques.

❖ Sur Agriculture :

- ✓ Le régime saisonnier des précipitations, influençant l'humidité des sols et la disponibilité en eau.

- ✓ L'augmentation de la température moyenne qui se traduira par un raccourcissement des cycles de végétation et affectera la production
- ✓ L'expansion des insectes et maladies des végétaux aggravant le risque de pertes de récolte.

❖ Sur la pêche maritime.

- ✓ Le réchauffement marin. La température des eaux de surface a augmenté d'environ 1,5°C depuis les années 60. Des recherches récentes ont permis de constater « un réchauffement marin jusqu'à 3 000 mètres de profondeur ».
- ✓ L'élévation du niveau de la mer. Le réchauffement provoque la fonte des glaces, Toute eau stockée sous forme solide, se répand maintenant dans les océans, dont le niveau s'élève inévitablement. L'élévation est de 19,5 cm depuis 1870, ce qui provoque des bouleversements au niveau de la bande côtière.

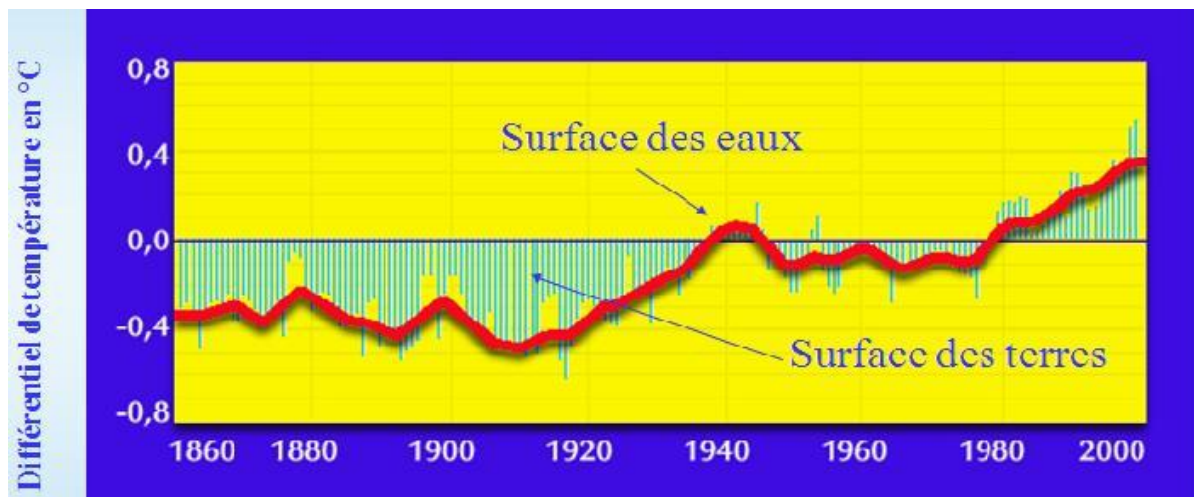


Figure 10 : la température moyenne à la surface des terres et à celle des océans

Ce graphique représente les mesures effectuées entre 1860 et aujourd'hui sur la température moyenne à la surface des terres et à celle des océans.

- ✓ L'augmentation des manifestations météorologiques extrêmes. Le changement climatique se traduit actuellement par une augmentation des tempêtes au niveau de l'Atlantique Nord-est.

f- Comment limiter les émissions des Gaz à effet de serre ?

Les premières étapes pour sauver l'environnement de ce changement climatique commencé de puis 1968 par les Créations du club de Rome

- 1992 : Rio : La Convention Climat
- 1995 : COP1- Le mandat de Berlin
- 1996 : COP2-Genève
- 1997 : COP3- Le Protocole de Kyoto

Consiste à réduire l'émission des gaz effet de serre par les pays industriels en tête CO_2 comme suite :

- Etats-Unis : -7 %
- Japon, Canada : - 6 %
- Fédération de Russie, Ukraine, Nlle-Zél : 0 %
- Australie : + 8 %
- Union Européenne : - 8 %
 - Allemagne: - 21%
 - France : 0 %
 - Italie: -6.5%
 - Grande-Bretagne: -12,5 %
- 1998 : COP4- Le Plan d'action de Buenos Aires
- 1999 : COP5-Bonn

