

Les énergies

Comprendre les enjeux

Paul Mathis



éditions
Quæ

Les énergies

Comprendre les enjeux

Les énergies

Comprendre les enjeux

Paul Mathis

Éditions Quae

c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles Cedex

Les dessins en tête de chapitre sont de Robert Rousso sauf un, de Claire Brenot (page 182). Ils sont reproduits dans cet ouvrage avec l'aimable autorisation du *Courrier de l'environnement de l'Inra*.

© Éditions Quae, 2011

ISBN: 978-2-7592-1654-3

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFO, 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e).

Dédicace

Je dédie ce livre à Sidonie, Yvonne, Augustin, Adélie, Marin, Pierre, Garance et Axel, mes petits-enfants.

Pour eux, la vie sera plus difficile, mais peut-être pas moins belle.

Sommaire

Dédicace	3
Préface	9
Introduction : indispensable énergie !	13
Première raison : on ne peut pas s'en passer	13
Deuxième raison : le poids économique de l'énergie.....	14
Troisième raison : l'importance de l'énergie pour l'avenir de la planète.....	15
Quatrième raison : tous concernés à divers titres	16
Débats, conflits, contradictions.....	18
Pourquoi ce livre ?	20
Le vivant et l'énergie : la grande histoire de l'énergie sur Terre	21
Les débuts de la Terre et de la vie	21
L'oxygène, un signal essentiel.....	22
La formation des combustibles fossiles	24
L'évolution de l'atmosphère terrestre.....	25
L'homme sur la planète	25
Quelles perspectives ?	27
Qu'est-ce que l'énergie ?	29
Définition, conversions	29
Les convertisseurs vivants	30
La conservation de l'énergie.....	31
Le second principe de la thermodynamique.....	32
Énergie primaire, énergie finale, énergie utile.....	34
Des inquiétudes pour l'avenir ?	35
Énergies : aperçu global	37
Les besoins.....	37
Production et consommation d'énergies primaires	38
La place des énergies dans les sociétés	40
Scénarios d'évolution.....	41
Les évolutions.....	43

Les combustibles fossiles : essentiels, mais quel est leur avenir ?	45
Remarques préliminaires.....	45
Le charbon.....	47
Le pétrole.....	51
Et enfin le gaz naturel.....	57
Conclusions sur les combustibles fossiles	61
Énergie, gaz à effet de serre et climat : un enjeu considérable.....	63
Effet de serre et gaz à effet de serre.....	63
D'où proviennent les gaz à effet de serre associés aux usages de l'énergie ?.....	66
Effet de serre et réchauffement du climat.....	70
Un problème planétaire et à long terme. Mais que faire ?.....	72
Réponses à quelques questions.....	73
Économies d'énergie : le retour au Moyen Âge ?	77
Amélioration tendancielle de l'usage de l'énergie	77
La consommation d'énergie a une facette culturelle très importante.....	79
L'industrie et l'agriculture.....	80
Les transports.....	81
Logement, tertiaire et électricité spécifique.....	81
Économies de CO ₂ , économies d'énergie : passer à la vitesse supérieure.....	85
En conclusion.....	89
La fée électricité : toujours plus, mais pas pour tous !.....	91
Dans le monde, des contrastes insupportables.....	91
À quoi sert l'électricité ?	93
La place de l'électricité dans le panorama des énergies.....	95
Bien utile, mais à quel prix pour l'utilisateur ?	96
L'énergie nucléaire.....	99
Les principes de base	99
Les filières nucléaires.....	100
Les problèmes de l'électronucléaire	103
Quel avenir, en fin de compte ?	109
Énergies renouvelables : de quoi s'agit-il ?.....	111
Énergies renouvelables, énergies nouvelles.....	111
Pourquoi renouvelables ?.....	113
Les caractéristiques des énergies renouvelables	114
Des énergies locales ? À voir concrètement !.....	118
Importance à long terme	118

