

NOTES

INTRODUCTION

1. Il s'agit de sir John Houghton.

2. Joseph Stiglitz, professeur d'économie à Stanford, a reçu le prix Nobel d'économie en 2001 ; il a été « chef économiste » de la Banque mondiale, qu'il a quittée en 1999. Paul Krugman, professeur et éditorialiste renommé, spécialiste des échanges internationaux, vient de recevoir le Nobel d'économie 2008.

PREMIÈRE PARTIE

FAUT-IL SE SENTIR MENACÉ ?

Chapitre I

L'ACCUMULATION DES PÉRILS

1. Il est de bon ton aujourd'hui de parler de « changement climatique » plutôt que de réchauffement. En réalité, les divers aspects du changement climatique semblent être en grande partie provoqués par le réchauffement, ou en tout cas fortement liés à l'élévation de la température du globe.

2. Ce réchauffement correspond à la tendance séculaire linéaire de 1906 à 2005. Si l'on compare les années 2001-2005 à la moyenne de la seconde moitié du XIX^e siècle, la hausse de température du globe est de 0,76 °C. Le GIEC juge « très probable » (à plus de 90 %) que les températures de la seconde moitié du XX^e siècle ont été les plus élevées depuis cinq cents ans, et « probable » (à plus de 66 %) qu'elles aient battu des records sur mille trois cents ans dans l'hémisphère Nord.

3. Les dix années les plus chaudes depuis le milieu du XIX^e siècle ont été, dans l'ordre, 1998, 2005, 2003, 2002, 2004, 2006, 2007, 2001, 1997 et 1995, selon l'OMM. En 2007, la température en France a été supérieure de 0,8 °C à la moyenne de long terme ; l'été a été particulièrement chaud dans le Sud européen, ainsi qu'en Inde (45 à 50 °C), mais le froid a sévi en Amérique du Sud, et l'Afrique du Sud a enregistré en 2007 ses plus fortes chutes de neige depuis 1981. L'Université d'East Anglia estime que 2008, tout en étant un peu plus froide que 2007 (avec 0,37 °C de température au-dessus de la moyenne

de long terme des années 1961-1990 au lieu de 0,41 °C), se situera encore parmi les dix premières. Il n'y a pas de statistiques de température suffisamment suivies avant 1850 pour justifier autre chose que des estimations sur les périodes antérieures. Ce fait donne des arguments à ceux qui contestent la thèse largement majoritaire du réchauffement climatique ; cf. chapitre suivant.

4. Estimation du Meteorological Office britannique et de l'Université East Anglia. La température se serait située à 0,65 °C de plus que la moyenne 1860-1990 dans l'hémisphère Nord, mais seulement 0,32 °C dans l'hémisphère Sud, plus riche en océans, ce qui augmente l'inertie thermique. La température moyenne des pays du Nord se serait élevée de 0,4 °C en dix ans seulement.

5. L'automne 2006, où les températures ont dépassé de 3 °C en moyenne les normales saisonnières au nord des Alpes, a été jugé « exceptionnel » par l'OMM. Il fut le plus chaud que l'Europe ait connu depuis cinq siècles, selon une équipe de climatologues suisses associée à des historiens (*Geophysical Research Letters*, août 2007). Loin de se limiter à une seule année, le phénomène s'étendrait à toute la décennie 1997-2006.

6. Avril 2007 a été un mois particulièrement chaud dans toute l'Europe : 4 °C de plus que les moyennes établies. La température a atteint 33 °C à Moscou en mai 2007 !

7. Selon le GIEC, ce réchauffement s'étend en fait jusqu'à 3 000 mètres de profondeur ; les océans absorberaient 80 % de la chaleur supplémentaire apportée au système climatique.

8. Une étude publiée en mars 2006 par la revue *Science* lie la hausse du nombre de cyclones violents à l'augmentation de la température de surface des océans en zone tropicale dans cinq bassins océaniques où se forment ces cyclones ; + 0,5 °C entre 1970 et 2004. L'étude retient cependant aussi d'autres causes possibles : variation de la force des vents, voire cycles naturels de long terme ; cf. chapitre II. Une autre étude limitée à l'Atlantique nord donne une hausse de 0,8 °C depuis le début du xx^e siècle, dont 0,4 °C pour la période plus récente, résultat tout à fait cohérent avec le précédent ; selon ses auteurs, « il existe une relation forte entre les températures océaniques et l'activité cyclonique ».

9. La mousson (de l'arabe *mausim*, « saison ») est un phénomène récurrent qui touche l'Amérique latine, l'Afrique, la Chine du Sud, mais surtout le sous-continent indien. Il s'agit de pluies diluviennes d'été provenant de masses d'air équatorial très humides poussées par les vents. Normalement bienfaitantes (la fertilité agricole de ces régions en dépend), elles peuvent tourner à la catastrophe en cas d'excès comme en 2002, 2004, 2006 et 2007 – la mousson « la plus importante de mémoire d'homme », selon l'ONU. Une étude de chercheurs indiens publiée dans *Science* en décembre 2006 lie cette nouvelle violence de la mousson au réchauffement climatique.

10. Les deux tiers du territoire du Bangladesh ont été sous les eaux en 2002, année où les inondations ont gagné toute l'Asie du Sud-Est ; en 2004, la mousson intense et les glissements de terrain ont provoqué 1 800 morts dans l'Inde du Nord, au Népal et au Bangladesh, et 1 000 morts en Chine de l'Est et du Sud ; en 2007, les inondations ont de nouveau recouvert la moitié du Bangladesh, les États indiens du Nord et le Balouchistan, provoquant 2 300 morts et 30 millions de sinistrés, tandis que la Chine et la Corée du Nord faisaient face aux pires inondations depuis dix ans selon la Croix-Rouge, causant plus de 500 morts et 5 millions d'évacuations.

11. Dans les régions de Gloucester, de Worcester et d'Oxford, près de 400 000 foyers ont été privés d'abri et d'eau potable en juillet 2007, à la suite de pluies diluviennes ayant

fait déborder la Tamise, la Severn et les autres rivières. Ces inondations seraient les plus graves depuis soixante ans. En Allemagne, les pluies de 2007 ont aussi été les plus abondantes depuis le début des relevés, en 1901.

12. Les trois termes sont synonymes, le nom de typhon étant plus volontiers employé pour les cyclones qui frappent l'Asie orientale et celui d'ouragan (*hurricane*) pour l'Atlantique et le Pacifique Nord-Est. Une tempête (*tropical storm* pour les Anglo-Saxons) devient un cyclone lorsque les vents excèdent 117 km/h. Une échelle comparative, dite « Saffir-Simpson », a été établie pour calibrer la force des cyclones ; elle comporte cinq niveaux : la catégorie 1 débute au niveau précité de 117 km/h ; la catégorie 3 comporte des vents soufflant de 178 à 209 km/h ; pour le niveau 5, ils dépassent 249 km/h.

13. Le nombre *total* de cyclones – environ 90 par an en moyenne sur la planète – serait stable depuis 1970. Le rapport 2007 du GIEC admet d'ailleurs que, si les ouragans sont plus fréquents dans l'Atlantique Nord en corrélation avec le réchauffement des eaux – une étude récente (*Nature*, janvier 2008) lie précisément le réchauffement d'un demi-degré de la température de l'eau en surface dans le golfe du Mexique, les Caraïbes et l'Atlantique Nord à une augmentation de 40 % des tempêtes dans cette zone –, « il n'y a pas de tendance claire sur le nombre annuel de cyclones tropicaux ». Mais une étude de chercheurs américains montre que le nombre et la proportion d'ouragans des catégories 4 et 5, les deux plus élevées, a presque doublé depuis 1970 sur l'ensemble du globe : il s'en produirait en moyenne 7 à 8 par an, contre 3 il y a un siècle (*Science*, septembre 2005).

14. Les 1 300 morts recensés se situent pour la plupart à La Nouvelle-Orléans, mais aussi dans des États voisins du sud des États-Unis. L'ensemble du golfe du Mexique a été très touché en 2005 : Katrina a été précédée et suivie de deux autres cyclones de force maximale (5), Rita et Wilma ; le cyclone Stan avait causé plus de 2 000 morts au Guatemala peu avant.

15. En 1998, l'ouragan Mitch avait tué 24 000 personnes au Nicaragua. Le Nord-Est australien, habituellement sec, a été balayé en 2006 par le plus violent cyclone recensé depuis trente ans. En 2007, le cyclone Sidr a causé 4 000 morts au Bangladesh et dévasté l'archipel des Sundarbans, qui abrite sur 5 800 km² la plus grande forêt de mangroves du monde. En mai 2008, le typhon Nargis a tué 84 000 personnes en Birmanie. Une récente étude climatologique, publiée par la *Philosophical Transactions of the Royal Society*, montre aussi un doublement du nombre d'ouragans pour l'Atlantique Nord par rapport au début du xx^e siècle. En 2008, on en a compté huit, dont cinq majeurs.

16. La sécheresse de 2007, plus forte que celle de 2006, serait la pire depuis cent treize ans aux États-Unis.

17. L'Espagne, le Portugal, la France, l'Italie (12 000 décès supplémentaires) et le Benelux ont été les plus touchés par ce surcroît de décès, frappant les personnes les plus fragiles (vieux, handicapés, isolés...).

18. On a compté 500 morts en Hongrie, 60 en Roumanie, 65 en Grèce lors de deux canicules successives (juin et juillet 2007), avec des chaleurs dépassant 45 °C ; on a aussi enregistré des décès en Croatie, en Albanie, en Italie du Sud (13 morts) etc.

19. Au total, 280 000 hectares de forêts ont brûlé en Grèce à l'été 2007, y compris près d'Athènes les bois séculaires du mont Parnasse ; de violents incendies ont aussi dévasté au même moment le sud de la Macédoine, la Serbie et la Croatie, et les îles Canaries, qui ont perdu en un été 20 % de leur couverture végétale.

20. Voir *Avis de tempêtes : la nouvelle donne climatique*, de J.-L. Fellous.

21. Les catastrophes naturelles ont coûté aux assureurs (qui ne remboursent que la partie garantie de ces sinistres) 42 milliards de dollars en 2004 et 107 milliards en 2005, dont 48 pour les cyclones Katrina, Rita et Wilma aux États-Unis, qui ont failli conduire le prestigieux Lloyds à la faillite. Selon l'étude *Sigma* de Swiss Re, qui fait référence pour le secteur, le coût global a été nettement plus faible (16 milliards de dollars) pour une année plus faste comme 2006 ; il est remonté à 25 milliards de dollars en 2007 et 50 milliards en 2008 (dont 20 pour l'ouragan Ike). Mais ce coût pour les assureurs ne représente qu'une fraction des dommages totaux, qui approcheraient 200 milliards de dollars (140 milliards d'euros) en 2008, selon Munich Re. Le coût d'un ouragan qui frapperait directement Miami est estimé à plus de 100 milliards de dollars.

22. Selon *Geographical Research Letters*, la surface touchée par la fonte s'est accrue de 42 % au Groenland, tandis que la température en été augmentait de 2,4 °C dans cette zone. Deux études convergentes, se fondant sur des relevés par satellite, situent la perte nette de masse glaciaire subie par le Groenland entre 220 et 240 milliards de tonnes par an, ce qui provoquerait une hausse de 0,6 millimètre par an du niveau des océans ; le rythme de fonte aurait doublé en dix ans (*Science*, février 2006 et août 2007). Une troisième étude (*Science*, octobre 2006) donne un chiffre de pertes plus faible : 100 milliards de tonnes par an entre 2003 et 2005.

23. Dans son rapport 2007, le GIEC estime le recul de la banquise arctique à 2,7 % par an (moyenne depuis 1978). La calotte glaciaire a atteint son minimum absolu en septembre 2007, avec 4,2 millions de km² ; en 2008, son rétrécissement a été un peu moins marqué, mais le niveau subsistant (4,52 millions de km²) demeure inférieur d'un tiers à la moyenne des minima observés entre 1979 (début des relevés par satellite) et 2000, selon le centre américain de données sur la neige et la glace (NSIDC).

24. La fonte de la banquise antarctique concerne essentiellement la zone ouest, d'où se détachent de grands morceaux de banquise (3 000 km² en 2002 !). Mais le réchauffement mesuré est inégal : fort (+ 5 °C en cent ans) dans la péninsule antarctique, il serait négatif (- 0,5 °C) en terre Adélie. Le rapport 2007 du GIEC considère qu'il n'y a finalement pas de tendance démontrée sur l'ensemble polaire Sud. Une étude postérieure confirme un bilan stable pour la partie orientale, tandis que l'Antarctique Ouest et la péninsule de Larsen perdraient deux fois plus de glace qu'il y a dix ans : 190 milliards de tonnes en 2006 ; l'apport à la hausse du niveau des océans est estimé à 0,54 mm/an, chiffre encore faible, mais triple de celui retenu par le GIEC (*Nature Geoscience*, janvier 2008).

25. Le taux de fonte de la glace de mer en Arctique se serait élevé à 37 000 km² par an entre 1978 et 1998, selon le GIEC. L'estimation du Centre américain de recherche sur les glaces publiée en octobre 2006 est plus élevée : 60 000 km² par an. L'épaisseur moyenne de la banquise n'est plus que d'un mètre – la moitié du niveau d'il y a cinq ans –, selon les constats de l'Agence spatiale européenne, à partir de relevés d'Envisat, et du centre précité, corroborés par le brise-glace allemand *Polarstern* et la goélette *Tara*. Pour J.-C. Gascard, responsable du programme européen Damocles, « à ce rythme, la banquise estivale pourrait avoir disparu en 2020 ». Ces résultats dépassent toutes les prévisions antérieures des modèles climatiques.

26. Les stations météo du Népal, du Bhoutan et des autres régions du « Toit du Monde » ont enregistré une hausse moyenne de température de 1,2 °C depuis le milieu des années 1970, et celles du Nord Canada de 0,1 °C par décennie. Des études récentes sur les glaciers alpins montrent un réchauffement en profondeur qui les déstabilise (*Geophysical Research Letters*, août 2007), etc.

27. Une analyse publiée par l'Institut indien de recherche spatiale en mai 2007 à partir de relevés par satellite indique un recul moyen de 20 % des 32 000 km² de glaciers de l'Himalaya depuis les années 1960. Les plus petits glaciers sont les plus touchés, mais les plus grands reculent aussi (de 23 mètres par an, pour le Gangotri, source du Gange et lieu de pèlerinage hindou) et parfois se fragmentent. Les lacs glaciaires se remplissent si vite qu'ils vont faire exploser leurs rives.

28. Ce fait est relevé dans le rapport annuel 2008 du PNUE, qui précise que l'épaisseur des glaciers s'est réduite de 11,5 mètres en moyenne dans le monde depuis 1980. Les glaciers autrichiens ont reculé de 22 mètres en 2007.

29. Selon l'IRD, les glaciers de la Cordillère blanche ont perdu le quart de leur superficie depuis 1970 et 10 % d'entre eux ont disparu entre 1997 et 2003 ; ils désépaissent et leur front recule de 10 à 12 mètres par an.

30. Le centre d'étude de la neige de Météo France indique que la hauteur de la neige aura baissé de 30 à 60 centimètres et la durée d'enneigement continu diminué de 30 à 60 jours par an d'ici 2050. L'augmentation des précipitations n'améliorera rien, car elles se feront plus sous forme de pluie que de neige.

