



**Énergies  
d'avenir**

**en Nord-Pas de Calais**

**QUELLES SOLUTIONS AU DEREGLEMENT CLIMATIQUE ?**

**Chapitre 6**

**Culture et énergie**



**Version 1.0  
janvier 2008**

Porter la région comme fer de lance de la lutte contre le dérèglement climatique, se passer du renouvellement des réacteurs nucléaires de Gravelines : c'est possible.

Le plan Virage-énergie Nord-Pas de Calais propose une voie réaliste et durable jusqu'à l'horizon 2050.

Aboutissement de plus d'un an de travaux et de dialogue avec des acteurs régionaux, ce scénario de « Facteur 4 sans nucléaire », exercice unique en région, propose, à partir d'arguments chiffrés et étayés, des politiques publiques incontournables pour l'avenir énergétique de notre région.

Transports, énergies renouvelables, industrie, bâtiments, aménagement du territoire... tous les thèmes de nos activités et de notre vie quotidienne sont ici abordés. Nous sommes tous concernés : décideur politique ou économique, responsable associatif, citoyen. Curieux et désireux de connaître les solutions possibles en région, ils trouveront ici de quoi alimenter leur réflexion, guider leur action et refaire le plein ... d'énergie !

Ce travail a pu se réaliser grâce aux cotisations et aux dons des adhérents de l'association ainsi qu'au soutien financier de



Regroupant individus et personnes morales, l'association réunit des compétences dans les domaines des énergies, de l'ingénierie, des sciences physiques, humaines et sociales. Elle s'est adjoint l'assistance technique du cabinet d'études E&E consultant spécialisé en énergie et environnement. Ce travail s'est également enrichi de l'expertise d'une trentaine d'acteurs régionaux (élus, professionnels, associations) consultés à l'occasion de trois séminaires de travail à l'automne 2007.

Que ces personnes soient ici chaleureusement remerciées pour leur implication et leur soutien.

Rapport disponible sur [www.virage-energie-npdc.org](http://www.virage-energie-npdc.org)  
ou en version papier au tarif de 15 euros à commander auprès de l'association

### **Association Virage-énergie Nord-Pas de Calais**

Maison Régionale de l'Environnement et des Solidarités

23 rue Gosselet

59000 Lille

[contact@virage-energie-npdc.org](mailto:contact@virage-energie-npdc.org)

[www.virage-energie-npdc.org](http://www.virage-energie-npdc.org)

1. Place du soleil dans nos sources d'énergie.....	1
2. Le Nord-Pas de Calais, région ensoleillée ?.....	3
3. Epuisement des énergies fossiles .....	4
4. Rendements par rapport à la surface utilisée .....	4
5. Place du « soleil-énergie » dans notre culture.....	6
Conclusion.....	8

## 1. Place du soleil dans nos sources d'énergie

### Notre soleil

Dans l'univers, le soleil est une « étoile moyenne » qui, comme les autres, est le siège de réactions thermonucléaires. Heureusement, nous sommes situés très loin de lui (sa lumière met 8mn à nous parvenir à la vitesse de 300 000 km/seconde). Après le soleil, l'étoile la plus proche de nous c'est « Alpha du Centaure » qui se situe à 4 années lumière (sa lumière met 4 ans à nous parvenir). S'il y a une étoile dont on peut espérer de l'énergie, c'est le soleil.

### L'énergie solaire arrive sur terre

Ce sont les plantes vertes (herbacées, arbres, ...) qui en sont les bénéficiaires directes : elles utilisent l'énergie du soleil pour transformer les sels minéraux en matière organique les constituant. Les « producteurs secondaires » se nourrissent des plantes vertes (abeilles, bovins, ...), les carnivores s'en nourrissent (oiseaux, hommes, ...). Même les animaux vivant dans les fosses marines (où aucune lumière solaire ne pénètre) dépendent de la vie et de la mort de ceux vivant près de la surface ... grâce au soleil. C'est à dire que toute la vie sur terre est dépendante de l'énergie solaire. Ce n'est pas par hasard si dans plusieurs civilisations le soleil a été élevé au rang de « dieu » (Grecs, Incas, ...). La matière organique élaborée dans le monde vivant s'appelle « la biomasse » : bois de chauffage, déchets fermentescibles, ...