Produire selon les besoins et distribuer l'électricité.....	121
Comment produire de l'électricité.....	121
Production à partir de combustibles fossiles.....	124
Électricité d'origine nucléaire.....	126
Hydroélectricité.....	127
Énergie éolienne : le vent en action.....	129
Solaire photovoltaïque : combien et à quel prix ?.....	134
Solaire thermodynamique (CSP).....	138
D'autres manières de produire de l'électricité.....	139
La cogénération.....	141
Transport et réseaux.....	142
Coûts, organisation, prévisions.....	145
Produire et utiliser la chaleur.....	149
Les sources de chaleur.....	149
Le chauffage.....	151
La chaleur de cuisson domestique.....	157
Les besoins industriels et de service.....	157
Froid, climatisation.....	159
La cogénération.....	160
Et pour 2020.....	161
Quelles énergies pour les transports ?.....	163
Énergie et transports : une situation non durable.....	163
Les éléments de solution.....	166
Quelles solutions pour les transports de demain ?.....	181
La biomasse : quels usages, quel potentiel ?.....	183
Comment se forme la biomasse ?.....	183
La biomasse : sources et utilisations.....	185
Arbitrer en vue de l'avenir.....	193
Pour le futur, des percées technologiques ?.....	197
Trois grandes percées à confirmer.....	198
Les percées éventuelles : ce qui est encore loin du compte.....	199
Conclusion.....	203
Énergie : les choix politiques.....	205
Des aspects planétaires.....	205
Une politique internationale.....	206
Politique énergétique : le niveau européen.....	209
La politique française : de l'État au citoyen.....	212

Conclusions	221
Quatre impressions générales.....	221
Trois facettes mondiales	222
Références	225
Abréviations	241
Symboles, unités, équivalences	245
Index	247

Préface

Consommation énergétique et évolution de notre climat entretiennent un rapport intime. À l'échelle planétaire, près de 60 % des émissions de gaz à effet de serre sont liés à l'utilisation des combustibles fossiles, pétrole, charbon et gaz naturel qui, pour l'essentiel, sont brûlés à des fins énergétiques. S'y ajoute une partie des émissions de CO₂ — dioxyde de carbone, plus connu sous le nom de gaz carbonique — dues à la déforestation et de celles de méthane associées à l'exploitation du gaz naturel. Impliqué dans le Grenelle de l'environnement, dont j'ai co-présidé le premier groupe de travail intitulé « Lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande énergétique », je suis très conscient de cette intimité. Elle n'échappe, j'en suis sûr, à aucun des lecteurs et lectrices de ce livre que Paul Mathis consacre aux énergies et à leurs enjeux.

Nous avons en commun d'avoir travaillé au centre de recherches du Commissariat à l'énergie atomique de Saclay mais sur des thématiques différentes. Paul Mathis a consacré sa carrière au décryptage des processus photosynthétiques tandis que j'étudie l'évolution de notre climat et notamment ses variations passées, à partir de forages profonds réalisés dans des calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland.

C'est donc un regard de climatologue que je porte sur cet ouvrage. D'abord pour préciser que si l'accent est mis sur le rôle du gaz carbonique, c'est parce qu'il séjourne longtemps dans l'atmosphère et que, de ce fait, il participe grandement à l'augmentation de l'effet de serre liée aux activités humaines. Mais après deux années, 2009 et 2010, marquées par une montée du scepticisme vis-à-vis du diagnostic apporté par le GIEC (le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat), je souhaite avant tout rappeler combien les conclusions de son 4^e rapport, paru en 2007, restent pleinement d'actualité. Je me limiterai aux aspects scientifiques du changement climatique, volet sur lequel existent des certitudes bien documentées et se posent des questions tout à fait légitimes. Mais subsistent aussi de nombreuses incertitudes.