31. Les océans se sont élevés de 17 centimètres au cours du xx^e siècle, selon le GIEC. La montée annuelle de leur niveau s'est accélérée depuis 1993, atteignant 3 millimètres par an – estimation confirmée par les relevés de la NASA et ceux des satellites français Topex puis Jason –, soit 30 centimètres par siècle, contre 1,8 mm/an depuis 1950.

32. Cette entrée plus tardive en hibernation a été observée aussi bien sur des marmottes que sur des chauves-souris ou des grenouilles. L'ours brun espagnol aurait même renoncé depuis quelques années à hiberner.

33. Cela a été observé en France pour les mésanges bleues, entre autres ; en Grande-Bretagne, sur vingt espèces observées la date d'éclosion de la couvée a été avancée de neuf jours en moyenne entre 1971 et 1995 (*Annual Review of Ecology*, octobre 2006).

34. Canards, oies et grues demeurent plus longtemps en Scandinavie, tandis que les grands migrateurs raccourcissent leurs voyages vers le Sud ou même passent l'hiver en Europe.

35. Le héron garde-bœuf, le guêpier d'Europe et le bruant zizi, habitués du Midi, migrent vers la Picardie et le Nord, tandis que des espèces comme le contre-faisan et la mésange boréale partent vers la Belgique et l'Allemagne.

36. La pyrale apparaît en Belgique et compte en France jusqu'à trois générations annuelles alors qu'elle se limitait précédemment à une ; la sésamie, autre papillon dont les larves se nourrissent des tiges et épis de maïs, apparaît dans le Centre et en Normandie alors qu'elle était cantonnée à des zones plus méridionales. La carpocapse des pommiers et poiriers compte désormais aussi trois générations par an, comme au Maroc. Les pucerons, qui attaquent pommes de terre et betteraves, apparaissent un mois plus tôt qu'il y a trente ans, selon l'INRA. Quant à la chenille processionnaire, qui a besoin de températures supérieures à 0 °C la nuit et à 9 °C le jour pour se nourrir, elle trouve ses conditions de plus en plus loin au nord : son « front » progresserait de 5 kilomètres par an. Il en va de même pour la noctuelle de la tomate (voir chapitre VIII).

37. Une étude portant sur plus de 1 700 espèces différentes montre que l'apparition des fleurs et la ponte des oiseaux sont plus précoces ; les marmottes du Colorado terminent leur hibernation trois semaines plus tôt que dans les années 1970 ; globalement, le calendrier biologique a été avancé de trois à vingt-quatre jours, et nombre d'espèces, des

papillons aux mollusques marins, ont déplacé leur territoire plus au nord (*Nature*, janvier 2003).

38. Le zooplancton, composé de minuscules crustacés, a un rôle essentiel pour la nourriture des poissons ; une étude montre que des espèces tropicales se sont déplacées jusqu'en mer du Nord (*Science*, mai 2002).

39. L'INRA a observé que la floraison des arbres fruitiers intervient, en France, dix à quinze jours plus tôt qu'il y a cinquante ans, et que la période des vendanges a avancé par endroits d'un mois en un siècle.

40. Les semis de maïs en France ont été avancés d'un mois depuis 1970. Pour l'ensemble des plantes, la survenue du printemps aurait progressé de deux jours et demi par décennie depuis trente ans. Une étude conduite par A. Menzel et portant sur 542 espèces végétales dans 21 pays d'Europe a montré que près des quatre cinquièmes connaissent une éclosion plus précoce. On vient de constater une avancée de cinq jours en vingt ans de l'apparition des feuilles dans les forêts boréales eurasiennes (*Global Change Biology*, août 2006 et mars 2008).

41. Une étude portant sur six massifs montagneux français et 171 espèces montre que, entre 1971 et 1993, les végétaux ont grimpé de 65 mètres sur leurs pentes, soit près de 3 mètres par an (*Science*, juin 2008).

42. Lors de colloques organisés en mars 2007 par l'INRA et l'université de Bourgogne. E. Le Roy Ladurie a rappelé que la précocité des vendanges de 2003 (commencées le 19 août en Bourgogne) n'avait été approchée qu'en... 1523. Depuis 1950, la bande géographique favorable à la culture de la vigne s'est, selon G. Jones, déplacée entre 80 et 240 kilomètres vers les pôles, tandis que son cycle de maturation se raccourcissait de 6 à 17 jours selon les régions. 1 °C supplémentaire équivaldrait à une remontée de la ligne viticole de 180 kilomètres vers le nord. Par ailleurs, le réchauffement renforce des maladies comme le mildiou et l'oïdium.

43. Animaux et végétaux progresseraient vers le nord de 6 kilomètres par décennie (*Nature*, cf. note 37). Chaleur et humidité font le bonheur des cueilleurs de champignons, des deux côtés de l'Atlantique ; une étude intéressant 315 espèces montre que la période où on les trouve a plus que doublé, passant de 33,2 jours en moyenne en 1950 à 78 jours actuellement (*Science*, avril 2007).

44. La température à la surface de Vénus dépasse 400 °C et il y pleut de l'acide sulfurique. Bien que cette planète, très voisine de la Terre par sa taille, soit plus proche du Soleil que la nôtre, cette chaleur excessive provient bien plus de l'effet de serre que de sa proximité.

45. Le dioxyde de carbone met au moins un siècle à se dissiper partiellement ; le méthane (CH₄) a un effet de serre cent fois plus fort dans ses premières années, mais se dissipe plus vite : la moitié s'élimine de l'atmosphère en dix à douze ans ; au bout d'un siècle, sa valeur n'est plus que vingt-cinq fois celle du CO₂ (*La Recherche*, mars 2008).

46. Quatre autres gaz à effet de serre, dont l'apport est plus faible, sont retenus par les accords de Kyoto : le protoxyde d'azote (N₂O) ; les hydrofluorocarbones (HFC) ; les hydrocarbures perfluorés (PFC) ; et l'hexafluorure de soufre (SF₆). Les chlorofluorocarbones (CFC) destructeurs de la couche d'ozone jouent aussi un rôle dans l'effet de serre, mais les mesures déjà prises les font reculer.

47. La concentration de CO₂ dans l'atmosphère atteinte en 2007, soit 385 parties par milliard, dépasse largement les niveaux (variant entre 172 et 300 ppm) trouvés dans les « carottes » glaciaires antarctiques qui racontent l'histoire du climat depuis huit cent mille

ans, comme l'ont montré les travaux du projet Epica (European Project for Ice Coring in Antarctica) du Pr Jean Jouzel. Il en est de même pour le méthane, dont la teneur a varié entre 350 et 800 ppm contre 1 770 actuellement (*Nature*, mai 2008).

48. Le rapport 2007 du GIEC indique que la croissance des émissions annuelles de CO₂ est passée de 1,4 ppm par an depuis 1960 à 1,9 par an sur la période 1995-2005. Une étude récente (*PNAS*, mai 2007) l'évalue même à 3 ppm par an sur la période 2000-2004, dépassant les scénarios les plus pessimistes ; elle attribue cette accélération pour 70 % à la poussée industrielle chinoise, largement fondée sur le charbon, mais aussi à une baisse de l'« efficacité carbone » (la quantité de carbone émise par unité de PIB) des économies occidentales.

49. Le volume de CO₂ restant dans l'atmosphère aurait augmenté de 35 % entre le début des années 1990 et la période 2000-2005 (10 milliards de tonnes par an contre 7 milliards à l'époque) selon une étude parue dans *PNAS* en octobre 2007 ; la croissance économique serait à l'origine des deux tiers de ce dérapage, le reste se partageant par moitiés entre la stagnation de l'efficacité énergétique – constatée au niveau mondial depuis 2000 – et le déclin de la capacité d'absorption des forêts et océans.

50. *Perspectives environnementales pour 2030*, OCDE, 2008.

51. Dans le précédent rapport du GIEC, elle n'était jugée que « probable », c'est-à-dire ayant plus de 2 chances sur 3 d'être juste, et l'origine anthropique de l'augmentation des GES était moins clairement marquée. Il y a moins de 5 % de chances que le changement climatique puisse être expliqué sans « forçage externe ». Sur l'échelle des probabilités utilisée, voir p. 23.

52. L'ensemble des émissions planétaires de GES s'élevait en 2005 à 49 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ (soit 13 milliards de TEC), dont 31,4 pour le dioxyde de carbone proprement dit ; le reste des émissions de GES vient surtout de l'agriculture, de l'élevage et du changement d'affectation des sols – déforestation notamment voir tableau p. 21.

53. La combustion de combustibles fossiles cause à elle seule les deux tiers des émissions de GES et les trois quarts de celles de CO₂ (26 milliards de tonnes annuelles sur 31, soit 7,2 milliards de tonnes de carbone contenu). 41 % des combustibles fossiles utilisés servent à produire de l'énergie (électricité notamment) ; 24 % sont utilisés directement dans les transports ; 20 % par l'industrie ; et les 15 % restants par l'agriculture et l'habitat (chauffage des logements).

54. La concentration de méthane dans l'atmosphère a continué à augmenter de 10 % par décennie jusqu'à la fin du xx^e siècle, atteignant 1,77 ppm en 2005 contre 0,7 dans l'ère préindustrielle ; après s'être ralentie pendant neuf ans (selon une étude publiée en septembre 2006 dans *Nature*, ce ralentissement temporaire serait dû à la sécheresse réduisant les émissions provenant de zones inondées), elle s'est accrue de 0,5 %, soit 27 millions de tonnes supplémentaires, en 2007, selon les relevés de la National Oceanic and Atmospheric Administration américaine.

55. L'élevage bovin et ovin est la source de près de 20 % des 500 à 600 milliards de tonnes de méthane émises chaque année sur la planète, du fait de la digestion des ruminants. Une autre source est la décomposition de la matière organique dans les rizières et les champs. Au total, les deux tiers du méthane émis proviennent de l'activité humaine (les mines de charbon, décharges et émissions des véhicules s'ajoutant aux effets précités), mais un tiers est d'origine naturelle : feux de forêt, marécages... les termites même y contribuent !

56. L'élevage, les engrais azotés et l'action de micro-organismes dans le sol et l'eau produisent du protoxyde d'azote (N_2O), dont le potentiel de réchauffement est 296 fois supérieur à celui du CO_2 ; mais ces émissions augmentent moins vite que celles de méthane. L'agriculture et l'élevage comptent pour environ 14 % des émissions *totales* de GES (plus de 6 milliards de tonnes d'équivalent- CO_2 en 2005) : plus d'un tiers de ce chiffre provient du N_2O , un autre tiers du méthane émis par l'élevage et l'agriculture, le reste des tourbières, des feux, du fumier, etc. Près des trois quarts de ces émissions viennent du monde en développement.

57. Le GIEC réunit les pays membres de l'OMM et du PNUE et de nombreuses ONG actives dans le domaine du climat. Il est présidé par l'ingénieur et économiste indien Rajendra Pachauri. Son secrétariat organise une assemblée plénière annuelle et pilote les révisions périodiques de ses rapports de synthèse. 3 750 experts de tous bords – climatologues, agronomes, énergéticiens, économistes, sociologues... – travaillant en réseau alimentent les auteurs et réviseurs de ces synthèses, qui sont ensuite réexaminées et adoptées en conférence plénière par des représentants officiels désignés par leurs gouvernements et organisations respectifs – méthode contestée mais qui n'entache pas la qualité généralement reconnue des travaux du GIEC.

58. Le Groupe a constamment amélioré ses outils, qui font largement appel aux grands programmes de recherches de l'OMM et aux relevés par satellite : 30 000 contributions ont été reçues par les 552 auteurs du rapport ; 23 modèles sont utilisés concurremment pour établir l'horizon 2100 ; comme le dit joliment le chercheur J. Polcher, du CNRS, « il n'y a pas un modèle meilleur que les autres, c'est la moyenne de tous les modèles qui est la meilleure » ; cette moyenne n'est pas *la* vérité, mais « un bruit aléatoire autour de la vérité ».

59. Le rapport complet d'évaluation du GIEC, comportant 900 pages et 3 parties (constat scientifique ; impacts et possibilités d'adaptation ; solutions proposées pour maîtriser les émissions de GES), lui-même préparé en avril 2006 par un rapport scientifique établi par un comité présidé par la climatologue américaine Susan Solomon, a été en fait fractionné en plusieurs publications, s'étalant de février à novembre 2007.

60. Une gradation correspondante existe pour le degré de confiance à accorder aux conclusions présentées par le GIEC : « très grande confiance » veut dire au moins 90 % de chances d'être exacte, « grande confiance » 8 chances sur 10, « confiance moyenne » 5 chances sur 10.

61. Celles de CO_2 passeraient de 31 milliards de tonnes en 2005 à 57 en 2050.

62. Cette prévision tient compte du fait qu'une moitié seulement du carbone contenu dans le gaz carbonique et le méthane se retrouve durablement dans l'atmosphère : c'est ainsi que 45 % seulement des 400 milliards de tonnes de carbone émises par l'activité humaine depuis deux siècles sont demeurées en suspension. Mais même si la moitié seulement des 1 500 milliards TEC à émettre au XXI^e siècle restent dans l'atmosphère, cela correspondrait à un doublement du volume de carbone actuellement présent (qui est de 785 milliards de tonnes).

63. L'effort ne peut évidemment être fait d'un seul coup, mais il sera d'autant plus sévère qu'il commencera tard. Par exemple, atteindre l'objectif ambitieux d'une stabilisation de la teneur de l'atmosphère en CO_2 à 450 ppm impliquerait de réduire les émissions de 1,5 % par an si l'on commence tout de suite, mais de 3 % l'an si cet effort est retardé de sept ans. Pour une stabilisation à 550 ppm, il faudrait réduire les émissions de 0,5 %

par an dès à présent, ou de 1 % par an si l'effort commence dans dix ans (*Climatic Change*, mars 2008).

64. La fourchette indiquée par le GIEC est de 2 à 5,2 °C. Dans l'intervalle, les émissions annuelles de GES s'accroîtraient de 25 à 90 % entre 2000 et 2030, selon les différents scénarios retenus par le GIEC.

65. La persistance est moins forte dans le cas du méthane ; cf. note 45 ci-dessus.

66. Selon une étude du Centre britannique de prédiction climatique, cette modification de la biosphère causerait un réchauffement de 2,5 °C à l'horizon 2100, s'ajoutant à 5,5 °C directement dus à l'effet de serre : au total, 8 °C de plus de température moyenne sur la Terre en un siècle !

67. Le rythme de réchauffement de 0,2 °C par décennie supposé ici est celui déjà observé depuis vingt ans.

68. Les estimations centrales d'augmentation des températures par rapport à 1990 dans les six principaux scénarios de la synthèse publiée en 2007 par le GIEC s'étagent en fait entre + 1,8 et + 4 °C pour la dernière décennie du XXI^e siècle, comparée aux années 1980 à 1999. Le scénario *pessimiste* (fourchette de + 2,4 à + 6,4 °C) correspond à une situation de laisser-aller ; à l'inverse, le scénario *optimiste* (+ 1,1 à + 2,9 °C) correspond à une politique volontariste de développement durable. La fourchette centrale est légèrement plus resserrée que celle du rapport de 2001, qui donnait une prévision de réchauffement de 1,4 à 5,8 °C à l'horizon 2100. Ces estimations comportent en hypothèse moyenne une concentration atmosphérique en CO₂ de 745 ppm, à peu près double du niveau actuel mais supposant déjà un freinage des émissions. L'hypothèse basse correspond à 550 ppm de CO₂ en 2100.