### Les énergies fossiles

Il y a environ 250 millions d'années (à l'époque géologique du carbonifère), des forêts ont été enterrées-englouties lors des mouvements de l'écorce terrestre, puis des conditions de températures et de pressions les ont transformées en pétrole, charbon, gaz naturel, ... Donc, tous les automobilistes roulent actuellement à l'énergie solaire et un très grand nombre d'entre eux se chauffent également « au soleil » (fuel, gaz naturel, ...). Mais, c'est du « très vieux soleil » qui a été stocké sous terre durant des centaines de millions d'années et dont nous aurons, au rythme actuel tout épuisé en quelques centaines d'années (depuis 1850 jusque, au plus tard 2700 pour le charbon).

## Le cycle de l'eau

Enseigné à l'école primaire, il est connu de tous mais, très souvent sans que soit perçu l'aspect énergétique de ce cycle. En effet, c'est l'énergie solaire qui provoque l'évaporation de l'eau et l'élévation de cette vapeur dans le ciel. On retrouve une partie de cette énergie lorsque l'on recueille l'eau de pluie en montagne où on la stocke pour ensuite la faire « travailler » en actionnant un moulin, une turbine, ... . C'est à dire que l'énergie hydraulique est en fait de l'énergie solaire indirecte. On ne sait ni à quel endroit, ni à quel moment les rayons du soleil ont évaporé l'eau dont on utilise la chute. Cette énergie solaire indirecte présente une caractéristique importante : il y a un décalage dans le temps entre l'arrivée de l'énergie solaire et l'utilisation que l'on fait de la chute d'eau. Une partie de ce décalage est maîtrisée par l'homme (dans la gestion des barrages).

## Le vent

Le soleil chauffe les masses d'air inégalement (à cause des nuages, de l'alternance jour-nuit, ...), ce qui provoque le vent. L'énergie éolienne est en fait de l'énergie solaire indirecte : on ne sait ni où ni quand le soleil a fourni l'énergie que l'on récupère dans une éolienne à un instant donné. Il n'y a pas ici, comme pour l'hydraulique, de possibilité de stockage avant l'utilisation.

Il faut signaler ici, bien que ce ne soit pas utilisable pour l'instant, l'existence d'autres phénomènes atmosphériques dont l'origine énergétique est solaire. Par exemple les orages : à la surface de la Terre, il se produit environ 50.000 orages chaque jour. Un orage met en œuvre une quantité d'énergie de l'ordre de grandeur d'une bombe H d'un mégatonne<sup>1</sup> ... . On aperçoit là une des dimensions de l'énergie solaire qui est bien au-delà du « moulin à vent » (même appelé justement, dans un autre contexte, super éolienne high tech !).

## Photovoltaïque et solaire thermique

Il sont cités ici simplement pour mémoire car, bien évidemment leur source d'énergie c'est le soleil, mais on en reparlera un peu plus loin ainsi que, en détail, dans le chapitre « Energies renouvelables ».

## Conclusion

Les seules sources d'énergie qui ne dépendent pas de l'énergie solaire sont : la géothermie (profonde ou de surface), le nucléaire et l'énergie marée motrice. Pour cette dernière, le soleil a son importance mais uniquement par sa masse (l'effet est visible lors des grandes marées).

Au final, et à titre d'exemple, en 2002 dans le Nord-Pas de Calais, 83% de l'énergie que l'on a consommé était de l'énergie solaire directe ou indirecte, récente ou (surtout) très ancienne<sup>2</sup>.