Première certitude, l'effet de serre lié aux activités humaines continue à augmenter, à cause, en particulier, du CO₂ dont les émissions se sont notablement accrues. Leur rythme annuel d'augmentation a été voisin de 3 % au cours de la dernière décennie, trois fois plus rapide qu'au cours des années quatre-vingt-dix. Certes, il s'est ralenti en 2009 pour cause de crise économique, mais est reparti de plus belle en 2010. Avec pour conséquence un rythme d'augmentation des concentrations de ce gaz dans l'atmosphère plus important qu'il n'a jamais été depuis 1960. En fait les concentrations actuelles, qui ont augmenté de près de 40 % depuis le début de l'ère industrielle, dépassent de loin celles qui ont été observées, grâce à l'analyse de l'air emprisonné dans les glaces polaires, au cours des 800 000 dernières années.

Deuxième certitude, le climat se réchauffe avec un diagnostic sans ambiguïté : le réchauffement du système climatique est sans équivoque. Les dix dernières années ont de loin constitué la décennie la plus chaude depuis 1850. Il est exact que les années toutes récentes ont été marquées par une pause relative du réchauffement mais, avec 2005 et 1998 (années où le phénomène El Niño a été exceptionnel), l'année 2010 est une année record. Au-delà de cette constatation, toutes les observations disponibles, ou presque, témoignent de ce réchauffement : l'océan se réchauffe et se dilate provoquant

une élévation du niveau de la mer, les surfaces maximales enneigées diminuent ; glace de mer et glaciers sont également affectés.

L'acquisition de données nouvelles et l'amélioration considérable des modèles climatiques permettent de conclure que l'essentiel du réchauffement observé depuis le milieu du xx^{e} siècle a plus de neuf chances sur dix d'être dû aux activités humaines. Ce n'est pas encore une certitude et le débat est certainement légitime. Mais il est clair que mettre en avant — comme le font beaucoup de climato-sceptiques — les variations de l'activité solaire comme cause du réchauffement des dernières décennies se heurte à une série d'arguments d'ailleurs longuement discutés dans le dernier rapport du GIEC. Rappelons simplement que le « forçage climatique » lié aux variations de l'activité solaire est inférieur d'au moins un facteur 10 à celui résultant de l'augmentation de l'effet de serre anthropique.

Les projections réalisées grâce à des modèles conduisent, en considérant des scénarios plus ou moins émetteurs, à des réchauffements moyens compris entre 1,8 à 4 °C. De nouveau, c'est une certitude : le réchauffement est inéluctable. Et rappelons qu'un réchauffement de 3 °C en un siècle est synonyme de changement climatique majeur : c'est la moitié du réchauffement observé, mais cette fois sur des milliers d'années, entre le dernier maximum glaciaire et le climat actuel. Et l'on peut également accorder une bonne confiance aux projections concernant d'autres variables climatiques : augmentation des précipitations aux hautes latitudes, diminution dans les régions subtropicales, modification des vents, intensification vraisemblable des cyclones tropicaux, vagues de chaleur, fortes précipitations, contraction de la couverture neigeuse, diminution des glaces de mer, irréversible élévation du niveau de la mer... tel serait, si nous n'y prenons garde, notre monde à la fin du siècle puis au-delà.

Certes, de nombreuses incertitudes subsistent aussi bien au niveau de l'ampleur du réchauffement — qui pour un scénario donné n'est pas, à la fin du siècle, connu à mieux qu'un facteur 2 — qu'en ce qui concerne ses caractéristiques régionales et l'évolution de phénomènes comme El Niño. Ou encore pour le rythme d'élévation du niveau de la mer ou le risque de surprises climatiques. Ceci étant, nos certitudes sont suffisantes pour l'action. Éviter le profond bouleversement climatique que connaîtraient dans la seconde partie du xxi^{e} siècle les enfants qui, aujourd'hui, sont dans nos cours d'écoles, requiert impérativement que l'effet de serre cesse d'augmenter. Le message est clair. Il s'est concrétisé par la mise sur pied, lors du sommet de la Terre de Rio, de la convention Climat dont l'objectif ultime est de stabiliser les concentrations des gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Objectif qui a été précisé en 2009, lors de la conférence de Copenhague, et avalisé à Cancún en 2010 : tout doit être fait pour que le réchauffement n'excède jamais 2 °C par rapport au climat de la période pré-industrielle.