➤ 2000 : COP6-La Haye

Lors des négociations internationales, « Energie nucléaire ne participe pas à l'effet de serre. Le nucléaire a été exclu des "mécanismes de développement propre" et considéré comme une option pour lutter contre le réchauffement climatique », en plus il faut :

- Faire des économies d'énergie .
- Trouver d'autres sources d'énergie,
- Réduire la consommation,
- Réduire les déplacements en voiture et en avion pour utiliser moins de carburant.
- Limiter l'utilisation de la climatisation.
- Diminuer la consommation de viande, de plats préparés et de surgelés
- Consommer des produits locaux pour diminuer les transports.

D. Energie nucléaire.

a- La demande de l'énergie à l'a venir,

Les besoins énergétiques augmentent sans cesse chaque année. Dans les sociétés industrialisées, la dépendance énergétique est remarquable. Cependant, dans un futur peut-être rapproché, les ressources en pétrole et en gaz naturel s'épuiseront puisqu'il s'agit d'énergies non renouvelables et participe dans le phénomène de changement climatique et l'effet de serre.

Se tableau donne la consommation d'énergie et l'augmentation des populations de 2000 à 2100.

		Années			
		2000	2020	2050	2100
Population du monde (milliards)		6,0	7,5	8,0	10,0
Consommation totale d'énergie (Giga tep)		9,0	14,0	18,0	23,0
Dont	Pétrole	3,7	5,0	3,5	1,5
	Gaz	2,1	4,0	4,5	2,0
	Charbon	2,2	3,0	4,5	4,5
	Nucléaire	0,6	1,0	4,0	12,0
	Renouvelables	0,7	1,0	1,5	3,0
Dont	Energies consommées pour les transports	1,9	2,7	3,4	4,2
		20 %	19 %	19 %	18 %

Figure 12 : Démographie et énergie 2000-2100

La population mondiale qui a doublé depuis 1960, est supposée se stabiliser aux alentours de 10 milliards d'habitants en 2100, la consommation mondiale d'énergie primaire passerait de 9,5 en 2000 à 23 giga tep/an en 2100. En voie l'augmentation de consommation d'énergie nucléaire avec les autres sources d'énergie.

NB: Giga tep = 1 Giga tonne d'équivalent de pétrole. 1 Tep = environ 42 Giga joules

Il faut donc explorer d'autres alternatives. Évidemment, les énergies propres telles que les éoliennes, biomasse, géothermie et l'énergie solaire sont favorisées. Mais ces dernières semblent moins efficaces qu'un type plutôt controversé d'énergie.

❖ Exemple :

Aux États-Unis, pays reconnu comme étant un des plus gros émetteurs de gaz à effet de serre (GES), la demande en électricité augmentera de 50 % d'ici à 2030. « Les installations solaires et éoliennes fournissent actuellement moins de 1 % de l'électricité au pays et ce, de façon intermittente ».

Pour produire 10 TéraWatt/an d'électricité avec des différents types de source d'énergie :

- ✓ **Energie éolienne**il faut une surface égale à 500 Km².
- ✓ **Energie de biomasse**..... égale à 7000 Km².
- ✓ **Energie nucléaire** il faut une surface inférieure à 1 Km².

Donc, les énergies renouvelables ne pourraient peut-être pas répondre aux besoins futurs. L'énergie nucléaire, quant à elle, est très efficace en termes de productivité et ne rejette aucun GES dans l'atmosphère.