Ainsi, l'énergie solaire est (presque) partout (et l'on a entrevu, avec les orages), et d'une puissance colossale. Mais, chez nous, qu'en est-il au quotidien ?

---

<sup>1</sup> Source : [http://www.notre-planete.info/geographie/risques\\_naturels/orages.php](http://www.notre-planete.info/geographie/risques_naturels/orages.php)

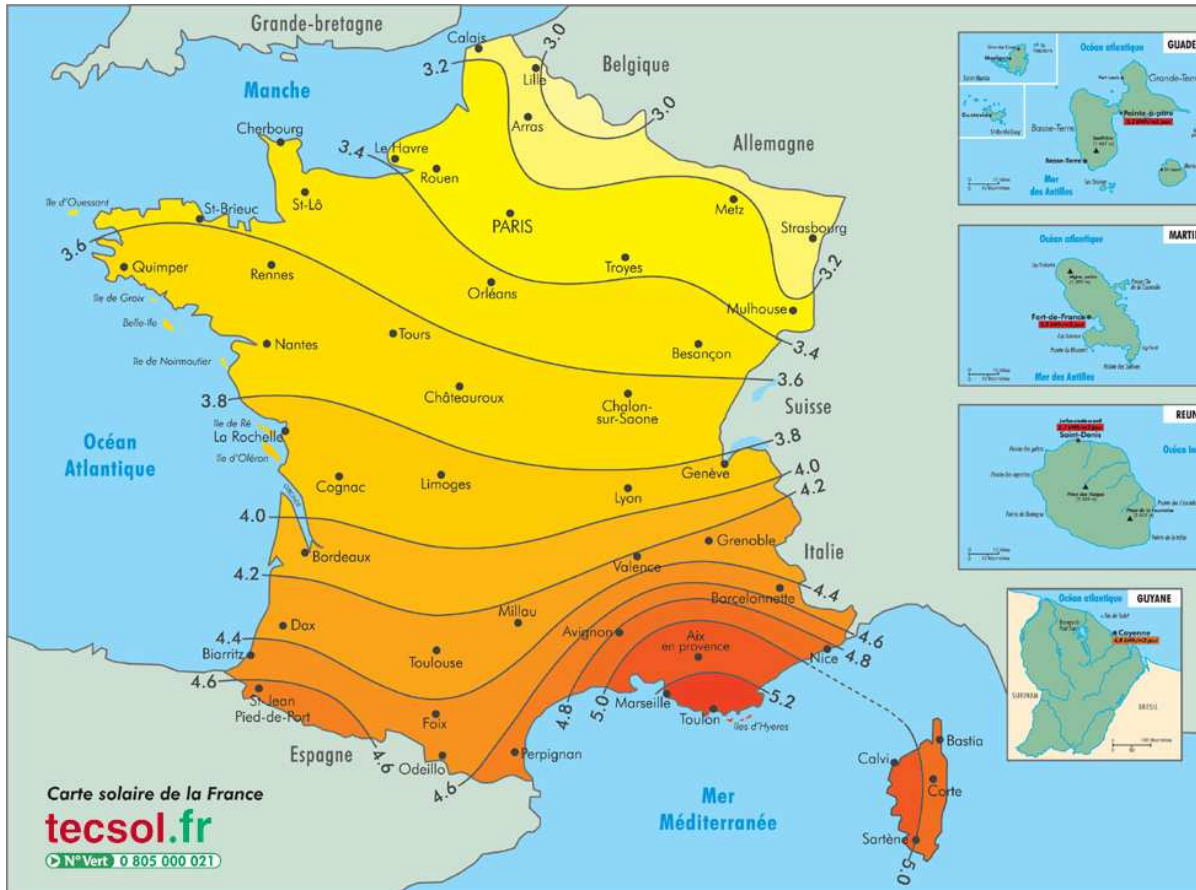
<sup>2</sup> Consommation en 2002 selon l'Observatoire de l'Energie du ministère des finances : <http://www.industrie.gouv.fr/>

## 2. Le Nord-Pas de Calais, région ensoleillée ?

Beaucoup d'habitants du Nord-Pas de Calais sont convaincus que leur région est grise, pluvieuse et que l'on manque de soleil.