Cet objectif est un véritable défi planétaire, au cœur duquel nous retrouvons le CO_2 et donc l'énergie. Le fait qu'il reste longtemps dans l'atmosphère (ce qui n'est pas le cas par exemple pour le méthane, second contributeur à l'augmentation de l'effet de serre anthropique) implique que la stabilisation de l'effet de serre passe par celle du gaz carbonique dont les émissions ne doivent donc pas dépasser ce qui est absorbé par la végétation et par les océans. Il faudrait que les émissions planétaires de CO_2 qui n'ont jamais aussi rapidement augmenté commencent à diminuer dès 2015 et soient, par rapport à leur niveau de 1990, divisées par deux au moins, si possible par trois, en 2050. Mission impossible, ou presque, d'autant plus que les puits de CO_2 auront plutôt tendance à s'essouffler dans les décennies à venir...

Reconnaissons à nos politiques d'avoir pris conscience de ce problème puisque la loi sur l'énergie de 2005 stipule que la France « soutient la définition d'un objectif de division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2050, ce qui nécessite, compte tenu des différences de consommation entre pays, une division par quatre ou cinq de ces émissions pour les pays développés ». Cette prise de conscience n'enlève rien à la difficulté de diviser par quatre nos émissions à cette échéance, mais elle en est un préalable dont on comprend qu'elle doit s'appuyer sur une très bonne compréhension des enjeux énergétiques.

Y contribuer est l'objectif que se donne Paul Mathis dans cet ouvrage. Et qu'il atteigne.

Jean JOUZEL

Président de la Société météorologique de France, vice-président du groupe scientifique du GIEC.

POLLUEUR!



Rouso

Introduction : indispensable énergie !

Pourquoi s'intéresser à l'énergie ? C'est une affaire de spécialistes, et nous sommes sollicités par tellement de choses importantes ! Pour beaucoup d'entre nous, il s'agit de répondre aux besoins de base : se nourrir, se loger, s'habiller. La santé, l'éducation, les transports ne sont pas moins importants, de même que vivre en paix et en sécurité. Pourquoi donc s'intéresser en plus à l'énergie ? Je m'en passe parfaitement !

Et pourtant... L'énergie fait partie de notre quotidien, même là où on ne l'imagine pas. Dans un *jean*, par exemple. Pour obtenir un pantalon ou une jupe en *jean*, en amont du coton, qui a poussé au Mali ou ailleurs, il faut de l'énergie pour fabriquer les engrais et travailler la terre. Il en faut pour récolter les fibres, pour les transporter, les égrener, les emballer. Et pour tout envoyer jusqu'au port, par camion ou par train. Chargement du bateau, transport à Shanghai, transport jusqu'à la filature, machines, transport jusqu'au tissage, teinture, transport jusqu'à l'atelier de coupe, machines, réexpédition par train jusqu'à Shanghai, gestion des entrepôts, transport par bateau. Et chez nous, transbordement, acheminement par camion vers le grossiste, pantalon et jupe sont enfin livrés dans le magasin par petit camion. C'est là que je vais en voiture acheter l'objet désiré. L'air de rien, à peine porté, mon *jean* a nécessité l'énergie de 5 litres de pétrole. Il en est de même quand il s'agit de répondre à nos besoins les plus élémentaires.