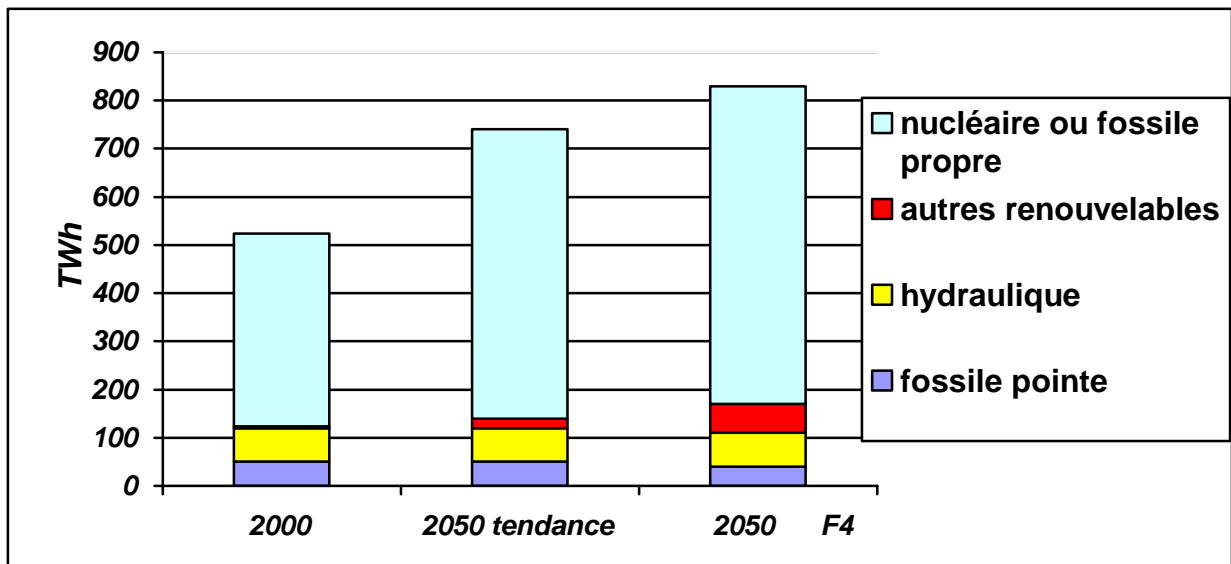


Figure 11 : Production d'électricité par des différentes sources

b- Nucléaire: solution ou menace pour les changements climatiques?

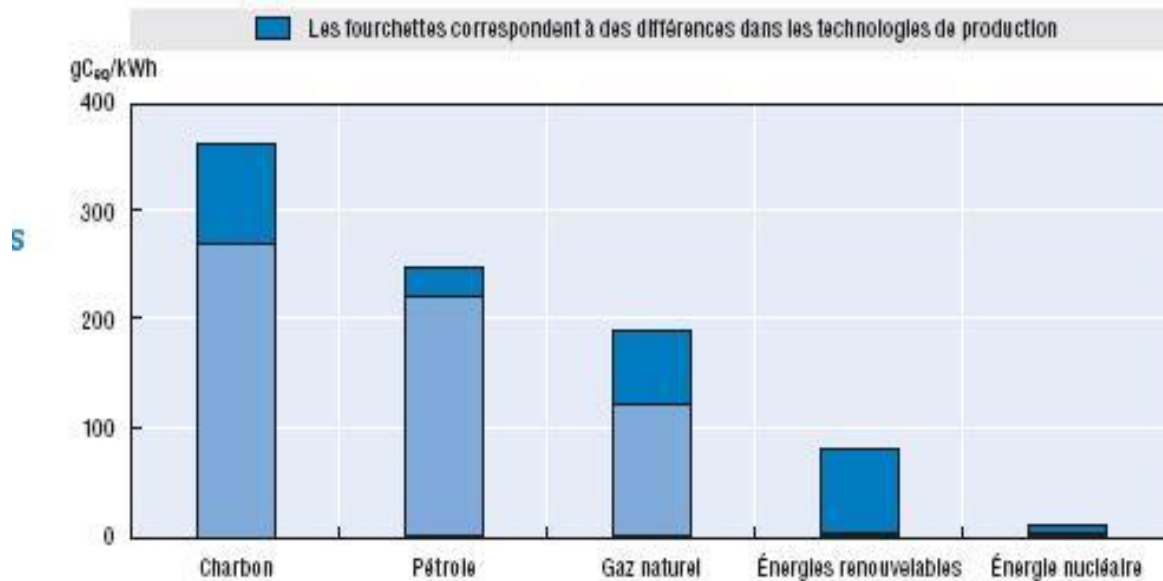
Courant 2008, 439 réacteurs sont en fonctionnement dans le monde, répartis dans une trentaine de pays, dont 15 pays membres de l'OCDE. 42 réacteurs sont en construction, en 2007 et 2008, 6 se trouvent en Chine, 4 en Corée du Sud et 3 en Russie.