69. Le monde a déjà connu des températures aussi élevées : par exemple, au crétacé, il y a cent millions d'années, il faisait 6 °C de plus sur Terre que de nos jours. Mais notre planète était alors peuplée de dinosaures et non d'humains ! Et le rythme de ces changements de température était celui des temps géologiques, alors que nous parlons ici de changements profonds en quelques générations.

70. Mais beaucoup plus (+ 6 °C) en Europe du Nord.

71. Ces prévisions, auxquelles le GIEC attribue plus de 2 chances sur 3 de se produire, sont faites à l'horizon 2080, donc à l'échelle de nos petits-enfants et arrière-petits enfants. La famine toucherait 200 à 600 millions de personnes ; le manque d'eau potable concernerait 1,1 à 3,2 milliards d'humains ; et 2 à 7 millions d'habitants supplémentaires seraient concernés par les inondations chaque année. La largeur de ces fourchettes s'explique autant par des compromis politiques que par l'incertitude scientifique.

72. Dans la terminologie du GIEC, la multiplication des canicules est « hautement probable » (plus de 95 % de chances de se produire), l'élévation de température en été comme en hiver dans la plupart des régions étant, elle, « quasi certaine » (plus de 99 % de probabilité). Les vagues de chaleur seraient plus intenses et plus longues notamment en Amérique du Nord.

73. Les températures pourraient dépasser 40 °C dans le sud de l'Europe et une large partie des États-Unis, et même 50 °C en Inde et en Afrique du Nord, ainsi qu'au Moyen-Orient, dans les régions sahéliennes, en Australie et dans une partie de l'Amérique du Sud (*Geophysical Research Letters*, août 2008).

74. Selon le Pr Lonnie Thomson, de l'Université de l'Ohio, les ultimes neiges du Kilimandjaro auront définitivement disparu en 2015, et les derniers glaciers du Montana en 2030.

75. Il s'agit du Gange, du Brahmapoutre et de l'Indus. Dans un premier temps, la fonte des glaces accroîtra leur débit, qui serait maximal vers le milieu de ce siècle ; puis, leur alimentation baissant (80 % des eaux du Gange, par exemple, proviennent de la fonte des glaciers), ces fleuves s'assècheront partiellement ; selon le rapport 2007 du GIEC, ils pourraient devenir saisonniers.

76. La limite inférieure des neiges devrait monter de 300 mètres, ce qui réduira le domaine skiable de 60 %, selon l'étude Alteam de l'Union européenne. Une étude prospective publiée par l'OCDE en janvier 2007, *Changements climatiques dans les Alpes européennes*, estime que sur 666 domaines skiables en France, Allemagne, Italie et Suisse, 400 seulement subsisteront si la température s'élève de 2 °C en moyenne, et seulement 200, soit moins du tiers, si elle monte de 4 °C. L'Allemagne perdrait 96 % de ses stations, les zones de moyenne montagne étant évidemment les plus touchées. Et les « canons à neige » sont inefficaces s'il ne fait pas assez froid... « La neige : une espèce en danger », proclame sans vergogne le dernier slogan publicitaire d'Aspen, au Colorado, pour attirer le chaland en altitude...

77. De tels phénomènes dépasseraient largement l'horizon 2100 : ils sont à l'échelle de quelques siècles au moins ; on parlait même jusqu'à présent de millénaires, mais une récente étude montre que la débâcle des glaces recouvrant l'Amérique du Nord s'est faite, il y a sept à neuf mille ans, en deux épisodes de cinq puis huit siècles seulement, avec un rythme de hausse du niveau des océans atteignant 1,3 mètre par siècle lors du premier de ces épisodes (*Nature Geoscience*, septembre 2008). L'hypothèse d'une fonte relativement rapide est confortée par des constatations récentes sur la « lubrification » par le réchauffement de la base de la calotte glaciaire groenlandaise (l'inlandsis), qui favorise le glissement des glaces et leur effondrement dans la mer. Quel qu'en soit le rythme, la hausse des eaux serait considérable : 6 à 7 mètres si toute la calotte glaciaire du Groenland fondait, plus 5 mètres si les glaces de l'Antarctique occidental faisaient de même – et même 65 mètres si toutes les glaces arctiques et surtout antarctiques les rejoignaient ! L'hypothèse reste contestée, car le changement climatique augmentera les précipitations et donc, au moins dans un premier temps, la quantité de neige... Quoi qu'il en soit, le rapport 2007 du GIEC estime que la fonte nette des glaces polaires groenlandaises et arctiques se poursuit et attribue un « degré de confiance moyen » à l'hypothèse d'une fonte partielle conduisant à une hausse du niveau de la mer de 4 à 6 mètres.

Petite consolation, de nouvelles lignes maritimes (et des zones de prospection pétrolières) devraient s'ouvrir dans l'océan Arctique désormais de plus en plus souvent dégelé. Une rivalité apparaît entre États riverains pour l'appropriation de ces régions : Russes, Canadiens, Américains et Danois se disputent les confins du Groenland, la mer de Beaufort et l'extrême Arctique, qui serait aussi riche en hydrocarbures que le golfe Persique (un quart des ressources pétrolières mondiales, selon certains). Européens et Américains jugent que le passage du Nord-Ouest doit être un détroit international libre d'accès, mais le Canada y revendique une « souveraineté historique ». Le même type de question se pose avec les Russes pour son pendant du Nord-Est, longeant la Sibérie. Selon la NASA, ces deux routes maritimes, raccourcissant le trajet Europe-Japon ou États-Unis-Asie orientale d'un tiers environ et évitant les canaux de Suez et de Panama, devraient être libres de glaces plusieurs mois par an dès 2030.

78. Ce sont les bornes extrêmes de la montée possible des eaux dans les six scénarios principaux du dernier rapport (2007) du GIEC (le centre de la fourchette s'établit à 18-43 centimètres). Ces bornes étaient plus écartées dans le rapport de 2001 : de 9 centi-

mètres seulement à près de 1 mètre (88 centimètres). L'estimation ne tient compte que de la fonte des glaces à son rythme actuel. Le gonflement du volume des eaux, produit aussi par leur propre réchauffement, et les effets complets du « cycle du carbone » restent très difficiles à modéliser.

79. Le relèvement du niveau des océans par dilatation thermique et fonte accrue des glaces pourrait en fait dépasser 1 mètre d'ici 2100 (*Science*, décembre 2006 et février 2007, et septembre 2008, étude donnant une fourchette de hausse de 80 centimètres à 2 mètres en 2100). On a montré que le niveau des mers s'était élevé de 1,6 mètre par siècle lors de la dernière période interglaciaire, pour atteindre un niveau supérieur de 4 à 6 mètres à l'actuel (*Nature Geoscience*, décembre 2007) ; voir aussi note 77 ci-dessus. Pour le Pr Pierre Humbert, « la plupart des glaciologues considèrent désormais que les estimations du GIEC sont un minimum absolu. Il est certain que la réalité dépassera ces projections » ; et pour le climatologue E. Bard, « une majorité de spécialistes estime qu'une augmentation d'un mètre en 2100 est le scénario le plus probable ».

80. Même en cas de stabilisation des concentrations de GES au cours de ce siècle, la dilatation due au réchauffement des eaux « devrait continuer pendant de nombreux siècles », provoquant « une élévation finale beaucoup plus importante que ce qui est simulé pour le XXI^e siècle », selon le rapport du GIEC. La lenteur de cette répercussion est due à l'inertie thermique des océans. Le niveau des mers monterait d'au moins 30 à 80 centimètres, mais peut-être de plusieurs mètres en fonction de la réaction, elle aussi lente, des calottes glaciaires.

81. Selon Bette Otto-Bliesner et ses collègues du National Center for Atmospheric Research, la reproduction des conditions climatiques de la dernière période interglaciaire (entre 130 000 et 116 000 ans avant J.-C.) ferait monter les eaux de 2,2 à 3,4 mètres, sous l'effet de la fonte d'une partie des glaces du Groenland et de l'Antarctique. D'autres chercheurs comme J. Overpeck (*Science*, mars 2006) évaluent, en se fondant sur l'étude des coraux, cette montée des océans à 4 à 6 mètres, ce qui provoquerait une catastrophe planétaire. Ce chiffre a été confirmé en 2007, à partir de l'étude de sédiments marins, par les chercheurs du laboratoire français des sciences du climat (LSCE). Le GIEC, dont l'estimation maximale plus modérée ne concerne que le XXI^e siècle, rappelle lui aussi que le niveau des eaux était plus élevé de 4 à 6 mètres lors de la dernière période interglaciaire, avec des températures polaires à cette époque plus élevées de 3 à 5 °C qu'au cours du XX^e siècle.

82. Le cas des Pays-Bas est particulièrement difficile, 55 % de leur territoire se trouvant déjà au-dessous du niveau de la mer. Les Hollandais, qui ont une longue expérience de ce combat contre les eaux et dépensent déjà 7 % de leur produit national pour lutter contre les incursions marines, ont commencé à réagir en aménageant des zones-déversoirs pour les crues et en rehaussant les digues ; ils conçoivent même des maisons flottantes sur pilotis !

83. Depuis la crue catastrophique de 1996, des solutions se mettent en place, notamment la construction de barrières protectrices ; mais leur effet sur l'écosystème fragile de la lagune est controversé. En tout état de cause, l'ensemble de la ville est aujourd'hui plus proche du niveau de l'eau de 26 centimètres qu'il y a un siècle.

84. Selon un rapport publié en juillet 2007 par Peter Frumhoff et une cinquantaine d'universitaires et chercheurs, qui supposent une hausse des températures dans cette région allant de 3 à 6 °C l'hiver et de 1,5 à 14 °C l'été, des villes comme New York ou

Boston connaîtraient des inondations fréquentes et catastrophiques ; Manhattan serait partiellement sous les eaux tous les cinq ans !

85. Les marées anormalement élevées, remontant la Tamise sur une cinquantaine de kilomètres jusqu'à Londres, deviennent plus fréquentes ; or la région de l'estuaire, très plate et très peuplée, est facilement inondable. L'Unesco a souligné les risques pour la capitale britannique. Une décision sur la construction de la seconde barrière – qui se situerait à l'est d'une première barrière, déjà construite en 1981 – pourrait être prise en 2008.

86. Le tiers du territoire du Bangladesh se situe au-dessous du niveau de la mer ; les experts estiment que 14 millions d'habitants devront quitter leurs foyers d'ici 2030 du fait de la montée des eaux. 30 % des infrastructures côtières de l'Afrique pourraient, à terme, être inondés. Sur 21 villes qui compteront plus de 10 millions d'habitants en 2015, 16 se trouvent en zone côtière. Le GIEC souligne (avec un degré de confiance très fort : plus de 90 %) que les « mégadelas d'Asie et d'Afrique » et les petites îles sont « particulièrement vulnérables ». La Papouasie-Nouvelle-Guinée a déjà dû évacuer les habitants des îles Carteret, tandis que le Vanuatu abandonnait l'île de Tegua ; Majuro, la capitale des îles Marshall, est menacée, et la côte des îles Fidji rétrécit. 3 000 personnes ont déjà fui Tuvalu et demandé l'asile en Australie et en Nouvelle-Zélande. La Papouasie, les îles Kiribati, la Micronésie voient leurs récoltes ruinées par l'érosion et la salinisation.

87. Une fréquence accrue des « précipitations intenses » est jugée « très probable » par le GIEC. Si la hausse de température atteint 4 °C, un cinquième de la population mondiale pourrait être confronté à des inondations. Il en résulterait des « inondations éclair » à l'intérieur des terres, des inondations côtières plus fréquentes, et une augmentation de l'érosion par les tempêtes. L'accroissement de l'intensité des cyclones est seulement jugé « probable » ; mais, selon l'étude précitée (note 13) de MM. Holland et Webster, une hausse de 1 à 2 °C de la température des eaux de l'Atlantique Nord pourrait se traduire par une moyenne de 10 à 15 ouragans par an contre 8 par an actuellement.

88. Étude de 2006. Cette humidité accrue ne concernerait pas l'Ouest des États-Unis, perturbé par le phénomène El Niño. Selon des chercheurs britanniques, l'augmentation des précipitations annuelles a été de 9 millimètres au cours du xx^e siècle sur l'ensemble de la Terre (Antarctique exclu).

89. De même que le réchauffement serait plus marqué aux hautes latitudes, l'augmentation des pluies viserait surtout les moyennes et hautes latitudes (en Europe, au nord d'une ligne Lyon/Kiev), principalement en hiver – hypothèse « très probable » selon le GIEC. Une étude publiée en juillet 2007 dans *Nature* confirme que le changement climatique entraînerait une hausse des précipitations entre 40 et 70 ° de latitude nord (Russie, Canada, Europe) ainsi qu'entre l'équateur et 30 ° de latitude sud, tandis qu'une aridité accrue frapperait les régions tropicales nord (Mexique et Amérique centrale, Afrique du Nord, notamment les zones sahéliennes déjà en cours de désertification...). Selon une étude de J. Smol et M. Douglas, dans *PNAS*, de nombreux lacs de l'Arctique canadien se sont asséchés ; une riche biodiversité (oiseaux, insectes et invertébrés) est ainsi menacée.

90. En effet, non seulement il pleuvra globalement moins dans ces régions mais le profil saisonnier changera : il pleuvra un peu plus en hiver et nettement moins en été. La disponibilité en eau baisserait de 5 à 35 % autour du bassin méditerranéen d'ici la fin du xxi^e siècle ; dans l'hypothèse moyenne, l'Europe du Sud aurait 90 % de « chances » de perdre 20 % de ses ressources en eau. Pour le GIEC, la perte de 20 % des ressources en eau d'ici 2100 est d'ailleurs probable dans *la plupart* des zones tropicales du monde.

91. La France enregistre un déficit de pluies depuis 2003, y compris dans le bassin parisien. Cette sécheresse relative oblige à introduire des restrictions d'usage de l'eau en été ; elles ont dû être appliquées dans 50 départements français en 2005, 35 en 2006, mais 10 seulement en 2007.

92. Une étude publiée en juillet 2008 par la BEI et le PNUE prévoit une hausse moyenne des températures de 2,2 à 5,1 °C en moyenne, avec une baisse de 4 à 27 % de la pluviométrie et une hausse du niveau de la mer de 35 centimètres. L'agriculture et la pêche connaîtraient des baisses de rendement de 10 à 50 % selon les pays.

93. Le Labrador et le nord du Québec se situent entre le 50° et le 60° parallèle, comme le Royaume-Uni (50° au 58° parallèle) ou notre région Nord-Pas-de-Calais (elle se trouve entre le 50° et le 51° parallèle) qui leur font face de l'autre côté de l'Atlantique. L'écart de température entre les deux rives de cet océan est de 8 à 10 °C en moyenne annuelle ; il atteint 15 °C en hiver. De même, le « Québec utile », beaucoup plus froid que la France, se situe entre le 45° parallèle (celui de Bordeaux, Valence et Grenoble) et le 49° (celui de Paris).

94. Pour le chercheur britannique Harry Bryden, (*Nature*, décembre 2005), la branche du Gulf Stream réchauffant l'Atlantique Nord, appelée « dérive Nord-Atlantique », a vu son débit se réduire de 30 % environ au cours du dernier demi-siècle (14 millions de m³ par seconde en 2004 contre 20 en 1957). Cette baisse serait liée à une moindre salinité des eaux atlantiques, elle-même due à la fonte des glaces arctiques et groenlandaises ainsi qu'à des précipitations plus fortes : moins salée et donc moins dense, l'eau demeure en surface et est moins facilement remplacée par les eaux tièdes provenant du golfe. Le rapport GIEC 2007 juge « très probable » un ralentissement (de 25 % en moyenne) du Gulf Stream au cours du XXI^e siècle.