Et pourtant !

Quand on regarde la carte solaire de la France on constate qu'il arrive, dans le nord, au niveau du sol, environ 3KWh/m<sup>2</sup>/jour d'énergie solaire. C'est plus que la moitié de ce qui arrive, dans les mêmes conditions, dans le sud de la France métropolitaine.



carte d'ensoleillement en kWh/jour/m<sup>2</sup> au niveau du sol. Source : Tecsol<sup>3</sup>

Vous êtes déjà en train de regarder le bas de la carte avec envie : cela ne sert à rien, voyons plutôt ce que l'on peut faire avec le soleil chez nous !

Comparons d'abord l'énergie solaire que l'on reçoit en Nord Pas de Calais avec l'énergie électrique produite par la centrale nucléaire de Gravelines (qui, avec ses 6 réacteurs, est la plus « grosse » en Europe). Celle-ci, en 2004<sup>4</sup> a produit 3,86\*10<sup>13</sup> Wh d'électricité. La même année, sur les 12.414 Km<sup>2</sup> de la région, il est arrivé 1360\*10<sup>13</sup> Wh (en prenant une moyenne d'ensoleillement de 3 kWh/m<sup>2</sup>/jour). Globalement, en un an, il arrive sur notre région 400 fois plus d'énergie solaire que d'électricité produite en même temps à Gravelines ! **Pratiquement, toute l'énergie électrique produite à Gravelines durant un an est équivalente à l'énergie solaire qui arrive sur la région en une journée moyenne (24 heures y compris**

<sup>3</sup> société TECSOL, 105 avenue Alfred Kastler, BP 90434 66004 Perpignan cedex. Site <http://www.tecsol.fr/>

<sup>4</sup> « Les centrales nucléaires dans le monde », édition 2005. Edité par le Commissariat à l'Energie Atomique

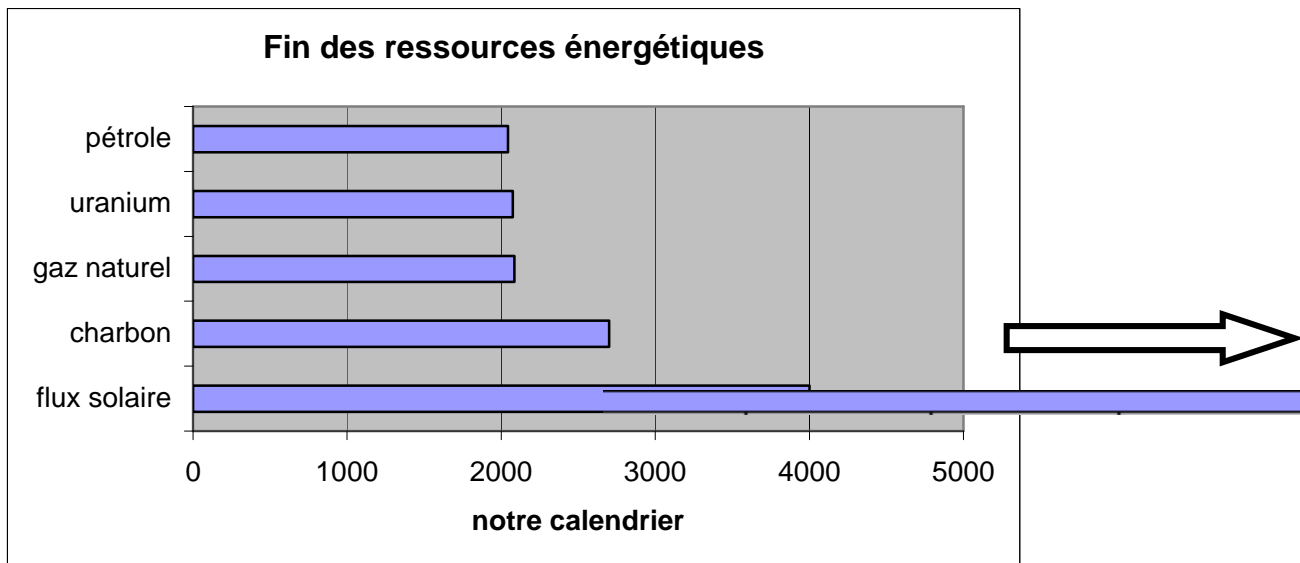
la nuit) !