L'énergie nucléaire est utilisée depuis plus d'une cinquantaine d'années pour produire de l'électricité. Elle assure aujourd'hui près de 17 % de la production électrique dans le monde et 23 % dans les pays de l'OCDE.

Aujourd'hui l'énergie nucléaire produit 0% de CO₂ donc la contribution de cette forme d'énergie à effet de serre est nulle, très faible volume des déchets, avec d'irradiation direct inférieure à la radiation naturelle.

Mais le pétrole, le charbon et le gaz ils sont l'origine des gaz à effet de serre. Depuis plus de quarante ans, l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) réunit des spécialistes de toutes disciplines pour mener des analyses scientifiques et techniques sur lesquelles les décideurs puissent s'appuyer pour définir leurs politiques nucléaires et énergétiques, cette Synthèse dresse un bilan de la situation actuelle de l'énergie nucléaire.

En peut conclure que L'énergie nucléaire constitue un excellent choix pour répondre à nos besoins actuels et futurs en électricité sans contribuer au changement climatique ou à la pollution.



Source : OCDE/AEN (2001), AEN Infos 2001 - n° 19.1.

Figure 12 : l'émission de gaz à effet de serre imputables à la production d'électricité à partir de différentes sources.

c- Les avantages de l'énergie nucléaire,

- ✓ Électricité produite à des coûts très compétitifs ;
- ✓ L'énergie générée possède une très grande puissance ;
- ✓ Aucun rejet de gaz à effet de serre
- ✓ La protection de l'environnement ;
- ✓ Les rayonnements sont utilisés pour traiter des maladies, notamment le cancer, de diverses manières. Les appareils au combat 60 bombardent les cellules cancéreuses au moyen d'un faisceau externe de rayonnement. Environ 1 200 de ces appareils sont en exploitation dans le monde et plus de 40 000 traitements sont administrés chaque jour.
- ✓ Les rayonnements sont utilisés pour prévenir et diagnostiquer les maladies.
- ✓ compétitivité économique en particulier dans les régions ne disposant pas de ressources fossiles ;
- ✓ Les rayonnements ionisants sont capables de dégrader des composés organiques et notamment certains composés toxiques.

- ✓ le traitement gamma réduit de façon significative le pouvoir mutagène des résidus des eaux usées.
- ✓ Le traitement par rayonnement ionisant est une alternative intéressante à la banalisation des déchets hospitaliers par inactivation des agents infectieux.
- ✓ Le traitement par rayonnement ionisant est une alternative intéressante à la banalisation des déchets hospitaliers par inactivation des agents infectieux.
- ✓ une très faible quantité d'énergie transférée par le rayonnement gamma participe à l'économie de nos énergies non renouvelables.

d- L'énergie nucléaire peut-elle contribuer au développement durable?

Il est couramment admis que le développement durable comporte trois dimensions : économique, environnementale et sociale.

❖ Economique:

Les centrale nucléaire produit une électricité souvent meilleure marché que les autres modes de production. Ce type de centrale a en effet une longue durée de vie et de faibles coûts d'exploitation et de maintenance. Cependant, la construction, le respect de la réglementation. La compétitivité de l'énergie nucléaire serait nettement supérieure si, par exemple, une taxe sur le carbone était appliquée aux émissions de gaz à effet de serre. Les coûts du combustible des réacteurs nucléaires en service aujourd'hui ne représentent que 20 % du coût total de l'électricité produite. Un doublement du prix de l'uranium entrant dans la fabrication du combustible aurait un effet minime sur le prix de l'électricité produite.

Environnement :

Energie nucléaire est l'une des rares sources d'énergie qui n'émettent pas de gaz à effet de serre. Les objectifs d'émission fixés dans le Protocole de Kyoto imposent aux pays de l'OCDE de diminuer de 700 millions de tonnes d'ici 2012 le montant de leurs émissions totales annuelles d'équivalent de dioxyde de carbone par rapport aux niveaux de 1990. Les sources d'énergie non polluantes, telles que l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables seront essentielles pour la réduction des émissions. Pour que l'énergie nucléaire contribue de manière déterminante à la lutte contre le réchauffement climatique.

❖ Social :

L'énergie nucléaire a contribué de manière décisive au développement de matériaux, techniques et compétences, dont ont, à leur tour, bénéficié d'autres secteurs comme la médecine, l'industrie, la santé publique et l'agriculture.