95. Au moins le tiers du gaz carbonique que nous émettons se dissout dans les océans, où il augmente la concentration en ions hydrogène et fait chuter la part des carbonates ; le pH moyen de la surface des océans a déjà baissé de 0,1 point depuis l'ère préindustrielle (ce qui signifie une acidité accrue) ; le XXI^e siècle connaîtrait une baisse additionnelle du pH de 0,14 à 0,35 point, selon le GIEC, qui prévoit « des conséquences néfastes sur les organismes marins à coquille (par exemple les coraux) et les espèces qui en dépendent ».

96. L'accroissement simultané de la température et du CO₂ ambiant, intensifiant la photosynthèse, entraînerait une augmentation de 20 % des rendements du maïs et du soja dans le Middle West américain ainsi qu'une croissance accrue de 6 % de la biomasse végétale (*Science*, février et juin 2003). L'INRA note, de son côté, une croissance plus rapide des forêts françaises – jusqu'à 150 % d'accélération pour les sapins !

97. Tout en reconnaissant les avantages d'un changement climatique modéré pour les régions nordiques (moindres besoins de chauffage, productions agricoles et croissance des forêts accrues), le GIEC juge probable à 80 % qu'en cas de réchauffement plus marqué (3 °C), « les impacts négatifs (fréquence des inondations en hiver, dégradation d'écosystèmes et déstabilisation des sols) l'emporteront probablement partout sur les bénéfices ». Dans d'autres régions, polaires ou équatoriales, un réchauffement même faible suffit à entraîner des impacts négatifs.

98. Le rapport présenté par N. Stern en octobre 2006 a établi une gradation des malheurs qui nous attendent pour chaque degré supplémentaire de réchauffement au cours de ce siècle : Pour un degré de plus, les petits glaciers des Andes disparaissent ; 300 000 personnes supplémentaires meurent chaque année de diarrhée, malaria ou mal-

nutrition ; 80 % des coraux sont touchés ; le dégel déstabilise maisons et routes dans le Nord canadien et sibérien. Pour 2 °C, l'eau disponible en Méditerranée et dans le sud de l'Afrique diminue de 20 à 30 % ; les récoltes chutent de 5 à 10 % en Afrique tropicale ; la malaria touche 50 millions de personnes supplémentaires, les inondations côtières 10 millions de personnes chaque année ; 15 à 40 % des espèces sont en danger ; la fonte des glaces du Groenland s'accélère. Pour 3 °C, l'Europe du Sud est sévèrement touchée, avec une sécheresse forte tous les dix ans ; 4 milliards d'humains souffrent du manque d'eau et le reste... d'inondations ; 25 à 50 % des espèces sont en voie d'extinction ; la famine tue 3 millions d'hommes de plus chaque année ; la mousson et le Gulf Stream risquent de s'arrêter ; les glaces de l'Antarctique ouest partent à la dérive. Pour 4 °C, la ressource en eau diminue de moitié autour de la Méditerranée ; les récoltes chutent de 15 à 35 % en Afrique ; des pans entiers de l'Australie retournent au désert. Pour 5 °C, les derniers glaciers disparaissent jusque dans l'Himalaya ; le quart des populations chinoise et indienne est privé d'eau ; New York, Londres et Tokyo se retrouvent partiellement sous la mer ; l'acidification des océans compromet gravement l'écosystème marin. À 6 °C d'augmentation, nul n'ose imaginer ce qui se passerait ! L'hypothèse pessimiste la plus haute des prévisions du GIEC est pourtant bien une augmentation de 6,4 °C de la température du globe d'ici 2100 (cf. note 68)...

99. Il s'agit du scénario « B1 » du GIEC, impliquant des technologies plus efficaces, un moindre recours aux énergies fossiles, et des efforts résolus pour protéger l'environnement.

100. Du fait de l'inertie thermique de l'océan profond, le réchauffement de la basse atmosphère survivra pendant longtemps même à une décroissance de la quantité de GES atmosphériques ; une stabilisation durable du climat nécessiterait un arrêt quasi complet de toute émission ! (*Geophysical Research Letters*, mars 2008).

101. Sur James Hansen, voir chapitre II, note 13. Les déclarations citées ont été faites en décembre 2005 devant le congrès de l'American Geophysical Union. J. Hansen a accusé la NASA de chercher à censurer ses propos.

102. L'effet « boule de neige » d'une accumulation initiale de CO₂, provoquant en quelques siècles un fort réchauffement qui met ensuite plusieurs centaines de milliers d'années à se dissiper, est illustré par la « crise du paléocène » (+ 5 °C, il y a 55 millions d'années) ; voir *Futur empoisonné*, d'A. Nicolas (2007).

103. Selon le GIEC, l'aire couverte par le permafrost a décliné de 7 % dans l'hémisphère Nord depuis 1900. Il prédit un « large accroissement » de sa fonte dans la plupart des régions froides. Une nouvelle étude montre que le « signal thermique » de la contraction de la banquise se traduit par un réchauffement jusqu'à 1 500 kilomètres à l'intérieur des terres ; en 2007, la glace arctique a été inférieure de 40 % à la valeur moyenne des années 1980 et les températures sur le continent ont augmenté de 2 °C par rapport aux vingt années précédentes ; le dégel du pergélisol le transformerait en marais où démarrait une décomposition microbienne de la biomasse, dégageant du méthane – et un supplément de chaleur ! (*Geophysical Research Letters*, juin 2008).

104. Une récente étude montre que le dégel du permafrost a déjà été à l'origine du doublement des concentrations atmosphériques de méthane à la fin de la dernière glaciation, entre – 18 000 et – 11 000 ans (*Nature*, avril 2008). Le méthane dégagé par le dégel du permafrost arctique et sibérien ou des hydrates du fond des océans porterait sur des quantités énormes – doubles de l'ensemble des réserves connues de combustibles fossiles.

Ce dégel entraînerait alors une véritable « bifurcation climatique » (*Science*, février 2003, et étude précitée).

105. Les hydrates de méthane du plateau continental sibérien, couverts par une mer peu profonde (40 mètres) et en cours de réchauffement, seraient particulièrement susceptibles de libérer du méthane – jusqu'à 50 milliards de tonnes soit dix fois la quantité déjà présente dans l'atmosphère, selon les auteurs de *Le Méthane et le destin de la Terre*.

106. Le rapport 2007 du GIEC relève lui-même que la gamme élargie des modèles disponibles par rapport à ses travaux précédents « suggère une rétroaction plus forte du cycle climat-carbone ». Actuellement, 46 % seulement des émissions de CO₂ d'origine humaine demeurent dans l'atmosphère, le reste étant capturé par les sols, la végétation et surtout les océans ; si leur performance diminue, l'effet de serre s'accélérera, selon *Climatic Change* (cf. note 63). Une étude récente montre justement une diminution d'environ 8 % (par rapport au niveau d'il y a cinquante ans) de cette capacité d'absorption des forêts et océans (*PNAS*, octobre 2007).

107. Selon la climatologue française S. Jousseau, confortée par une étude de C. Le Quéré publiée dans *Science* en mai 2007, l'océan Austral, qui représente environ 15 % de tous les « puits de carbone » naturels, verrait son efficacité diminuer sensiblement ; ce sont ainsi 8 millions de tonnes annuelles de carbone qui, depuis vingt ans, se seraient accumulées dans l'atmosphère au lieu d'être stockées par l'« éponge » naturelle de cet océan – tant du fait de l'accumulation de GES que de la raréfaction de l'ozone stratosphérique. L'océan, saturé, ne pourrait plus dissoudre de CO₂ à partir de 2030... Ces résultats sont recoupés par ceux d'une analyse portant sur l'Atlantique Nord, autre grande zone d'absorption de CO₂ par les océans : cette absorption y aurait diminué de moitié entre le milieu des années 1990 et la période 2002-2005 (*Geophysical Research*, novembre 2007).

108. Les repérages par satellite ont permis d'établir la carte de ces « déserts marins » ; ils ont gagné 6,6 millions de km² (douze fois la France) en dix ans ; l'Atlantique Nord est le plus touché. Dans ces zones, le phytoplancton – des micro-algues et végétaux unicellulaires qui captent la lumière du soleil et la transforment en énergie pour croître, avec absorption de carbone au passage – se raréfie, car le réchauffement de l'océan en surface et la présence accrue d'eau douce de fonte des glaces (plus légère, elle reste en surface) ralentissent le brassage avec les couches profondes froides, qui apportent les nutriments indispensables (*Geophysical Letters*, février 2008).

109. En sens inverse, une récente étude d'océanographes et de biologistes montre une étonnante capacité chez certaines espèces de phytoplancton à prospérer en présence d'un milieu plus riche en CO₂ et plus acide (*Science*, avril 2008).

110. J. Hansen estime que l'ensemble de ces « rétroactions lentes » va doubler le réchauffement attendu par rapport aux prévisions du GIEC ; il serait donc de 6 °C au lieu de 3 °C en hypothèse moyenne. Il en déduit que le seuil de danger – déjà dépassé aujourd'hui – se situe dès 350 ppm de CO₂ dans l'atmosphère ; pour y revenir, il préconise notamment un moratoire immédiat sur les centrales à charbon.

111. Électricité allumée nuit et jour dans des locaux vides, eau rare utilisée pour laver des voitures ou arroser des parcours de golf, transports individuels préférés aux transports collectifs.

112. Une analyse des sédiments déposés dans les lacs d'altitude américains montre que la quantité de poussières arrachées par l'érosion et transportée par le vent a été multipliée par cinq depuis deux siècles, du fait des pratiques agricoles (*Nature Geoscience*, février 2008).

113. La population mondiale est estimée à 6,6 milliards en 2007. Sa croissance, quoiqu'en ralentissement déjà marqué, va se poursuivre sur sa lancée pour atteindre 8 milliards vers 2025 et pourrait se stabiliser aux environs de 9,3 milliards vers le milieu du siècle. Ces données, publiées par l'INED, proviennent du Population Reference Bureau, organisme indépendant qui synthétise chaque année les chiffres émanant notamment de la Division de la population des Nations unies, du Bureau of the Census américain et d'organismes européens.

114. Une projection faite par l'équipe du Millenium Ecosystem Assessment de l'ONU estime que le rythme d'extinction actuel sera multiplié par *dix* d'ici à 2050.

115. La planète a connu cinq épisodes d'extinction massive des espèces vivantes, dont celle qui a anéanti les dinosaures il y a 65 millions d'années ; la plus sévère, il y a 250 millions d'années (entre les ères primaire et secondaire) a anéanti 70 % des espèces continentales et 95 % des espèces marines. Chaque fois, la Terre a mis une dizaine de millions d'années à récupérer. Le rapport *GEO IV* du PNUE considère qu'« une sixième extinction majeure est en cours, cette fois-ci causée par le comportement humain ».

116. Selon le paléanthropologue Richard Leakey, « si la tendance ne s'inverse pas, le monde perdra 55 % de ses espèces *d'ici un siècle* ». Cette accélération de la mortalité des espèces est un choc brutal à l'échelle des temps géologiques. Rien ne dit en revanche que la période ultérieure de récupération sera elle aussi raccourcie !

117. Dans les régions du nord de l'Europe, par exemple, un climat plus doux pourrait permettre à certaines espèces de proliférer – y compris des nuisibles comme le typographe, un coléoptère qui prospère grâce au réchauffement climatique (il permet deux générations par été) et ravage les forêts suédoises.

118. Cette perspective est d'autant plus préoccupante qu'une grande partie des données – sans doute plus des trois quarts du monde du vivant – n'ont même pas encore été identifiées et étudiées. Une grande richesse biologique risque donc de disparaître avant même d'avoir pu être répertoriée.

119. Il faut reconnaître cependant, contrairement au « mythe de l'âge d'or » que semblent cultiver certains, que l'on a connu pire dans le passé, à l'époque où les chauffages domestiques étaient en majorité alimentés au bois et au charbon.

120. Les oxydes d'azote ou Nox (NO, NO₂, NO₃) provoquent des troubles respiratoires lorsqu'ils sont en forte concentration. Ils sont en outre partiellement responsables des pluies acides (transformation en acide nitrique).

121. Les éthers de glycol, toxiques pour les fonctions hormonales et reproductives, ont montré leur dangerosité, notamment dans le domaine des maladies professionnelles.

122. Ces éléments figurent dans le Plan national santé-environnement 2004-2008. Ils rejoignent les constats de l'OMS. Des études publiées en décembre 2002 par l'InVS et en mars 2003 par l'Observatoire régional de la santé d'Île-de-France ont confirmé une surmortalité respiratoire de 5 à 10 % dans les périodes de forte pollution de l'air. Une enquête du *New England Journal of Medicine* met aussi en évidence une augmentation de cette mortalité dans vingt villes américaines. Ces évaluations sont toutefois toujours discutables, car la pollution, si elle peut aggraver d'autres pathologies, est rarement la *seule* cause d'un décès.

123. Cette poussée serait, selon le Pr A. Grimbaud, chef du service de pneumologie de l'enfant à Trousseau, due au fait qu'« un sujet allergique à une substance développera des réactions plus fréquentes et plus intenses quand il aura été au préalable exposé à des polluants, car ceux-ci jouent un rôle pro-inflammatoire ». Par exemple, les personnes

allergiques au pollen réagissent bien plus vivement si elles ont été soumises à la pollution automobile. De même, le Pr A. Denjean, de l'hôpital Robert-Debré, souligne que les particules fines issues des moteurs diesel « augmentent la réaction inflammatoire des bronches, caractéristique de la maladie asthmatique ».

124. L'OMS évalue à 300 millions le nombre de personnes souffrant d'asthme dans le monde ; en France, on en compte 3,5 millions (deux fois plus qu'il y a vingt ans), 8 % des garçons et 5 % des filles de moins de dix ans sont asthmatiques.

125. On se souvient du décès, début 2007, d'un enfant qui avait absorbé à la cantine scolaire des aliments auxquels il était violemment allergique.

126. Selon une étude finlandaise de juillet 2002, la pollution aérienne provoquerait de fréquentes ischémies (insuffisance d'apport de sang) dans la région du cœur.

127. La pollution atmosphérique affecte directement la paroi des vaisseaux sanguins, y compris chez des sujets jeunes et en bonne santé ; la fonction endothéliale (capacité des vaisseaux à se dilater et se contracter) peut varier du simple au double selon le niveau de pollution ; les effets négatifs les plus forts sont attribués au dioxyde de soufre et aux oxydes d'azote (*Hypertension*, novembre 2007).

128. La baisse de la fertilité masculine dans les pays industrialisés est un fait établi – le Pr R. Habert estime que « ces cinquante dernières années, la production spermatique humaine a chuté de 40 % environ et l'incidence des cancers testiculaires a à peu près doublé » ; 15 % des couples en France n'obtiennent pas de grossesse en un an, selon le Pr A. Spira. Les causes sont encore discutées, mais le Plan national santé-environnement 2004-2008 affirme qu'elles « pourraient être liées à des expositions à des substances toxiques ».