Ce livre vise à donner à chacun les bases lui permettant de voir combien l'énergie est présente dans tous les aspects de sa vie quotidienne. Comment nous sommes tous concernés en tant que consommateurs, acteurs économiques ou associatifs, élus ou simples citoyens. Il ne sera pas question de débats théoriques, de l'équivalence masse-énergie ou du fonctionnement des étoiles. Il s'agit de comprendre comment le pétrole, l'électricité, les énergies renouvelables, le nucléaire et les énergies du futur ont façonné notre vie et vont peut-être la changer demain pour préserver notre planète. Cela vaut-il la peine de s'intéresser à l'énergie ? Oui, et vous allez savoir pourquoi.

Première raison : on ne peut pas s'en passer

L'énergie, nous l'utilisons chaque jour, souvent sans nous en rendre compte. Tout d'abord pour se nourrir. Il faut beaucoup d'énergie pour fabriquer les engrais et tous les produits, appelés intrants, utilisés par les agriculteurs. Il en faut pour actionner les machines agricoles car le gazole des tracteurs a remplacé l'avoine des chevaux. On en a besoin pour chauffer les serres, entretenir les bâtiments, etc. Quand la récolte est faite, passer du produit agricole à l'aliment demande encore et toujours de l'énergie. Pour transporter, ventiler, broyer, trier, cuire, déshydrater, emballer, réfrigérer, avant que la manne n'arrive dans notre assiette. Toutes ces actions nécessitent du gazole, du gaz ou de l'électricité. Sans doute trop d'ailleurs. Car on peut concevoir et pratiquer des chaînes de production moins gourmandes en énergie.

Le résultat est le même quand il s'agit de se déplacer. Voiture, camion, train, bateau, avion, tramway, pour les personnes et pour les marchandises, tout cela demande de

l'énergie, sous forme de produits pétroliers ou d'électricité. Dans ce cas aussi, on peut vivre en consommant moins, en marchant ou à vélo. C'est ce qu'on appelle les modes doux de déplacement. Chacun peut ainsi apporter sa pierre pour réduire la consommation d'énergie. Ce qui deviendra de toute façon indispensable dans le futur.

Se chauffer, s'éclairer et faire fonctionner toutes les machines et appareils qui meublent notre vie quotidienne, tout cela consomme de l'énergie, bien sûr. Et il en faut pour tous les services qui répondent aux besoins de la santé, de l'éducation, de l'information, etc.

On y pense moins, mais c'est l'industrie qui consomme le plus d'énergie. On la dit grise, car elle ne se voit pas de prime abord. La civilisation industrielle a pris naissance avec l'utilisation du charbon. Elle se poursuit de nos jours, toujours avec le charbon, mais aussi avec le pétrole, le gaz et diverses sources d'électricité. Certains historiens considèrent que nous sommes dans une civilisation post-industrielle. Mais cette terminologie ne doit pas nous faire penser que les besoins de base, satisfaits par les industries, n'existent plus. Au contraire ! En fait, la production industrielle, qui se faisait uniquement chez nous, dans les pays anciennement développés, est maintenant largement délocalisée dans des pays dits émergents. Cette production n'a fait que croître, et les besoins d'énergie en parallèle. La majeure partie de l'acier, des matières plastiques, des objets de toute nature est produite dans ces pays. Tout est ensuite expédié chez nous par bateau. À l'énergie de production s'ajoute donc l'énergie nécessaire au transport.

Ce poids de l'énergie dans les activités de production, de services ou dans la vie quotidienne explique pourquoi elle est indispensable au développement économique. Notre propre développement s'est réalisé grâce à l'énergie. Et c'est le plus souvent par manque d'énergies, ou par manque de capacité à les utiliser, que de nombreux pays ne peuvent pas se développer.