E. Energie nucléaire et les changements climatiques.

a- L'efficacité du nucléaire contre le réchauffement climatique,

Le nucléaire est capable de contribuer dans des proportions importantes à la lutte contre le réchauffement climatique aussi le développement du nucléaire renforcera les chances d'éviter à la planète un bouleversement climatique aux graves conséquences. Ce raisonnement s'appuie sur les données techniques suivantes :

- ✓ Par rapport à des centrales électriques à combustibles fossiles, les centrales nucléaires permettent d'éviter chaque année le rejet de 2 milliards de tonnes de CO_2 soit près de 10% des rejets mondiaux.

- ✓ Par rapport aux objectifs mondiaux de réduction des émissions de CO_2 la contribution effective et potentielle du nucléaire apparaît très importante.
- ✓ l'impact du nucléaire dans la lutte contre l'effet de serre.
- ✓ Economies d'énergie et développement.
- ✓ Nucléaire + énergies renouvelables qui apparaissent comme la solution clé pour freiner l'aggravation de l'effet de serre.

b- La sûreté nucléaire, comme exemple la France,

La sûreté nucléaire est l'ensemble des dispositifs techniques de prévention des accidents et s'applique à toutes les étapes du processus, allant de la conception au démantèlement des installations nucléaires, en prenant également en compte le transport des substances radioactives.

L'ISRN, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté nucléaire est expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques.

L'Autorité de Sûreté nucléaire, autorité administrative indépendante créée par la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (dite "loi TSN") du 13 juin 2006, est chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France et de protéger les travailleurs, les patients ayant recours à la radiothérapie, le public et l'environnement des risques liés aux activités nucléaires.

c- La gestion des déchets radioactifs « la France »,

Les déchets radioactifs sont classés en fonction de leur intensité radioactive et de leur période de radioactivité. Les 58 réacteurs présents en France produisent 1 kg de déchets radioactifs par habitant et par an, dont 900 g environ sont de faible et moyenne activité à vie courte, 90 g de moyenne

activité à vie longue et 10 g de haute activité. 96% de la radioactivité est contenue dans moins de 1% des déchets.

Ces déchets nucléaires sont traités selon leur catégorie dans des conditions de sûreté et de radioprotection encadrées par la loi d'orientation sur l'énergie et les pouvoirs publics suivant trois protections :

- Deux premières barrières viennent protéger les déchets, pour empêcher la diffusion des radioéléments dans la biosphère.
- La troisième barrière érigée les stocks de déchets et la biosphère naturelle



Figure 13 : Le centre de stockage des déchets nucléaires de l'Aube à Soulaines-Dhuys

Les matières radioactives conditionnées dans conteneurs en métal ou en béton. Chaque colis contient 15% de déchets compactés et 85% d'enrobage (béton, mortier...).

L'ANDRA, Agence nationale pour la Gestion des Déchets radioactifs, recense la présence des déchets nucléaires sur le territoire national depuis 1991 et publie un inventaire géographique de ces déchets depuis 2004.

F. Conclusion.

Globalement, l'homme a encore du mal à cerner ce qu'il peut réellement faire pour réduire son impact sur le climat. Une meilleure compréhension des mécanismes climatiques et de leur évolution l'aiderait à mieux gérer son activité, et à affronter la menace de réchauffement général. Seule une évaluation précise de la situation climatique pourrait garantir la fixation rapide des priorités.

Reste à espérer que le réchauffement général du XXI siècle corresponde aux prévisions les plus optimistes et que le climat ne soit pas plus instable que par le passé. Il faut anticiper cette évolution à temps, et toute stratégie doit être menée ensemble, avec des réactions internationales concertées. Comprendre la complexité des interactions climatiques est essentiel pour parvenir à un accord sur les sacrifices à consentir dans l'avenir. Car en effet la menace climatique peut se résumer en quelques chiffres évocateurs et préoccupants :

- Année la plus humide depuis 1895 : 2000
- Année la plus chaude depuis 1895 : 1998

Le programme mondial de réduction des émissions de gaz à effet serre favorise l'énergie nucléaire, non seulement pour produire d'électricité mais aussi pour bien d'autres applications civile en médecine, radiologie, datation ...