129. Ces lacs sont frappés par l'eutrophisation, due à une pollution excessive, entraînant la perte d'une partie de l'oxygène dissous dans l'eau, qui est nécessaire à la vie des poissons et autres animaux, ainsi qu'à la protection contre les bactéries.

130. Selon l'Académie de pharmacie française, les zones d'élevage intensif et de pisciculture libèrent des antibiotiques et des produits antiparasitaires ; les rejets liquides des usines pharmaceutiques se retrouvent dans les stations d'épuration et sont souvent difficiles à éliminer par les procédés classiques de chloration.

131. Pour les seules côtes françaises, au *Torrey Canyon* en 1967 et à l'*Amoco Cadiz* en 1978 ont succédé l'*Erika* en 1999 et le *Prestige* (qui a aussi touché les côtes espagnoles) en 2002. On estime qu'au total, 700 000 tonnes de produits pétroliers ont souillé nos côtes au cours des trente-cinq dernières années. À l'étranger, les cas les plus célèbres ont été la marée noire provoquée en 1989 sur les côtes de l'Alaska par l'*Exxon Valdez*, et plus récemment celles dues au *Sea Empress* au pays de Galles (1996) et au *Solar I* aux Philippines (2006).

132. La nature semble recoloniser les zones polluées au bout de six à sept ans, grâce aux bactéries qui consomment les hydrocarbures ; cependant, les zones plus gravement touchées ou isolées conservent des traces pendant quinze ans ou plus. Il faut d'ailleurs distinguer les pollutions au fuel léger, très toxique mais volatil (comme celui de l'*Amoco Cadiz*) et au fuel lourd, moins toxique mais plus difficilement biodégradable (cas du *Prestige*).

133. Pour les métaux lourds, il s'agit notamment de plomb, de zinc, de cadmium, de nickel et de cuivre ; les pollutions chimiques préoccupantes incluent l'arsenic, les hydrocarbures ou certains composés organiques.

134. Comme la leishmaniose et la leptospirose, transmise par des rats.

135. Selon l'ADEME, sur les 350 kilos d'ordures ménagères produits par chaque Français en 2004, 43 % ont été incinérés, 13 % triés et recyclés, 6 % ont fait l'objet d'un traitement biologique et 38 % enfouis en décharge.

136. Ces débris spatiaux sont souvent minuscules, mais 200 000 mesurent plus de 1 centimètre, et 9 000 plus de 10 centimètres, menaçant les satellites et la station spatiale internationale.

137. Le 3 décembre 1984, un nuage toxique de plus de 40 tonnes d'isocyanate de méthyle s'est échappé de l'usine de pesticides d'Union Carbide à Bhopal (province du Madhya Pradesh), tuant 3 800 personnes selon le gouvernement, plus de 20 000 y compris les décès ultérieurs selon les ONG.

138. Il existe en France 1 250 usines à risque, dont 670 de type « Seveso II », le plus élevé.

139. Des centaines de malades, dont plusieurs sont morts, ont subi des irradiations excessives (du fait du mauvais réglage d'un appareil) à l'hôpital d'Épinal. Cette affaire, révélée en 2007, a entraîné la découverte d'autres accidents du même genre.

140. En revanche, la crainte que l'accident de Three Mile Island a inspirée a conduit à un arrêt du programme nucléaire américain pendant près de trente ans.

141. L'explosion du cœur d'un réacteur de la centrale de Tchernobyl, en Ukraine, en 1986, a causé des milliers de morts dans la population avoisinante et parmi les ouvriers qui ont bâti la chape de béton bloquant les fuites radioactives. Les retombées ont rendu pour longtemps malsaine, avec un taux élevé de décès par cancers, une vaste zone à proximité de Kiev et ont concerné toute l'Europe, en particulier la Biélorussie proche, et jusqu'en France ; on trouve encore chez nous des traces de produits à longue durée de vie comme le césium 137, mais à des doses très faibles – 1 % de la radioactivité naturelle, selon l'IPSN.

Chapitre II

LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : UNE COURSE BIENTÔT PERDUE ?

1. Selon les mesures du ministère de l'Environnement français, la proportion de Français s'estimant bien informés sur les questions de « développement durable » est passée de 7 % en 2002 à 41 % cinq ans plus tard.

2. *Insee Première* n° 1121 de janvier 2007. Le taux de 70 % est une moyenne : 9 ménages français sur 10 disent trier systématiquement leurs déchets lorsque des facilités de collecte sélective leur sont offertes ; ce taux tombe à 60 % dans le cas inverse. Par ailleurs, 77 % des ménages font attention à leur consommation d'eau.

3. Enquête Opinionway de novembre 2006 : les sujets qui préoccupent le plus les enquêtés sont le réchauffement de la planète (46 %), les pollutions (40 %), avant l'insécurité (36 %) et le chômage (34 %) ; en revanche, les menaces sur la biodiversité ne préoccupent que 13 % des sondés. Le sondage faisant du changement climatique l'« enjeu du siècle » a été réalisé par CSA en janvier 2007.

4. Dès 2000, à Davos, les patrons de nombre de grandes entreprises mondiales ont reconnu la nécessité d'agir contre les « tendances dévastatrices » du changement climatique. Il a fallu toutefois attendre 2007 pour que des constructeurs automobiles (japonais) se reconnaissent une responsabilité dans les conséquences sanitaires de la pollution. Nous verrons au chapitre V les efforts consentis et le chemin qui reste à parcourir.

5. Une étude réalisée par la Johns Hopkins University auprès de 37 pays évalue le budget total des ONG en 2002 à 1 600 milliards de dollars – à peu près le PIB de la France ! Oxfam, par exemple, emploie 4 500 salariés et 30 000 volontaires dans le monde, avec un budget de 500 millions de dollars.

6. Attac (Association pour la taxation des transactions financières pour l'aide aux citoyens) a été créée en 1998 autour de l'idée de la « taxe Tobin » (cf. chapitre V), mais s'est élargie à l'ensemble des questions liées à la mondialisation. Attac est l'un des principaux organisateurs des forums sociaux mondiaux de Porto Alegre.

7. J.-M. Le Pen lui-même voit dans l'écologie « une valeur traditionnelle, au bon sens du terme, exigeant [...] le respect des dons de la nature que sont l'air, l'eau, le ciel, la terre et la mer, le respect de l'ordre naturel ». À l'opposé, des courants proches du socialisme utopique ou du situationnisme ont posé le principe de précaution (voir le livre de Hans Jonas, *Le Principe de responsabilité*) dès les années 1970. Cette mouvance est proche des idées du Groupe des dix du sociologue Edgar Morin et du scientifique Henri Laborit, qui visent à « reconstruire une économie dont la finalité serait l'homme », ou de celle de Bourdieu.

8. Le parti des Verts est né en France en 1984, sous la conduite d'Antoine Waechter, défendant une ligne « ni droite ni gauche » ; avec le mouvement concurrent Génération écologie, piloté par Brice Lalonde, il a atteint 11 % des voix (mais aucun député) aux législatives de 1993. Le mouvement Vert s'est ensuite, sous la conduite de Dominique Voynet et Yves Cochet (qui se sont succédé comme ministre de l'Environnement du gouvernement Jospin à partir de 1997), rapproché de la gauche. Ses scores électoraux restent limités : un peu plus de 3 % pour Mme Voynet aux présidentielles de 1995 ; un peu plus de 5 % pour Noël Mamère en 2002 ; 1,6 % seulement pour Dominique Voynet en 2007.

9. En France, on peut citer parmi celles-ci *Le Monde diplomatique*, le mensuel *Alternatives économiques*, le bimestriel *Alternatives internationales*, les revues *Politis*, *Entropia*, *Écologie politique*, *Écologie sociale*, *L'Écologiste*, *Écorev'*, etc.

10. Le Forum social mondial, qui se présente comme l'antidote « altermondialiste » au Forum économique mondial annuel de Davos, avec pour slogan « Un autre monde est possible », s'est tenu à partir de 2001, réunissant jusqu'à 100 000 participants, pendant trois ans à Porto Alegre (Brésil), puis à Mumbai (Bombay) en 2004, de nouveau à Porto Alegre en 2005 et à Nairobi en 2007 ; le Forum de 2006 a été « polycentré » ; celui de 2008 est remplacé par une journée de mobilisation internationale ; celui de 2009 se tiendra à Belem en Amazonie. Des forums sociaux européens se sont réunis notamment à Florence, en novembre 2002, et à Athènes en avril 2006.

11. Le pacte écologique de Nicolas Hulot, pour lequel dix des candidats à l'élection présidentielle de mai 2007, dont les trois arrivés en tête, se sont solennellement engagés, prévoit : de renforcer le poids de l'écologie dans le futur gouvernement ; de s'engager en faveur d'une Organisation mondiale de l'environnement ; de mettre l'accent sur la recherche et l'éducation dans ce domaine ; de promouvoir les énergies renouvelables ; etc.

12. Le nouveau mémorandum déposé en novembre 2006 dans le cadre de l'Appel de Paris demande aux autorités européennes de mettre en œuvre 164 mesures pour protéger la santé publique : retrait de produits chimiques dangereux et durcissement des autorisations préalables pour la mise sur le marché des pesticides, additifs alimentaires et cosmétiques.

13. Jeremy Rifkin, professeur à la Wharton School of Economics de Philadelphie, est très présent dans le débat sur l'écologie et sur les méfaits supposés ou réels de la mondialisation. James Hansen, directeur du Goddard Institute for Space Studies de la NASA, a dès 1988 annoncé devant le Congrès américain sa certitude d'un réchauffement climatique dû aux activités humaines, ce qui a accéléré une prise de conscience générale.

14. Par exemple en République tchèque, le chef des Verts, M. Bursik, est vice-Premier ministre depuis 2006, malgré un président de la République (V. Klaus) qui nie le réchauffement climatique et dénonce « la nouvelle idéologie environnementaliste totalitaire » !

15. Le principe « pollueur payeur », introduit par une loi de 1976, permet d'exiger des industriels des travaux protecteurs et d'indemniser les riverains. Il est à la base de diverses taxes regroupées à partir de 2000 par la taxe générale sur les activités polluantes. Il a été renforcé par la loi de 2003 sur la prévention des risques technologiques et naturels et surtout celle de juin 2008 sur la responsabilité environnementale ; voir chapitre IX.

16. Relevons par exemple le lancement, aux côtés de l'ADEME, établissement public chargé depuis 1990 de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, d'une Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) et d'une Agence française de sécurité des aliments (AFSSA) en 2000 (la décision a été prise en 2008 de fusionner ces deux agences), d'un Office national d'études et de recherches sur le climat (ONERC) en 2001 et d'un Office central de lutte contre les atteintes à l'environnement et à la santé en 2003.

17. 10,1 milliards d'euros sont inscrits pour la mission « Écologie, aménagement et développement durables » au budget de 2008. Les crédits du ministère de J.-L. Borloo, qui coïncident avec cette mission, atteignent 20,1 milliards d'euros, mais la moitié sont consacrés à des infrastructures (souvent routières) sans portée écologique. Si l'on ajoute à ces dépenses publiques celles des entreprises et des particuliers, la dépense totale du pays pour la protection de l'environnement s'élève à 36,2 milliards d'euros en 2006 (dont les deux tiers pour les eaux usées et les déchets). Le budget spécifique du ministère pour la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement en 2009-2010 s'élève à 19 milliards d'euros (en autorisations de programme).

18. La décision du Conseil constitutionnel du 19 juin 2008 sur la loi OGM a confirmé que « l'ensemble des droits et devoirs définis dans la Charte de l'environnement ont valeur constitutionnelle ».

19. La déclaration de Jacques Chirac a été faite lors de la Conférence pour la gouvernance écologique, réunie à Paris en février 2007. L'expression de « révolution écologique » figure dans le projet présidentiel de Nicolas Sarkozy ; « l'humanité danse sur un volcan », s'est-il écrié en cours de campagne. Ses principaux adversaires, Ségolène Royal et François Bayrou, avaient fait une large place à l'écologie dans leurs propres programmes.

20. La loi Grenelle I, qui fixe le cadre général, a été adoptée en première lecture à l'Assemblée nationale à l'unanimité moins 4 voix le 21 octobre 2008. Les mesures d'application détaillées sont toutefois renvoyées à une seconde loi, qui reste à adopter en 2009.

21. Dans sa conférence de presse du 9 janvier 2008, Nicolas Sarkozy annonçait : « 2008 sera le commencement de la construction d'une autre croissance, d'un autre modèle de développement, ce sera l'amorce d'un changement profond de notre civilisation, dans son rapport à la nature, dans l'idée qu'elle se fait de sa responsabilité vis-à-vis de la planète, vis-à-vis des générations futures. »

22. La chancelière allemande a dû s'engager, dans l'accord formant le gouvernement de « grande coalition » avec les sociaux-démocrates, à ne pas remettre en cause l'accord

sur la fermeture de toutes les centrales nucléaires du pays, signé par Gerhard Schröder en 2000, jusqu'aux élections législatives de 2009.

23. Le budget consacré à la protection du climat a triplé depuis 2005, atteignant 3,3 milliards d'euros en 2008.

24. Quoique ambitieux, le plan énergie-climat voté en juin 2008 ne permettra d'atteindre qu'une réduction de 35 % des émissions de gaz carbonique en 2020 par rapport à 1990 ; la réduction atteinte est déjà de 20 %, grâce à la reconversion industrielle de l'ex-Allemagne de l'Est.

25. La baisse de 20 % des émissions dès 2010 aurait dépassé l'objectif assigné au Royaume-Uni par le protocole de Kyoto ; malgré ses efforts, le gouvernement britannique a admis en 2005 que l'absence d'investissements suffisants dans les énergies renouvelables et le nucléaire ne lui permettrait pas une réduction aussi forte.

26. Cette réduction de 80 % des émissions de GES, en Grande-Bretagne comme à l'échelle mondiale, serait encadrée par un « budget CO₂ » limitant par périodes de cinq ans les émissions et pilotée par un organisme indépendant, le Committee on Climate Change, avec présentation d'un rapport au Parlement chaque année. Le livre blanc *Planning for a Sustainable Future* fixe des objectifs nationaux sur les secteurs clés (énergie, transports, déchets).

27. Selon un sondage L. Harris de 2007, 71 % de l'opinion perçoivent l'impact du changement climatique et 53 % estiment que Washington n'impose pas assez de règles en la matière. Des gouverneurs, dont A. Schwarzenegger pour la Californie, sont apparus dans des spots télévisés pour dénoncer la carence des autorités fédérales ; malgré cette carence, la Californie a décidé par une loi de 2006 de réduire de 30 % ses émissions de GES d'ici à 2020 et de produire le tiers de son électricité à partir de sources renouvelables.

28. John Kerry, ancien candidat démocrate aux présidentielles américaines et futur président de la commission des affaires étrangères du Sénat, a confirmé à la conférence de Poznan (décembre 2008) que « les États-Unis vont rejoindre la communauté mondiale pour combattre ce défi planétaire » et souscrire à l'objectif d'une baisse de leurs émissions de GES de 80 % à l'horizon 2050, avec une étape intermédiaire les ramenant au niveau de 1990 en 2020.