Deuxième raison : le poids économique de l'énergie

Les pétrodollars sont une bonne illustration de ce poids : tout cet argent reçu par les pays producteurs en paiement du pétrole, et accumulé dans les banques occidentales. Combien y en a-t-il ? C'est mal connu. Mais les recettes annuelles sont d'environ 300 milliards de dollars (G\$). En cumulant sur des décades, cela fait beaucoup d'argent. Autre chiffre étourdissant, celui des besoins de financement pour les investissements qui permettront de suivre la demande mondiale d'énergie, et de remplacer les équipements obsolètes : 1 000 G\$ par an ! Un dernier chiffre concerne le bénéfice net annuel des sept plus grandes compagnies pétrolières internationales : 82 G\$ en 2009, pourtant une bien mauvaise année. Et elles ne produisent que 17 % du pétrole et du gaz consommés dans le monde !

Ces chiffres astronomiques expliquent pourquoi, à l'échelle nationale, l'énergie pèse si lourd. Elle pèse dans le bilan du commerce extérieur puisque le pétrole, le gaz et le charbon, avec 39 G€, représentaient 90 % de notre déficit en 2009. Imagine-t-on que ces importations représentent chaque année une masse de 2,5 tonnes par habitant ?

L'énergie a aussi toute sa place dans les dépenses des ménages (fig. 1). La consommation directe d'énergie correspond à 15 % du revenu des ménages les plus pauvres, et 6 % pour les plus riches. À ce poids direct, il faut ajouter le coût de l'énergie grise inclus dans celui des produits et des services.

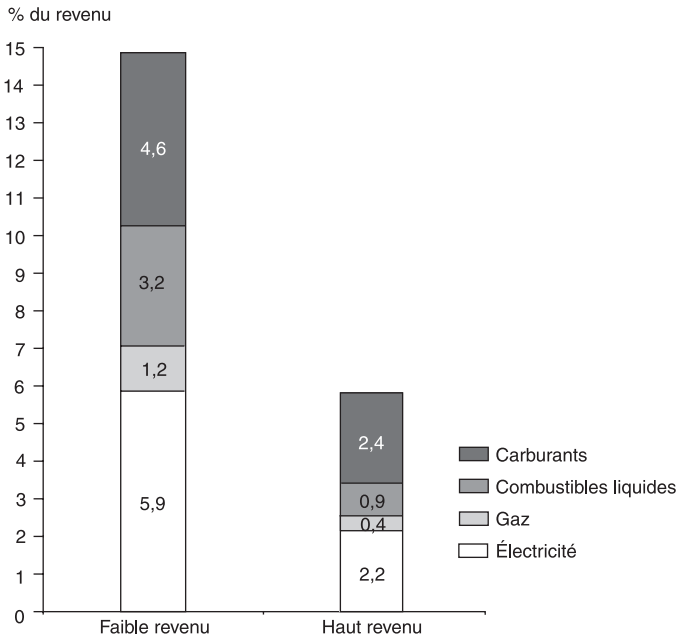


Figure 1. Part de l'énergie dans les dépenses des ménages français, pour deux catégories de revenu (source : Ademe, 2008).

En matière d'emplois, il faut distinguer les emplois directs du secteur de l'énergie et les emplois industriels, dont une bonne part n'est durable que grâce au bon usage de l'énergie par les entreprises. Toute l'industrie est concernée. Sinon, la délocalisation ne tarde pas. En France, le seul secteur de l'énergie emploie directement en France 194 000 personnes, dont environ le tiers dans le nucléaire.

Ce poids dans l'économie explique pourquoi les pays sous-développés ont tant de mal à s'en sortir. Ils ont besoin de pétrole et d'électricité. Cela coûte très cher en investissements et en achats courants.

Troisième raison : l'importance de l'énergie pour l'avenir de la planète

C'est devenu une évidence si nous sortons un peu de notre quotidien. Changements climatiques, limites aux quantités de combustibles fossiles, risques pour la santé, sont des sujets essentiels pour l'avenir de la planète et des humains. Nous prenons conscience que la taille de la Terre est limitée. Son exploitation incontrôlée, dans un contexte de croissance économique permanente, pour une population en augmentation, nous interroge de manière inquiétante. Pourra-t-on répondre aux besoins en eau potable ? Les océans conserveront-ils leurs réserves biologiques ? Les stocks de certains minéraux ne vont-ils pas s'épuiser ? Les sols cultivés pourront-ils maintenir leurs qualités ? À cette liste non exhaustive de questions planétaires, il faut ajouter, au premier rang, celles que pose l'énergie.