Le nucléaire n'est pas toute la solution à l'effet de serre. Mais sans lui la solution n'apparaît pas.

Un développement raisonnable du nucléaire (doublement ou triplement en 25 ans) permettrait d'accomplir un grand pas dans la lutte contre le réchauffement climatique. Ce développement pourrait se faire essentiellement dans les pays déjà « nucléarisés » à l'occasion du remplacement de leurs centrales à combustibles fossiles arrivées en fin d'exploitation.

¹ Une éruption solaire est un événement primordial de l'activité du Soleil. Elle se produit à la surface de la photosphère et projette au travers de la chromosphère

¹ Emissivité : est le rapport entre l'énergie qu'il rayonne et celle qu'un corps noir rayonnerait à la même température

² Albédo : L'albédo est une grandeur sans dimension, rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface à l'énergie solaire incidente.

⁵ La température grimpe : Suivre une pente assez raide qui s'élève

Les Figures

Numéro de la Figure	Titre de la figure
1	Source de CO ₂ et CH ₄
2	Le mécanisme de l'effet de serre sur la terre
3	Températures observées par l'atmosphère
4	Augmentation de température avec l'augmentation des couches de l'atmosphère
5	l'augmentation de la température dans les cents ans prochaine.
6	Augmentation de la concentration des principaux gaz à effet de serre depuis la révolution industrielle (1850).
7	gaz à effet de serre naturellement et artificiel
8	Principaux polluants de l'air et ces risques.
9	la température moyenne à la surface des terres et à celle des océans
10	Production d'électricité par des différentes sources
11	Démographie et énergie 2000-2010
12	l'émission de gaz à effet de serre imputables à la production d'électrique a partir de différentes sources.
14	Le centre de stockage des déchets nucléaires de l'Aube à Soulaïnes-Dhuys .

Les sources

❖ Webographie :

- a. http://ec.europa.eu/fisheries/publications/magaz/fishing/mag35_fr.pdf
- b. www.earth911.com,
- c. www.earthpolicy.org,
- d. www.us.oneworld.net,
- e. www.webmd.com,
- f. www.filterforgood.com,
- g. www.commondreams.org
- h. <http://www.ipcc.ch>
- i. <http://www.ieagreen.uk>
- j. <http://energies.edf.com/edf-fr-accueil/la-production-d-electricite-edf/-nucleaire/les-centrales-nucleaires/fessenheim/l-actualite/loi-sur-la-transparence-le-rapport-tsn-de-la-centrale-nucleaire-de-fessenheim-est-paru-602479.html>
- k. <http://www.wwf.org/>
- l. <http://bastiat.net/fr/cercle/rencontres/2003-2.html>
- m. http://www.umweltinstitut.org/download/franz_klimaretter_atomkraft.pdf
- n. http://www.lemonde.fr/doublon/article/2007/10/18/jean-syrota-on-ne-peut-reduire-les-emissions-de-co2-en-se-passant-du-nucleaire_968303_959155.html
- o. www.cna.ca
- p. <http://blogue.sciencepresse.info/environnement/item/533>).

❖ Bibliographie :

- a. **Annales des ateliers**, (2008) du CIES de l'Académie de Grenoble QUELS MESSAGES, POUR QUELLES CIBLES DANS LES UNIVERSITES ? CIES (Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur de l'Académie de Grenoble).
- b. **Elisabeth Michel Visiatome**, juin 2007 : Effet de serre et changements climatiques.
- c. **Rapport mondial sur le développement humain 2007/2008** La lutte contre le changement climatique.