**Conclusion :** la quantité d'énergie solaire qui arrive en Nord Pas de Calais est donc colossale !

### 3. Epuisement des énergies fossiles

Nous en avons tous entendu parler : c'est à cause de l'utilisation massive (depuis un siècle et demi) des énergies fossiles que l'on a une accumulation de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, à l'origine du changement climatique qui s'amorce actuellement. En même temps, on nous annonce une fin du pétrole à moyen terme. Comment régler tous ces problèmes ?

Comparons, dans le temps, les combustibles fossiles et l'uranium avec le flux solaire (c'est à dire ce qui arrive en continu sur Terre :



source : la Conférence Mondiale de l'énergie de 1989

La fin prévue du soleil se situera dans 4,5 milliards d'années. C'est à dire que la ligne du graphique correspondant au soleil se termine à droite à un million de fois la durée entre l'an 0 et l'an 4500 !!

De toute évidence, prévoir l'avenir c'est « sauter » le plus vite possible, sur le graphique ci-dessus, des « lignes fossiles et nucléaires » pour atterrir sur la ligne « flux solaire » qui nous emmènera le plus loin.

Au paragraphe 2 nous avons vu que nous disposons d'une quantité colossale d'énergie solaire et nous savons maintenant que c'est pour l'éternité (à notre échelle de notre temps en tant qu'individu et même à l'échelle de notre espèce).

### 4. Rendements par rapport à la surface utilisée

Quand on se chauffe avec du bois, ou que l'on travaille après s'être nourri (salades, graines, viande, ...) on produit de l'énergie qui vient indirectement du soleil. Quand on expose une cellule photovoltaïque au soleil, on produit de l'énergie qui vient directement du soleil. Il est important de connaître les rendements des différentes méthodes de « récupération » de l'énergie solaire.

#### Dans la nature

L'énergie que l'on peut tirer de la photosynthèse est de l'ordre de moins de 1%. C'est, par exemple, le rendement de la combustion du bois par rapport à l'énergie

solaire qui a permis à l'arbre correspondant de pousser. Ce rendement, qui peut paraître très faible, n'est qu'un aspect très partiel du regard que l'on peut porter sur la nature qui est d'abord le berceau de la vie et l'assurance de sa durée. C'est à dire que ce « système » de récupération de l'énergie solaire qui fonctionne tout seul et cela depuis des millions d'années doit absolument durer : il y va de notre vie !.

La faiblesse de ce rendement est une des raisons de l'impossibilité de satisfaire la boulimie de déplacement des habitants de l'hexagone par la seule culture locale d'agrob carburants (cf le chapitre Energies Renouvelables).

## Le solaire thermique

En 2008, avec un chauffe eau solaire du commerce, on récupère 40% de l'énergie solaire qui arrive sur la surface des capteurs. Cela est considérable pour un ensemble dont la technologie relève de la plomberie avec un peu d'automatismes.

## Le solaire photovoltaïque

Toujours en 2008 et avec des produits du commerce, une cellule photovoltaïque transforme 12% de l'énergie solaire qu'elle reçoit en électricité. Cela fait appel à une technologie nettement plus sophistiquée.

La conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique ou en chaleur se fait pratiquement sans perte, et l'électricité se transporte assez facilement. C'est à dire que l'électricité est une forme d'énergie très intéressante.