En effet, il faut rappeler que les stocks de charbon, de pétrole et de gaz — ce qu'on appelle les combustibles fossiles — sont limités. On y puise sans compter, mais ils finiront par s'épuiser. Dans combien de temps ? Personne ne le sait vraiment, mais on peut ici se contenter d'un ordre de grandeur : disons cent ans. Cela paraît énorme, mais c'est peu. Ce n'est guère plus que ce qu'il faut pour l'étude, la construction et l'exploitation d'une grande installation énergétique. Si, dans cent ans, ces stocks sont épuisés, comment ferons-nous par la suite, alors que charbon, pétrole et gaz représentent 85 % de la consommation mondiale d'énergie ? Il faut s'occuper tout de suite de ralentir le rythme de leur consommation, de trouver des techniques consommant moins d'énergie et de développer des sources d'énergie alternatives, énergies renouvelables et énergie nucléaire. Mais l'épuisement des stocks n'est pas le problème le plus inquiétant...

Les changements climatiques qui apparaissent et qui vont s'amplifier inéluctablement sont encore bien plus préoccupants. Ils sont dus pour une bonne part à un gaz, le dioxyde de carbone ou CO₂, qui se dégage lors de l'utilisation des combustibles fossiles. Il appartient à un petit groupe de gaz appelés gaz à effet de serre. Il s'accumule dans l'atmosphère, et entraîne une augmentation de la température du globe. Il s'ensuivra à l'avenir des perturbations très graves pour les humains. Pour éviter d'en arriver à des situations incontrôlables, il est impératif de ralentir fortement et rapidement les émissions de CO₂. Il faut donc réduire l'usage des combustibles fossiles. La question des autres gaz à effet de serre, méthane et protoxyde d'azote, ne doit pas être éludée. Ils sont émis essentiellement par l'agriculture mais, nous le verrons ci-dessous, les relations entre agriculture et énergie ne manquent pas.

Troisième problème, celui des risques pour la santé. Les risques de l'énergie nucléaire, radioactivité et accidents, font l'objet d'une large communication. La radioactivité engendre la peur car les radiations sont invisibles, et les déchets radioactifs ont une durée de vie très longue. Quant aux accidents, celui de Tchernobyl et récemment celui de Fukushima, ils ont montré qu'ils étaient possibles et potentiellement graves. Des leçons doivent en être tirées en matière de sûreté. Le charbon aussi présente des risques importants. C'est au moins dix « Tchernobyl » par an, tant en accidents du travail, avec 8 000 morts par an, qu'en effets à long terme sur la santé des mineurs et des habitants. Le pétrole, de son côté, est la source de polluants atmosphériques comme les particules des moteurs diesel. A-t-on fait leur bilan sur la santé ? Même la biomasse, surtout la biomasse, est pleine de dangers, avec les gaz et les particules produits par la combustion du bois et des bouses de vache dans les logements des pays du Sud. C'est plus d'un million de morts par an, par cancer du poumon et autres maladies des bronches et des poumons. Et cela pourrait être évité !

Quatrième raison : tous concernés à divers titres

On peut bien sûr penser que les questions précédemment posées, par leur importance sociale et leur poids économique, concernent surtout les responsables politiques et les chefs d'entreprise. C'est vrai ! Mais pas seulement eux : nous sommes tous concernés, à plusieurs titres (fig. 2).

En tant que consommateurs, car l'énergie représente 8 % du budget des ménages. C'est à chaque particulier de faire les choix pour réduire sa consommation d'énergie, en achetant des appareils à basse consommation, en investissant dans l'isolation ther-