-
- d. **De Boeck Université Mondes en développement**, 2003/1 -no 121 ISSN 0302-3052. , Effet de serre et politiques de lutte contre le changement climatique : De Boeck Université Mondes en développement.
- e. **Direction générale de l'environnement**, Commission européenne.
- f. . Le changement climatique, qu'est-ce que c'est? Présentation destinée à un jeune public.
- g. **Direction générale de la communication** Manuscrit achevé en septembre 2007, L'Europe en mouvement Commission européenne.
- h. **Mycle SCHNEIDER** Août 2000 : Changement climatique et l'énergie nucléaire Directeur de WISE-Paris Edition française, Commandité par le WWF (World Wide Fund for Nature).
- i. **FICHES INFORMATIVES**. Publié par le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) et l'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change).
- j. **Jean-Pierre MUSTELIER** : comptes rendu de la soirée du 14 juin 2003, Lumières Landaises n°48
- k. **Sylvie Joussaume**, climatologue au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement à Saclay
- l. **Women in Europe for a Common Future**. L'énergie nucléaire Peut-elle sauver le climat?
- m. **Jean SYROTA** Synthèse 25 Septembre 2007 Président de la commission « Énergie ».
- n. **Ronald Bee FOREIGN POLICY ASSOCIATION**. GREAT 2007 DECISIONS Changement climatique et réchauffement planétaire.
- o. **GWEN-Hael Denigot** Science et vie dossier Nucléaire 2003
-

SANS COMMENTAIRE

A. 1^{er} cas Etats Unis d'Amérique .

Selon Earth Policy Institute (EPI) des États Unis d'Amérique :

- ✓ En 2004, il s'est consommé 26000000000 (26 milliards) de litres d'eau en bouteille en Amérique du Nord, c'est presque 28000000000 (28 milliards) de bouteilles de plastique en un an dont 86% se sont retrouvées aux déchets soit 1500 bouteilles d'eau se retrouvent aux déchets chaque seconde.
- ✓ 17000000 (17 milles) barils de pétrole ont été utilisés pour fabriquer ces bouteilles. Suffisamment de pétrole pour faire rouler 100000 (100 milles) automobiles américains pendant une année.
- ✓ 2500000 (deux millions cinq cent milles) tonnes de dioxydes de carbone ont été émises lors de la fabrication de ces bouteilles. 100000000000 (cent milliards) de dollars, c'est ce que dépensent annuellement les consommateurs pour de l'eau embouteillés

B. 2^{eme} cas le Maroc.

Centrale électrique Aïn Béni Mathar (Maroc) :

- ✓ Une combinaison révolutionnaire
- ✓ 470 MW en cycle combiné thermique et solaire
- ✓ Soit 13% de la demande nationale cette année
- ✓ Sur le plan environnemental, la mise en service de la centrale d'Ain Béni Mathar permettra une économie de fioul de 12. 000 tonnes par an et contribuera à éviter les émissions de 33. 500 tonnes de CO2 dans l'air par an.

- ✓ La mise en œuvre de ce projet d'envergure a été **confiée à la société espagnole ABENGOA** à l'issue d'un appel d'offres international à la concurrence.
- ✓ la centrale, qui utilise la technologie de refroidissement à sec (aéroréfrigérants), permet de **réduire la consommation d'eau de 5,4 millions m³ à 850. 000 m³ par an, soit une économie d'eau de 80 %.**
- ✓ **D'un investissement global de 4,6 milliards de DH**, le projet a été financé par la Banque Africaine de Développement (BAD), l'Instituto de Credito Oficial d'Espagne (ICO) et le Fonds Mondial pour l'Environnement (GEF) à travers un don de **43,2 millions de dollars**, le complément étant assuré par l'ONE.
- ✓ Projet marocain de l'énergie solaire, **d'un coût d'investissement estimé à 9 milliards de dollars.**
- ✓ Visant la mise en place en 2020 d'une capacité de 2. 000 mégawatts.

C. 3^{ème} cas la France.

- ✓ La première centrale nucléaire en France a été construite en 1956, à partir du choc pétrolier des années 70, , que le nucléaire occupe une place importante dans le secteur énergétique français.
- ✓ La loi fixant les orientations de la politique énergétique française du 13 juillet 2005 confirme le maintien du nucléaire comme principale source d'électricité en France.
- ✓ en 2006, 78,4 % de l'électricité est d'origine nucléaire. Le parc nucléaire français compte 58 réacteurs à eau pressurisée qui ont produit 450 milliards de kWh en 2006, soit 78,4 % de la production totale d'électricité (qui s'élève à 574 milliards de kWh).
- ✓ La France déployé des réacteurs de nouvelles générations qui répondent à des exigences de compétitivité économique, d'un réacteur de troisième génération EPR 2, des réacteurs de quatrième génération, en vue de leur déploiement à l'horizon 2040.