Par comparaison, la production d'électricité à partir de chaleur se fait avec un rendement d'un tiers; les deux tiers restant sont rejetés dans l'environnement où ils réchauffent l'eau, l'air, ... . Ce rendement est celui des machines à vapeur dont la version contemporaine s'appelle centrale nucléaire, où le côté nucléaire sert seulement à chauffer l'eau pour produire de la vapeur 'comme dans les machines à vapeur du 19<sup>ème</sup> siècle (c'est encore ce schéma : chauffage > vapeur > mouvement > électricité, qui est prévu pour le projet ITER dans 50 ans !).

## Quelles surfaces utiliser ?

Dans le Nord Pas de Calais, la pression humaine sur l'environnement est très forte et donc, à priori, la conservation des surfaces où a lieu la photosynthèse (milieux naturels, forêts, cultures, ...) est fondamentale. C'est à dire que l'artificialisation de ces espaces par la création de centrales solaires (pour récupérer de la chaleur où faire de l'électricité à partir du soleil) est à éviter.

Quelles sont, dans notre région, les surfaces déjà artificialisées ?

En 2003, en Nord-Pas de Calais on avait 1.148 km<sup>2</sup> de sols artificialisés<sup>5</sup> bâtis ou supportant routes et parkings. Sachant que chez nous il arrive en moyenne au sol 3 kWh/m<sup>2</sup>/jour, cela représente une quantité d'énergie solaire annuelle de 1,26.10<sup>9</sup> MWh. En Tonnes d'Equivalent Pétrole, cela représente 108 000 ktep. Durant la même période en 59-62, toutes énergies confondues, nous consommons 14.78 ktep<sup>6</sup>. Il y a donc un rapport de 1 à 7 entre toute l'énergie que nous consommons, en 59-62 et celle que nous y recevons du soleil sur nos sols déjà artificialisés. Cette quantité colossale d'énergie qui nous est offerte par le soleil, chauffe nos briques, tuiles et autres macadam et contribue aussi au réchauffement dans la serre où nous vivons !<sup>7</sup>

De plus, les éoliennes « récupèrent » de l'énergie solaire arrivée « on ne sais où », et leur emprise au sol est très faible

Donc, l'utilisation de surfaces déjà artificialisées devrait, dans notre région, suffire

<sup>5</sup> source : base de données EIDER de l'IFEN (Institut Français de l'Environnement)

<sup>6</sup> consommation en 2002 selon l'Observatoire de l'Energie du ministère des finances : <http://www.industrie.gouv.fr/>

<sup>7</sup> Il ne faut pas oublier l'exception que constituent les téméraires qui ont déjà installé chez eux, sur leurs toitures, panneaux photovoltaïques, chauffe eau solaire, ...

largement à la production de chaleur et d'électricité d'origine solaire.

Remarque : à la fin d'une belle journée ensoleillée, un mur de briques brûlant, le goudron qui a fondu sur une route ... sont autant de signes évident (et ignorés) d'un gaspillage scandaleux et gigantesque : celui de l'énergie solaire qui a produit tout cela.

## 5. Place du « soleil-énergie » dans notre culture

Nous appelons ici « soleil-énergie » le soleil considéré en tant que source d'énergie.

Au fil des rencontres avec le « grand public » il est clair que le soleil-énergie n'est identifié qu'au niveau des « énergies nouvelles » et presque tout ce qui a été vu aux paragraphes 1 à 4 est ignoré. En comparaison, dans notre société, le « soleil-vacances » est hypertrophié.

Il existe un lieu institutionnel où les savoirs sont transmis de génération en génération, c'est l'école. Examinons donc comment les enseignants parlent du soleil-énergie.

### La méthode

Le contenu de l'enseignement est défini par les programmes et c'est donc à travers eux que l'on peut effectuer la recherche. Comme 80% d'une classe d'âge accède au niveau du baccalauréat, en examinant les programmes du premier et second cycle d'enseignement on peut avoir une assez bonne représentation de la place du soleil-énergie transmise aux nouvelles générations.