29. Déclaration de Ban Ki-moon, secrétaire général de l'ONU, lors du débat du 25 septembre 2007.

30. Ce succès a été confirmé par la Conférence internationale réunie pour le vingtième anniversaire de l'accord de Montréal (conclu le 16 septembre 1987). Le « trou » – très fluctuant selon les années et les saisons – qui se forme chaque hiver austral au-dessus de l'Antarctique aurait déjà diminué (25 millions de km² en 2007 et 27 en 2008, après un pic de 28 millions de km² en 2000 et 2003 et 29 millions de km² en 2006). Les scientifiques, s'appuyant sur un rapport conjoint approfondi publié par l'OMM et le PNUE, estiment que les mesures prises permettront à la couche protectrice d'ozone de la haute atmosphère de retrouver son état de 1980, date du début de sa dégradation, entre 2060 et 2075 au-dessus de l'Antarctique et autour de 2050 pour les latitudes moyennes. Cette amélioration paraît bien due à la forte chute des émissions de CFC : selon le rapport sur l'état du monde de Worldwatch, elles ont baissé de 81 % au cours des années 1990 ; après avoir atteint un pic dans les années 1990, la concentration dans l'atmosphère d'agents destructeurs serait en baisse continue. Les nouvelles prévisions décalent cependant l'horizon auquel un niveau normal d'ozone devrait s'être reconstitué : le précédent rapport OMM/PNUE, en 2002, le fixait entre 2045 et 2050 ; d'ici là, selon

Worldwatch, la déficience de la couche d'ozone causera encore 200 000 décès supplémentaires aux États-Unis.

31. Il reste notamment à l'étendre aux pays du tiers-monde, comme l'Inde et la Chine, qui produisent encore des CFC ; un fonds multilatéral a déjà consacré 2,6 milliards de dollars au soutien à la fermeture de ces usines du Sud.

32. Le nouvel accord de Montréal, en septembre 2007, engage les pays industrialisés à éliminer les HCFC (sauf un résidu de 0,5 % des quantités actuelles) d'ici à 2020 ; pour les pays en développement, la date butoir est reportée à 2040, mais avec des étapes intermédiaires : - 35 % en 2020, - 67,5 % en 2025, puis - 2,5 % l'an jusqu'à 2040.

33. Moins nocifs que les CFC pour la couche d'ozone, les HCFC ont un fort effet de serre : l'impact sur le réchauffement climatique de chaque tonne émise serait 2 000 fois supérieur à celui d'une même quantité de CO₂ ! L'élimination des CFC a déjà permis d'« économiser » l'équivalent de 11 milliards de tonnes de CO₂ annuelles ; celle des HCFC économiserait environ 1,5 milliard de tonnes annuelles d'équivalent-CO₂, ce qui est plus que la réduction de 5 % des émissions directes de gaz carbonique demandée par le protocole de Kyoto. Hélas, certains des HFC (hydrofluorocarbures) qui pourraient remplacer les HCFC ont aussi un effet de serre très fort. La perfection est difficile à atteindre...

34. Selon le climatologue J.-M. Jankovic, les émissions directes de nos voitures sont autour de 160 grammes de CO₂ par kilomètre (*cf.* chapitre VI), mais le calcul inclut les GES émis lors du processus de raffinage de l'essence.

35. L'enquête précitée (note 2) de l'Insee indique que si 84 % des ménages font attention à leur consommation en électricité, 41 % seulement tiennent compte, lors de leur choix à l'achat, de la consommation énergétique de l'appareil. De même, moins de la moitié des ménages équipent majoritairement leur logement en ampoules basse consommation.

36. Les thèses de H. von Storch et ses collègues ont notamment été publiées en juin 2000 dans *Nature*.

37. Richard Lindzen, chercheur au MIT et spécialiste du climat, soutient que c'est à tort que le GIEC attribue aux activités humaines le gros du réchauffement climatique ; pour lui, les GES d'origine anthropique ne pourraient être responsables que d'une hausse de 0,4 °C d'ici 2100. Il estime au surplus que l'impact des unités supplémentaires de CO₂ dans l'atmosphère tend à décroître. Il conteste le recul des glaces et la hausse du niveau des océans. Pour lui, « la vérité est que le climat change en permanence, sans que l'homme en soit la cause ni ne comprenne pourquoi ». « Le plus que Kyoto va faire sera de retarder un changement de température, petit ou grand, d'un ou deux ans, peut-être trois... » ; et « de toutes les menaces contre le monde, le climat est en bas de l'échelle » !

38. L'ouvrage de Björn Lomborg, *L'Écologiste sceptique*, part de statistiques précises tendant à montrer l'augmentation de la production agricole, un certain recul de la pollution, voire une progression des forêts. Cet ouvrage a été vivement critiqué, notamment par des chercheurs (voir numéro de janvier 2002 du *Scientific American*) et par l'agence danoise de recherche, ce qui n'a pas empêché l'auteur d'être nommé directeur de l'Institut danois d'évaluation de l'environnement. Voir aussi le livre d'André Fourçans : *Effet de serre. Le grand mensonge*.

39. Dans son livre *État d'urgence* (Robert Laffont, 2006).

40. Claude Allègre appuie notamment sa critique sur les fortes fluctuations des températures du globe autour de la moyenne (tout en admettant que celle-ci a « brusquement » monté de 0,6 °C vers la fin du xx^e siècle), sur la fragilité des relevés de tempé-

rature au XIX^e siècle, sur les incertitudes concernant le recul des glaces et la hausse du niveau des mers, etc.

41. Sondage publié le 22 juin 2008 par *The Observer*.

42. L'école « climato-sceptique » comprend, outre les noms déjà cités, de grandes références comme l'entomologiste P. Reiter de l'Institut Pasteur, le spécialiste suédois de l'élévation du niveau des océans N. Mörner, le météorologiste canadien M. Khandekar. Des savants de l'Académie des sciences de Russie, pays fortement émetteur de GES, rejoignent ce point de vue critique.

43. Le rapport 2007 du GIEC indique que la capacité de ses modèles à simuler des évolutions de température correspondant aux observations réelles a augmenté et confirme l'influence des activités humaines sur le climat. De fait, la confrontation des observations des seize dernières années (1990-2006) avec les prévisions initiales du GIEC montre une coïncidence presque parfaite pour la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone, et une légère sous-estimation de la hausse des températures : la réalité constatée se situe dans la partie haute de la fourchette des prévisions (*Science*, février 2007). Le GIEC en conclut que « le réchauffement observé [...] est très peu susceptible d'être dû uniquement à la variabilité naturelle des températures ».

44. L'Union of Concerned Scientists, ONG américaine, a révélé qu'Exxonmobil aurait distribué, entre 1998 et 2005, 16 millions de dollars de subventions à des sites diffusant des informations tronquées ou falsifiées. Des chercheurs climato-sceptiques auraient ainsi partie liée avec de grands pétroliers, qui ont intérêt à nier les conséquences de l'abus de combustibles fossiles.

45. Mettant en cause, dans une audition devant le Congrès américain le 23 juin 2008, les « intérêts particuliers » privilégiant les « profits à court terme » alors que la machine climatique est proche d'un « dangereux point de bascule », James Hansen a déclaré que « des sociétés ayant leurs intérêts dans les combustibles fossiles ont propagé le doute sur le réchauffement, de même que les cigarettiers avaient cherché à discréditer le lien entre la consommation de tabac et le cancer... Ces dirigeants devraient être poursuivis pour crime contre l'humanité et la nature ».

46. Le gouvernement conservateur canadien de S. Harper, récemment élu, a décidé de revenir en arrière sur les engagements écologiques, pourtant modestes, souscrits par son prédécesseur libéral. Pour lui, il s'agit d'« équilibrer la protection de l'environnement avec la croissance de l'économie » ; les solutions viendront d'abord de « moyens plus propres et plus efficaces de convertir les hydrocarbures en énergie », ainsi que du « piégeage » du CO₂ ; mais un soutien aux énergies renouvelables est maintenu et un « Fonds pour appuyer le développement de technologies propres » a été créé.

47. Du point de vue juridique, le principe de précaution est défini par la loi Barnier du 5 janvier 1995 : « L'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, [...] ne doit pas retarder l'adoption de mesures *effectives et proportionnées* visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économique acceptable. » Ce principe a été repris – malgré la vive opposition de l'Académie de médecine – dans l'art. 5 de l'amendement constitutionnel portant Charte de l'environnement, voté en 2004 : « Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, *par application du principe de précaution*, à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage. »

48. « Chaque Français aurait droit à un voyage en avion et 2 000 kilomètres en voiture à 40 km/h par an... suppression de tous les chauffages au gaz et au mazout... les TGV fonctionneraient au vent », poursuit M. Allègre dans le même article (*Le Figaro*, 27 janvier 2007). Son livre *Ma vérité sur la planète* voit dans le programme écologiste un projet qui « s'appuie sur la peur, sur l'idée de culpabilité de l'homme et en contrepartie sur la punition ».

49. Ces actions violentes ont débuté en 1998 ; le sac du McDonald's de Millau date d'août 2000. Soutenues par la Confédération paysanne, Attac et les Verts, elles ont valu à J. Bové plusieurs condamnations – rarement exécutées – à la prison. 80 « faucheurs volontaires » ont aussi été condamnés à diverses peines de prison, mais les forces de l'ordre observent trop souvent une prudente neutralité à leur égard, tandis que les tribunaux sont parfois hésitants : on se souvient du jugement du tribunal correctionnel d'Orléans, en décembre 2005, selon lequel les faucheurs, en « état de nécessité » auraient eu raison d'agir pour défendre « des intérêts sociaux supérieurs », en « légitime défense d'autrui ». Ce jugement a heureusement été infirmé en juin 2006 par la cour d'appel d'Orléans, qui a jugé le comportement des prévenus « inacceptable dans une société organisée autour de principes tels que le débat public, la représentativité nationale reposant sur le suffrage universel et la primauté de la loi ». La Cour de cassation a confirmé cette position le 31 mai 2007. Cela n'a pas empêché le tribunal correctionnel de Carcassonne, en septembre 2007, de reporter *sine die* toute action contre J. Bové poursuivi pour des déprédations commises l'année précédente.

50. Il est tout à fait exact que le modèle américain d'alimentation, mal réparti et trop riche en sucres et en graisses, comporte des risques pour la santé : il se traduit par des taux élevés d'obésité, de maladies cardio-vasculaires, etc. Les études les plus sérieuses ont démontré la supériorité, en termes de survie, du « régime crétois » riche en légumes, et de celui du Sud-Ouest français – sans parler des qualités gustatives supérieures des produits du terroir ! Cela appelle explications et campagnes diététiques, mais sûrement pas des actions de commando comme la mise à sac d'un restaurant...

51. L. Jospin comme J. Chirac et N. Sarkozy ont condamné les destructions de cultures transgéniques ; elles se poursuivent néanmoins chaque été, sans répit, entraînant même, en août 2007, le suicide d'un agriculteur qui cultivait du maïs OGM, ainsi que des échauffourées entre faucheurs et agriculteurs. Les opposants aux OGM proclament que « la terre n'appartient pas à l'homme » et demandent l'arrachage de la totalité des cultures de ce type en France (environ 20 000 hectares).

52. Les activistes verts n'ont pas hésité à arracher, en août 2003, une parcelle plantée d'un maïs transformé par Meristem Therapeutics pour produire de la lipase, enzyme nécessaire pour traiter la mucoviscidose, une grave maladie génétique dont souffrent plus de 5 000 Français (avec une espérance de vie réduite à 31 ans) ; cet acte a suscité l'indignation des familles des malades et des pédiatres. Une pétition de 1 500 chercheurs a dénoncé, peu après, ces « saccages répétés, qui portent un grave préjudice aux activités de recherche ». Il est vrai que 700 signatures avaient, en sens inverse, été réunies peu avant par un chercheur de l'INRA pour la libération de J. Bové... Les militants de la Confédération paysanne ont malheureusement multiplié ce genre de « désobéissances civiles » en réalité fort inciviques, détruisant, par exemple en 2007, des plantations expérimentales de maïs insecticide de l'INRA et d'essais de Biogemma portant sur la tolérance à la sécheresse – sujet pourtant fort utile face au réchauffement climatique ! L'encadrement scientifique des expérimentations menées en plein champ a pourtant été renforcé, avec des protocoles très précis visant à éviter toute dissémination. La transparence organisée

par les directives européennes, louable en elle-même, facilite malheureusement les opérations commandos, le registre public des parcelles OGM étant (depuis mars 2007) accessible à tous sur Internet.

53. Une approche par les quantités, sous forme de quotas d'émission, a ainsi été préférée à une approche, plus souple, par les prix (sous forme de taxation de l'énergie) initialement proposée par les Européens. Le projet de taxe sur le carbone, à l'échelle française ou européenne, remet cette approche plus économique à l'ordre du jour. L'idéal serait bien sûr qu'une telle approche soit harmonisée à l'échelle internationale.

54. La notion de bien public suppose un accès ouvert à tous et un usage qui ne détruit pas la possibilité pour les autres d'y accéder : il ne peut donc y avoir *ni exclusion ni appropriation*. Le climat est le type d'un bien public *global*, car chacun en est responsable : la diffusion des gaz à effet de serre dans l'atmosphère est assez rapide (quelques jours pour le CO₂) pour concerner toute l'humanité, et non le seul lieu d'origine.

55. Les non-signataires bénéficient, sans supporter aucun coût (« *free riding* »), des retombées favorables pour tous d'un moindre réchauffement planétaire. Cela justifierait en principe des mécanismes compensatoires, à négocier au sein de l'OMC. On imagine sans peine, cependant, la difficulté de l'exercice...

56. Il s'agit des pays industrialisés dits « de l'annexe I ». Ils comprenaient les États-Unis, qui ont finalement refusé de souscrire cet engagement. Les autres signataires – 140 sur 178 au total – ne sont pas soumis à des plafonds. Le dispositif détaillé d'application de Kyoto a été établi par les accords de Marrakech, en 2001.

57. La limitation porte sur les six principaux gaz à effet de serre (voir chapitre I), « traduits » en équivalents d'émission de CO₂ : gaz carbonique, méthane (CH₄), oxyde d'azote (N₂O) et trois gaz fluorés.

58. Ce chiffre de 8 % est une moyenne pour l'UE. Une fois l'effet favorable sur le réchauffement climatique de nos centrales nucléaires pris en compte, l'engagement européen n'oblige notre pays qu'à maintenir ses émissions au même niveau qu'en 1990, alors que l'Allemagne doit les diminuer de 21 %, le Royaume-Uni de 12,5 % et l'Italie de 6,5 % (à l'inverse, l'Espagne peut les augmenter de 15 %).

59. Selon des données concernant l'ensemble des pays industrialisés, publiées en novembre 2007 par le secrétariat de la Convention des Nations unies pour le changement climatique (UNFCCC).

60. Si l'on prend pour base les émissions de CO₂ d'origine énergétique (les mieux connues), qui ont progressé globalement de 29 % de 1990 à 2005 (27,1 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ contre 21), l'Asie, dont les émissions ont doublé (+ 127 % pour la Chine seule) a causé à elle seule les trois quarts de l'augmentation ; mais l'Amérique du Nord explique l'essentiel du reste, alors que l'UE (à 15) n'y a contribué qu'à hauteur de 3 % et que les émissions de l'Europe de l'Est et de l'ex-URSS ont fortement reculé (– 30 %).

61. La performance de l'UE à 15 (avant élargissement) était de – 2 % en 2006. Moins de la moitié des pays concernés était sur la bonne voie. La performance de la France est honorable, avec une réduction de 3,5 % (à 553 millions de tonnes d'équivalent-CO₂ émises dans l'année) ; mais l'Espagne est à + 51 %, le Portugal à + 40, l'Irlande et la Grèce à + 26 % ; à l'autre extrême, l'Allemagne a réduit ses émissions de 18 % par rapport à 1990, la Grande-Bretagne de 15 %, la Suède et le Danemark de 8 % chacun. Avec les 12 nouveaux adhérents d'Europe de l'Est, la baisse atteinte par l'Europe des 27 est de – 7,7 % ; mais cette belle performance, due à leur reconversion, pourrait s'inverser avec leur croissance rapide.