Pratiquement, nous avons cherché les occurrences des mots « soleil(s) », « solaire(s) », « énergie(s) », « nucléaire(s) » dans les textes des programmes<sup>8</sup> d'enseignement de 3 disciplines : sciences de la vie et de la terre, physique et chimie

Cette méthode est discutable, mais elle présente 2 avantages :

on obtient un résultat assez pertinent dans l'information globale que l'on peut en tirer (mais il faut, par contre, éviter les comparaisons à partir de détails des résultats), la mise en œuvre de cette méthode est rapide par la fonction « rechercher » dans des fichiers \*.htm ou \*.pdf (en faisant attention aux images).

### Les résultats

Au niveau du collège, tous les programmes ont été étudiés.

Au niveau du lycée, les programmes n'ont pas été étudiés systématiquement (ils sont beaucoup trop nombreux). Par contre, l'étude en détail des filières d'enseignement général, seconde générale et technologique, première et terminale scientifique, a été faite.

---

<sup>8</sup> sur le site officiel : <http://www.education.gouv.fr/>

COLLEGE	mots clé recherchés>	énergie(s)	Soleil(s)	Solaire(s)	Nucléaire(s)	remarques
classe de 6ème	PRGM Sciences de la Vie et de la Terre	0	0	0	0	
	PRGM Physique Chimie	0	0	0	0	
	PRGM Technologie	18	0	1	0	1
classe de 5ème	PRGM Sciences de la Vie et de la Terre	0	0	0	0	
	PRGM Physique Chimie	0	0	0	0	
	PRGM Technologie	0	0	0	0	
classe de 4ème	PRGM Sciences de la Vie et de la Terre	0	0	0	0	
	PRGM Physique Chimie	0	0	0	0	
	PRGM Technologie	0	0	0	0	
classe de 3ème	PRGM Sciences de la Vie et de la Terre	0	0	0	0	
	PRGM Physique Chimie	0	0	0	0	
	PRGM Technologie	0	0	0	0	

LYCEE	mots clé recherchés>	énergie(s)	soleil	solaire	nucléaire	remarques
seconde générale et technologique	PRGM Sciences de la Vie et de la Terre	7	7	5	0	2
	PRGM Physique Chimie	3	12	10	4	3
seconde mesures physiques et informatique	PRGM de physique; informatique	15	0	1	0	
seconde physique et chimie de laboratoire	PRGM de physique chimie	1	0	0	0	
première scientifique	PRGM Sciences de la Vie et de la Terre	1	0	0	0	
	PRGM Physique Chimie	12	0	1	2	4
terminale scientifique	PRGM Sciences de la Vie et de la Terre	3	1	3	0	5
	PRGM Physique Chimie	80	1	2	14	6

**Remarques :**

- 1) extrait du programme : « - Principes énergétiques : repérage du type d'énergie utilisée (générateur : pile, secteur, énergie fossile, énergies solaire, hydraulique...), le circuit électrique (alimentation, commande, signalisation) »<sup>9</sup>.
- 2) extrait du programme : « ne sont pas au programme les mécanismes de la photosynthèse »,,"
- 3) extrait du programme : "L'énergie est absente du programme de seconde"
- 4) le qualificatif "solaire" concerne l'étude du système solaire
- 5) le qualificatif "solaire" apparaît à propos du climat
- 6) le qualificatif "solaire" concerne la mesure du temps

En parcourant les programmes d'enseignement, nous avons découvert un baccalauréat professionnel intitulé « génie énergétique » et nous avons « sauté sur l'occasion » en espérant avoir enfin un peu de soleil-énergie !!