62. En termes du protocole de Tokyo, l'avance acquise pendant dans la dernière décennie du xx^e siècle et l'inclusion des « puits de carbone » permet encore actuellement aux pays soumis aux plafonds d'enregistrer une baisse effective de leurs rejets globaux de GES de 2,8 % (en 2005 par rapport à 1990), mais ceci n'inclut pas les États-Unis et l'Australie, dont les émissions ont justement beaucoup augmenté. Et la réduction de 2 % atteinte par l'UE (à 15) en 2006 reste éloignée de l'objectif de - 8 % pour 2010.

63. Voir le World Energy Outlook de l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

64. L'accord de Kyoto réservait pourtant un traitement favorable à l'Australie : ses rejets de GES étaient autorisés à augmenter de 8 %. Le nouveau Premier ministre élu en novembre 2007, Kevin Rudd, a annoncé que l'Australie allait ratifier le Protocole.

65. L'abstention des États-Unis et de l'Australie ramène la part des pays effectivement engagés par des plafonds d'émission à 56 % des rejets de l'époque, mais moins de la moitié dans la répartition actuelle (46 % en 2004, selon le GIEC), compte tenu de la croissance des émissions des pays non soumis à quotas.

66. Ce long délai est notamment dû à la Russie, dont la participation était indispensable car elle représente à elle seule 17 % des émissions des pays concernés par l'accord (États-Unis + Russie détenaient ainsi à eux seuls la majorité des engagements de l'accord de Kyoto). Même après l'adhésion annoncée par le président Poutine en 2002, la ratification russe a été particulièrement laborieuse : elle ne s'est concrétisée que deux ans plus tard, en novembre 2004, après de longues tractations.

67. L'absence de décisions concrètes sur certains points a pourtant été vivement critiquée. Une déclaration commune des représentants de la société civile dénonçait, à la fin du sommet de Johannesburg (septembre 2000), « un tragique manque de volonté de traduire les principes de Rio en actions concrètes ». Les obstacles sont venus des États-Unis et d'autres pays avancés, opposés à tout engagement trop précis, comme des pays en développement, qui ont refusé globalement des normes sociales et environnementales jugées protectionnistes.

68. Cette convention a été ratifiée par la France et est entrée en vigueur en mai 2004.

69. Il s'agit de pesticides : aldrine, chlordane, chlordécone, dieldrine, endrine, hexabromodiphényl, mirex et toxaphène.

Chapitre III

LE TIERS-MONDE, UNE BOMBE ÉCOLOGIQUE ?

1. Le gros de l'accélération démographique a en fait été acquis au cours du xx^e siècle. Le premier milliard d'hommes n'a été atteint qu'en 1804 ; il a fallu cent vingt-trois ans de plus pour atteindre le second milliard ; mais, vers la fin du xx^e siècle, la population s'accroissait de 1 milliard supplémentaire tous les douze ans. Le pic du *taux* de croissance se situe en réalité à la fin des années 1960 (2 % par an, revenu depuis à 1,2 %) ; celui de l'accroissement *en valeur absolue*, décalé, à la fin des années 1980, avec 86 millions de Terriens de plus chaque année. Les humains de 2007, bien que nettement plus nombreux qu'alors, font au total moins d'enfants, d'où une croissance revenue à environ 75 millions d'habitants par an – c'est-à-dire tout de même encore 1 milliard de plus en treize ans.

2. En moyenne mondiale, l'indice de fécondité est encore de 2,7, mais il a déjà beaucoup baissé (il était encore de 4,9 naissances par femme dans les années 1960) et poursuit sa chute – sauf en Afrique subsaharienne, où il reste de 5,5 enfants par femme –, sous l'effet conjugué de l'enrichissement et des progrès du contrôle des naissances dans les pays en développement. D'où la prévision d'une population du globe se stabilisant un peu au-dessus de 9 milliards vers le milieu du siècle.

3. La population mondiale étant encore très jeune (28 % de moins de 15 ans, contre 16 % en Europe), le nombre de jeunes femmes arrivant à l'âge de la procréation continue à s'accroître ; même si leur fécondité baisse fortement, ce qui est le cas, la population continue à s'accroître rapidement, pendant un temps, en valeur absolue. Par exemple, la Chine, malgré un taux de fécondité devenu très faible (voir note 6), compte encore plus de 6 millions d'habitants supplémentaires par an ; mais ce phénomène finira par s'inverser.

4. Nous suivons ici les *World Population Data Sheet*, qui reprennent les projections de la Division de la population des Nations unies, du Bureau of the Census américain, du Conseil de l'Europe et de notre Institut national d'études démographiques (INED). Ces projections donnent une population mondiale de 9,3 milliards en 2050, dans l'hypothèse moyenne d'évolution de la fécondité globale : celle-ci poursuivrait sa chute, pour devenir inférieure au seuil de renouvellement des générations dans la majorité des PVD avant 2050 et se stabiliser progressivement à 2,1 enfants par femme, soit le strict remplacement des générations. Une hypothèse plus basse – entre 7,3 et 8,9 milliards d'hommes à l'horizon 2050, avec un point culminant de 9,3 milliards retardé à 2070, retombant à 8,4 milliards en 2100 – reste possible, selon d'autres études (*Nature*, INED).

5. L'accroissement de moitié prévu au cours de la première moitié du *xxi*^e siècle, tout en étant encore fort en valeur absolue, implique en effet une progression nettement moins rapide de la population mondiale : elle ne s'accroîtrait plus que de 30 millions par an autour de 2050 et tendrait à décliner vers la fin du siècle.

6. À en croire les statistiques officielles, que certains considèrent comme sous-estimées, la politique de l'« enfant unique » conduirait en fait, dans les zones rurales notamment, à dissimuler nombre de naissances pour éviter les sanctions pécuniaires. Malgré cela, la baisse du taux de fécondité (tombé à 1,6, nettement au-dessous du seuil de renouvellement des générations) est avérée ; elle va conduire à un fort vieillissement et à une baisse de la population chinoise, après un point culminant proche de 1,5 milliard d'habitants vers 2030 ; sa part dans le monde devrait de ce fait baisser notablement, à 15 % environ en 2050 contre 20 % aujourd'hui.

7. Je regroupe ici sous le nom de pays *industrialisés* les pays d'Europe (733 millions d'habitants en 2007, Russie d'Asie incluse, mais hors Turquie), d'Amérique du Nord (335 millions d'habitants), le Japon (128 millions), l'Australie et la Nouvelle-Zélande (25 millions), et Israël (7 millions), soit au total 1 228 millions de personnes. Ils ne coïncident pas avec les pays les plus riches, qualifiés d'*avancés* car disposant de plus de 11 100 dollars annuels par tête (chiffre qui correspond à peu près au revenu moyen mondial), selon les critères retenus par la Banque mondiale dans ses *World Development Indicators* et par le FMI. Cette dernière catégorie, qui compte 900 millions de personnes, comprend 16 pays aujourd'hui riches, mais politiquement rattachés au tiers-monde (voir note 18) ; en revanche, elle exclut la Russie et les pays d'Europe orientale, industrialisés mais relativement pauvres.

8. Ce recul est simple à comprendre si l'on se souvient que l'UE (élargie à 27 pays depuis le 1^{er} janvier 2007) ne représente, malgré ses 503 millions d'habitants, que 1 à 2 % de l'accroissement total annuel de la population mondiale, contre 21 % pour l'Inde et 8 % pour la Chine.

9. Cette prévision est donnée par l'OCDE dans ses *Perspectives environnementales pour 2030*. Déjà, 6 des 7 pays les plus peuplés du monde sont des PVD. Il s'agit de la Chine, de l'Inde, de l'Indonésie, du Brésil, du Pakistan et du Bangladesh. Ces six pays comptent ensemble 3,1 milliards d'habitants, soit près de la moitié (47 %) de la population mondiale, en 2007.

10. La transition démographique est déjà arrivée à son terme pour des pays comme le Brésil, le Chili, la Chine, la Thaïlande, l'Iran ou la Tunisie, et encore plus pour la Corée, qui a aujourd'hui l'indice de fécondité le plus bas du monde : 1,1 enfant par femme. Le Japon, l'Allemagne, l'Espagne et toute l'Europe orientale, Russie incluse, ont aussi des taux très bas, autour de 1,3. L'OCDE estime que la fécondité sera au-dessous du seuil de remplacement des générations dans la plupart des pays, y compris les PVD, en 2030.

11. La population des 49 pays les moins avancés (PMA) notamment passera de 800 millions d'habitants en 2007 à 1,7 milliard en 2050 – malgré une projection de fort déclin, même dans ces pays, du taux de fécondité, qui reviendrait de 5,1 enfants par femme actuellement à 2,5 à cet horizon.

12. Il s'agit de Mexico, São Paulo, Mumbai (Bombay), Delhi et Shanghai. Les deux autres agglomérations de plus de 15 millions d'habitants sont Tokyo et New York. Le Caire, Karachi, Dacca, Pékin, Chong Qing, Manille, sont d'autres métropoles du Sud approchant 15 millions d'habitants.

13. L'OCDE estime, dans ses *Perspectives environnementales pour 2030*, le nombre de citadins à 3,15 milliards en 2006, soit 49 % de la population du globe, contre 27 % seulement en 1950 (il y avait alors 730 millions de citadins sur une population mondiale de 2,52 milliards). Il devrait avoir dépassé celui des ruraux en 2008, pour la première fois de l'histoire de l'humanité ; la population urbaine croît de 2,7 % par an contre 1,7 % pour la population globale ; elle devrait dépasser 60 % du total en 2030. Les 1,8 milliard de citadins supplémentaires se situeront à hauteur de 89 % dans les pays hors OCDE ; en 2030, 80 % de la population urbaine se trouvera dans ces pays.

14. Un tiers des 3,3 milliards de citadins du monde vit déjà dans des bidonvilles du tiers-monde. La population des villes africaines devrait tripler en seulement deux décennies ; or les bidonvilles rassemblent 70 % de la population urbaine dans nombre de pays d'Afrique subsaharienne. Ces éléments sont donnés par le Programme des Nations unies pour l'habitat et par l'OCDE.

15. En 2007, l'Inde ne possédait encore que 8 voitures pour 1 000 habitants, contre une moyenne de 450 en Europe. Mais elle produit déjà 1,4 million de véhicules par an et devrait atteindre 2 millions dès 2010.

16. Les statistiques internationales sont généralement établies aux prix et taux de change nominaux. La parité des devises de nombre de PVD et des pays d'Europe de l'Est étant notoirement sous-évaluée, les résultats peuvent être très différents si on les mesure aux parités de pouvoir d'achat (PPA), en fonction des prix réels des produits de part et d'autre. Ainsi, la Chine n'avait en 2006, aux cours de marché du yuan, qu'un revenu national de 2 620 milliards de dollars – inférieur à celui de l'Allemagne, qu'elle dépasse désormais – et son niveau de vie la classait parmi les pays à revenu « intermédiaire faible ». Mais, en PPA, son revenu national triple atteignait 6 120 milliards de dollars, soit

10,2 % du *total mondial*. L'Inde, en PPA également, était à 2 730 milliards de dollars la même année, soit 4,5 % du total mondial. Compte tenu de leur croissance rapide depuis deux ans, on peut estimer leur part combinée dans la production mondiale en 2008 entre 16 et 17 %. Ces chiffres tiennent compte de la forte révision statistique opérée par la Banque mondiale fin 2007, qui a réduit le produit national chinois calculé en PPA de 40 % d'un coup.

17. Avec des taux de croissance moyens dépassant 3 % annuels depuis douze ans (soit 2 % par tête), ils sont déjà les onzième et quatorzième puissances économiques. Le Brésil, grand exportateur d'aéronautique et de mécanique, se situe même au dixième rang après correction des parités de pouvoir d'achat. Le Mexique est de plus en plus imbriqué à l'économie américaine, malgré un niveau de vie formé au tiers de celui des pays avancés.

18. Leur rapide progrès a déjà fait sortir quelques privilégiés du sous-développement : c'est le cas de la Corée, naguère très pauvre et devenue en un demi-siècle une puissance industrielle forte, membre du club des pays riches de l'OCDE, et de 15 autres pays plus petits, classés « à haut revenu » selon les critères de la Banque mondiale : les trois autres « dragons » d'Asie orientale (Taïwan, Hong Kong et Singapour), des émirats pétroliers et quelques micro-États insulaires – en tout, 16 États ou territoires du tiers-monde.

19. Entre 1999 et 2008, la croissance annuelle des pays avancés a été de 2 % l'an en moyenne, mais celle des pays émergents et en développement de 6,5 %, selon la Banque mondiale. L'écart était beaucoup moins fort sur la décennie précédente : + 3,8 % l'an contre + 2 %. Il semble que ces croissances accélérées soient propres aux périodes où un pays rassemble toutes ses énergies pour rejoindre un groupe de tête, bénéficiant de « raccourcis » permis par les progrès technologiques faits par d'autres avant lui.

20. En 2007, selon le FMI, deux économies émergentes ont apporté à elles seules 36 % de la croissance mondiale : la Chine y a contribué pour 27 %, et l'Inde 9 %.

21. L'Afrique subsaharienne est la seule grande région du monde qui cumule un très faible niveau de départ et une faible croissance, trop lente pour compenser la progression démographique la plus rapide du monde (près de 3 % par an sur le dernier quart de siècle). La fâcheuse conjugaison de ces deux phénomènes n'est pas un hasard, puisque pauvreté et natalité galopante s'entretiennent l'une l'autre. Une autre cause est la multiplication des guerres civiles sur tout le continent. Le résultat est une *baisse* continue du revenu par tête : - 0,9 % par an sur le dernier quart du xx^e siècle, selon le PNUD. 23 pays, rassemblant la majorité de la population d'Afrique noire, sont plus pauvres aujourd'hui qu'en 1975, et le niveau de vie moyen réel n'est, même après correction des PPA, que moins du quart de la moyenne mondiale. Un redémarrage semble cependant en cours : + 2,5 % de croissance annuelle du revenu par tête depuis 2000, selon la Banque mondiale, et + 3 à 4 % depuis deux ans.

22. Malgré de brillantes exceptions, comme les Émirats arabes unis ou le Maghreb, et des ressources pétrolières très importantes, le Proche et le Moyen-Orient souffrent eux aussi de la violence des conflits politiques et connaissent des taux de croissance nettement plus lents que la moyenne mondiale. Avec l'Afrique subsaharienne et certains pays des Andes et des Caraïbes, ces pays comptent l'essentiel de la catégorie des pays « à bas revenu » (905 dollars annuels par tête ou moins) recensés par la Banque mondiale.

23. Par exemple, depuis 1990, les importations des pays riches ont augmenté de 67 % (+ 44 % seulement pour la zone euro), tandis que celles des pays pauvres ont doublé

et celles des pays « à revenu intermédiaire » ont été multipliées par 2,6. Les importations des PVD d'Amérique latine et d'Asie ont triplé, sur la même période.