<sup>9</sup> note de l'enseignant : à l'évidence, les rédacteurs de ce programme n'ont aucune idée de la structuration « d'énergie utilisée » par le soleil car, en pédagogie, il est toujours préférable de présenter de manière structurée une suite d'item plutôt que « en vrac » comme c'est le cas ici.

Le résultat est simple aucun des 4 mots significatifs n'apparaît dans le programme des matières spécifiques (sciences physiques, physique appliquée).

A regarder de plus près ce programme d'enseignement de « génie énergétique », l'impression est que cet enseignement est destiné à former des électriciens. Et donc, dans ce cas précis, le système éducatif français est responsable du fait que les jeunes ayant suivi cet enseignement aient dans la tête : énergie~électricité. Et, en tant que téléspectateurs fidèles, la publicité complète leur image mentale de l'énergie : énergie~électricité~nucléaire ...

## ITER

On peut avoir une idée encore plus précise de l'aveuglement (hélas pas par le soleil !) de notre société en regardant le projet « ITER ».

C'est actuellement la pierre angulaire des tenants du nucléaire : les ressources d'uranium s'épuisent et il faut, pour eux, continuer à avoir une production d'énergie hyper centralisée et provenant de la désintégration atomique. La méthode « ITER » consiste à imiter les réactions thermonucléaires se produisant au niveau du soleil pour en tirer beaucoup d'énergie. Actuellement, on ne sait pas faire cela au niveau industriel. Il est prévu que l'on investisse des sommes colossales dans ce projet aléatoire (opérationnel dans 70 ans selon les prévisions actuelles) et dangereux. Pendant ce temps là, le soleil-énergie continuera à déverser, gratuitement, sur la Terre des quantités phénoménales d'énergie et ce, durant les 4,5 milliards d'années suivantes ... comme il le fait depuis déjà très longtemps !! Cette absurdité scientifique et technique, qui consiste à essayer de fabriquer ce que l'on a déjà a seulement ému les opposants au nucléaire et quelques Prix Nobel de physique (Pierre-Gilles de Gênes et Nasatachi Kashiba). Tous les autres ont accepté cette « nouveauté ».

Si, dans notre culture de l'énergie, le soleil avait eu la place qui lui revient, l'annonce du projet ITER aurait plongé la France dans un éclat de rire général !

## Conclusion

Le gaspillage de l'énergie solaire qui nous est offerte en abondance n'émeut personne.

A l'évidence, le système éducatif français ne transmet pas aux jeunes générations l'importance du soleil-énergie pour les êtres vivant sur Terre dont nous faisons partie.

Une des raisons de la dissociation des mots « soleil » et « énergie », dans notre culture, peut être recherchée du côté de l'économie. L'énergie solaire a une caractéristique fondamentale (et pas encore évoquée), c'est sa répartition régulière dans l'espace (à l'échelle de la France). Une variation de 1 à 2 entre le Nord et le Sud est sans importance en face de la quantité phénoménale d'énergie déversée sur le sol par le soleil. Avec le soleil-énergie à portée de la main, un individu (ou un groupement d'individus) peut acquérir une autonomie énergétique importante. En face de cela, à l'heure actuelle, l'électricité et le « soleil-fossile » (pétrole, gaz, charbon) sont distribués à travers une économie centralisée où le citoyen est pieds et poings liés. On comprend aisément l'enjeu financier du masque mis devant le soleil-énergie dans notre culture par les marchands d'énergie.

A une époque où nous épuisons le « soleil-fossile » (et l'uranium) et où l'on peut prévoir que cette fin sera d'autant plus violente qu'elle n'aura pas été anticipée, il est urgent d'intervenir, entre autres dans l'enseignement, pour que les responsables et les nouvelles générations aient une véritable culture énergétique dont le centre soit le SOLEIL-ENERGIE. Cela ne sera possible, vu la nature de certains blocages, que par une volonté politique forte qui mettra notre survie devant les intérêts financiers.

C'est un minimum pour espérer « s'en sortir » à moyen terme et défricher une piste pour le long terme.