24. Le quadruplement d'ici 2020 est, malgré le nouvel accent mis sur l'« harmonie sociale » (voir note 56), un objectif officiel du gouvernement de Pékin. La Chine produit déjà davantage de véhicules à moteur que la France (4 millions) ; la moitié des téléviseurs, les trois quarts des jouets, 40 % des ordinateurs produits dans le monde sortent de ses usines.

25. En 2005, sa part dans les émissions de GES atteignait déjà 18 %, contre 22 % pour les États-Unis ; elle a rejoint leur niveau en deux ans seulement, alors que cet événement était initialement prévu pour... 2025. Une estimation révisée de l'AIE donne en effet la Chine au premier rang des émetteurs mondiaux de CO₂ dès 2007, avec 6,02 millions de tonnes émises (après 5,6 en 2006) contre 5,91 pour les États-Unis. Pour l'Agence environnementale néerlandaise, ce dépassement se serait même produit dès 2006, avec 6,2 millions de tonnes de CO₂ émis. Quoi qu'il en soit, la rapidité de la croissance chinoise ne laisse pas de doute sur la situation actuelle. Une évaluation parue en juillet 2008 indique d'ailleurs qu'après une nouvelle augmentation de 8 % en 2007 (due surtout aux cimenteries), la Chine émettrait désormais le quart du CO₂ de la planète, contre 21 % pour les États-Unis...

26. Les émissions chinoises de SO₂ ont dépassé 25 millions de tonnes en 2005, en augmentation de 32 % sur trois ans.

27. Le problème est que la construction de centrales électriques est, depuis 2000, déléguée aux autorités provinciales, souvent négligentes en matière écologique.

28. Ces éléments figurent dans une étude de l'Université de Californie (*Journal of Environmental Economics and Management*, mai 2008), pour qui la quantité de CO₂ émise par la Chine a augmenté et continuera à augmenter de 11 % par an en moyenne entre 2004 et 2010. Même s'il y a des gains d'efficacité énergétique (CO₂ émis par unité produite), il faut en effet tenir compte du fait que la croissance industrielle chinoise, encore plus rapide que la croissance globale du pays, dépasse 15 % l'an.

29. En 2005, la Chine a consommé 26 % de l'acier et 47 % du ciment produit dans le monde, ainsi que 32 % du riz, 37 % du coton, et 67 millions de tonnes de viande, contre 39 pour les États-Unis. Le ciment, nécessaire pour un rythme de construction effréné, cause à lui seul près d'un dixième des émissions de gaz carbonique chinoises.

30. Selon l'Organisation mondiale du tourisme, 34 millions de touristes chinois ont voyagé en 2006 (dont 600 000 en France, ce qui ne représente encore que moins de 1 % de nos visiteurs) ; ce chiffre triplerait d'ici 2020.

31. Selon les projections du scénario de référence de l'AIE – voir chapitre VII.

32. Le PNB mondial était de 48 000 milliards de dollars en 2006, soit une progression de moitié en cinq ans (inflation non déduite) par rapport aux 32 000 milliards de dollars de 2001 ; il atteindrait au moins 140 000 milliards de dollars (de 2001) en 2050, soit une progression moyenne réelle d'un peu plus de 3 % l'an, dont les PVD seraient bien les « locomotives ».

33. Selon l'OCDE, la part de ses membres dans les émissions totales de CO₂ était de 65,9 % (pour 15,7 milliards de tonnes d'émissions totales) en 1973, contre 48,6 % seulement (d'un total mondial de 27 milliards de tonnes de CO₂) en 2004. Dans le même temps, la part de la Chine a monté de 5 à 18 %...

34. En 2005, l'ensemble des pays en développement ne disposait que de 41 % de l'énergie primaire mondiale, 50 % allant aux pays OCDE, et 9 % aux « économies en transition » (dont la Russie) ; l'Amérique du Nord consommait à elle seule 27 % du total mondial.

35. En 2030, la consommation mondiale d'énergie prévue par l'AIE sera de 17,7 milliards de TEP (tonnes d'équivalent-pétrole). La part des pays actuellement industrialisés ne serait plus que de 48,4 % (40,1 pour les pays OCDE, 8,3 pour les économies en transition). La Chine consommerait à elle seule 20 % du total mondial, et le reste de l'Asie 14 %. Le scénario alternatif, avec un effort résolu d'économies d'énergie, permettrait de limiter la consommation mondiale à 15,4 milliards de TEP, mais n'induirait guère de changement dans la répartition : 41 % pour l'OCDE, 19,5 % pour la Chine, 13,7 % pour le reste de l'Asie.

36. La CNUCC précise que les GES émis ont évolué comme suit (chiffres de 2004 par rapport à 1990) : Inde + 70 %, Brésil + 57 %, Chine + 49 %, Canada + 27 %, États-Unis + 16 %, Japon + 7 %, Europe - 10 %, Russie - 38 %.

37. Chiffres de l'AIE. À l'horizon 2030, l'Agence prévoit une augmentation de 70 % des rejets de CO₂ en moyenne mondiale, se répartissant entre + 133 % dans les PVD et + 33 % seulement dans les pays industrialisés.

38. La part des PVD dans les émissions de dioxyde de carbone à usage énergétique était de 30 % en 1990 (6,17 milliards de tonnes sur 20,8) ; en 2005, elle atteint 41 % (11,5 milliards de tonnes sur 28). La projection de l'AIE porte cette part à 49,8 % en 2020 (18 milliards de tonnes sur 36,1). Les 36 milliards de tonnes de CO₂ prévus pour 2020 équivaldront à 10 milliards de TEC, sans compter les autres gaz à effet de serre.

39. L'estimation donnée par le GIEC est un peu plus conservatrice : elle attribue aux pays non couverts par Kyoto entre deux tiers et trois quarts du total de la progression à venir des émissions de CO₂ de source énergétique.

40. Selon les *Perspectives globales pour l'environnement* du PNUE.

41. Le voile atmosphérique réduit la récolte de riz d'hiver d'au moins 10 %. Il endommage les autres cultures et les arbres par les pluies acides qui en tombent. Le problème est assez grave pour avoir fait l'objet en août 2002 d'un rapport spécial du PNUE, puis d'un projet *ad hoc* de recherche - Asian Brown Clouds -, doté de 17 millions de dollars sur cinq ans pour étudier ses effets et élaborer une stratégie de lutte.

42. Les épisodes de pluies intenses sont plus nombreux et plus violents, tandis que les pluies modérées se font plus rares. Cette étude sur la mousson indienne est de G. S. Bhat, du Centre des sciences atmosphériques et océaniques de Bangalore (*Science*, décembre 2006).

43. Le programme européen de recherches AMMA a établi un lien entre le réchauffement climatique et la perturbation de la mousson africaine. Cette dernière serait d'ailleurs en corrélation inverse avec la mousson indienne, dont le renforcement se traduirait par une baisse périodique de la pluviosité en Afrique.

44. L'étude internationale publiée par *Science* en octobre 2002 montre que les circulations d'air en période estivale amènent au-dessus de la Méditerranée de nombreux polluants venus d'Europe, mais aussi d'Amérique du Nord et d'Asie. Les particules en suspension refroidissent la surface de près de 10 %, réduisant l'évaporation et, par voie de conséquence, les précipitations, mais de façon inégalement répartie : forts déficits en Tunisie, dans le désert de Nubie et au Proche-Orient, mais excédents au Sénégal.

45. Deux se trouvent en Chine (dont Linden, ville charbonnière du Shanxi, en tête de ce triste palmarès), deux en Inde, un au Pérou et un en Zambie (il s'agit dans ces deux derniers cas de mines de plomb). Les quatre autres sites les plus pollués se trouvent en URSS, groupe de pays « émergents » mais déjà industrialisés.

46. Les Inuits (Esquimaux, familièrement) sont particulièrement menacés, les déchets toxiques s'accumulant dans les poissons qu'ils consomment. Dès le milieu du siècle dernier, on y retrouvait des doses anormales de plomb !

47. La moyenne pour les pays de l'OCDE s'établissait en 2005 à 11,7 tonnes de CO₂ par habitant, soit le triple de la moyenne mondiale et cinq fois celle des pays non participants aux engagements chiffrés de Kyoto, qui n'était que de 2,2 tonnes par habitant (chiffres du rapport WRI 2006). Si l'on ajoute au dioxyde de carbone les autres gaz à effet de serre, un habitant des États-Unis émet 6,8 tonnes de carbone (TEC) par an, un Européen 3 TEC (4 pour l'Allemagne mais 2,4 seulement pour la France), et un habitant du tiers-monde 0,6 TEC seulement.

48. Les émissions de gaz carbonique d'origine énergétique par tête d'habitant sont plus élevées en Chine – 3,7 tonnes par an –, mais beaucoup plus faibles dans certains pays du Sud : 0,1 tonne de CO₂ par habitant par an pour un Bangladeshi ou un Éthiopien, comme le souligne le PNUD dans son rapport annuel de novembre 2007.

49. L'annonce d'un progrès de 3,3 % de l'efficacité énergétique de la production chinoise a été faite en mars 2008 par le Premier ministre, Wen Jiabao. Cependant, la production industrielle progressant d'au moins 15 % l'an, cette amélioration laisse place à une forte progression des émissions de GES en valeur absolue...

50. Cette inversion de tendance est constatée dans les rapports du GIEC.

51. Même des pays qui en auraient les moyens vont tendre à privilégier d'autres urgences : la croissance la plus rapide possible (modèle chinois), l'éducation (modèle indien), la mise en valeur des régions encore sauvages (modèle brésilien). Ce point de vue est reflété par exemple par la déclaration du ministre chinois Gao Feng à la conférence de New Delhi : « Le développement économique et social reste la priorité des nations en développement, et les mesures sur le changement climatique [ne] devraient être prises [que] conformément à cette priorité. »

52. La pollution agricole peut pourtant aussi faire de nombreuses victimes : 500 paysans sont morts en quelques jours dans le sud de l'Inde, en septembre 2001, d'avoir respiré les pesticides qu'ils utilisaient dans leurs champs de coton.

53. Par exemple, 70 % du bois ramené d'Asie du Sud-Est en Chine est réexporté sous forme de meubles vers les États-Unis et l'Europe ; un pays comme la Suède bénéficierait d'une réduction de 10 % de ses émissions de CO₂ grâce aux importations venues d'Asie. *Re-Thinking China's Outward Investment Flows*, rapport du WWF publié le 25 avril 2007.

54. Selon un rapport intitulé *Prendre ses responsabilités*, publié en 2007 par le groupe écologiste américain National Environmental Trust, les États-Unis seraient responsables de 27,8 % des émissions des GES produites depuis le début de l'ère industrielle jusqu'à 2005, contre 7,8 % pour la Chine. Les États-Unis et l'Europe réunis sont à l'origine de plus de la moitié des émissions de GES accumulées depuis deux siècles, contre 0,5 % seulement pour les 50 pays les moins développés.

55. Notamment la conférence de New Delhi (novembre 2002). Le premier infléchissement notable est celui apporté par la conférence de Bali, en décembre 2007 ; voir chapitre VI.

56. La mise en place d'un « PIB vert », prônée par la SEPA (State Environmental Protection Agency) et des professeurs chinois, a hélas été reportée *sine die* par Pékin en juillet 2007, mais des critères environnementaux seraient mis en place pour l'évaluation des cadres du parti. Les dirigeants de l'Empire du Milieu – le président Hu Jintao et le

Premier ministre Wen Jiabao – ne perdent toutefois pas de vue l'« harmonie sociale », c'est-à-dire la nécessité d'une croissance forte pour fournir des emplois aux millions de jeunes issus de l'exode rural.

57. La SEPA (State Environmental Protection Agency) comprend de véritables écologistes parmi ses dirigeants, même si ses actions sont souvent bloquées par les pouvoirs locaux – « au cours des cinq dernières années, en appliquant la loi, nous nous sommes aperçus que de grosses industries polluantes sont protégées par les gouvernements locaux », a déclaré tout de go Pan Yue, numéro 2 de la SEPA, à la presse en juillet 2007, ce qui ne l'a pas empêché de devenir vice-ministre de l'Environnement. La SEPA demande la fermeture de 6 000 usines et a trouvé un grand impact auprès du public avec des campagnes comme « *green choice* » incitant à ne pas choisir des produits fabriqués par des entreprises polluantes. Cependant, elle a dû déclarer l'année 2006 « la plus noire de l'environnement ». De plus, son budget (30 millions d'euros) est deux cents fois moindre que celui de son homologue américain et elle ne compte que 400 agents (contre 18 000 aux États-Unis).

58. Le chiffre officiellement avancé est de 1,5 % du produit national, mais la croissance chinoise est si rapide que les 175 milliards de dollars prévus ne devraient représenter qu'un peu plus de 1 % du PIB cumulé des années 2006-2010.

59. Les principaux émetteurs de GES sont actuellement, à égalité approximative en 2007, la Chine et les États-Unis (22 % du total mondial chacun) ; puis viennent la Russie (6 %) et l'Inde (5 à 6 %), devant le Japon (4,5 %).

60. Les ministres de l'Environnement des cinq grands PVD conviés en 2007 au sommet du G8 de Heiligendamm (Afrique du Sud, Brésil, Chine, Inde, Mexique), formant un nouveau G5, avaient reconnu « l'irréversibilité du changement climatique actuel »... mais pour rappeler aussitôt « la responsabilité [prioritaire] des pays industrialisés ». Le délégué chinois, par exemple, « doutait du droit des pays industrialisés, qui n'ont pas rempli leurs propres engagements dans la réduction de CO₂, de critiquer les autres pays ».

61. La Chine a été, avec l'Arabie Saoudite, en tête des pays les plus réticents lors des conférences du GIEC en 2007.

62. Ces propos du secrétaire général de l'ONU ont été tenus lors d'une interview donnée le 2 juillet 2007 à Genève.

DEUXIÈME PARTIE

LA SCIENCE ET L'ÉCONOMIE AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT

Chapitre IV

RÉCONCILIER SCIENCE ET ENVIRONNEMENT

1. La célèbre suite pour orchestre de Paul Dukas (1897) a pour argument la ballade écrite sur ce thème par Goethe exactement un siècle plus tôt : l'aide-magicien est débordé par l'instrument créé par ses formules mal employées.

2. N. Sarkozy a souligné ce point lors du Grenelle de l'environnement, en octobre 2007 : « Nous allons réussir par l'investissement. D'abord l'investissement dans la recherche, dans les progrès technologiques. »

3. Un économiste de renom comme C. de Boissieu montre que, même avec des efforts surhumains d'économies, on ne pourrait que diviser par trois les émissions françaises de gaz à effet de serre avec les techniques actuelles ; seule la science permettra d'aller plus loin. Les six scénarios présentés par les experts internationaux montrent d'ailleurs clairement la mauvaise performance de ceux qui intègrent peu de progrès technologique. Sur les six groupes de scénarios du GIEC, évoqués au chapitre I, les modèles de type A2 et B2, qui décrivent un monde plus fragmenté et donnant moins de place au changement technique, sont parmi les plus défavorables.

4. On attend beaucoup maintenant d'un nouvel agent traitant biologique, un « mycopesticide », qui utilise les spores d'un champignon – *Metarhizium anisopliae* –, pathogènes pour les criquets et autres acridiens. Cet agent traitant, qui ne présente apparemment pas de dangers pour l'environnement, a été utilisé pour la première fois à grande échelle en Australie en 2000. Mais il n'est pas encore disponible partout.

5. Les « microhybrides » n'ont pas une double motorisation comme les vraies hybrides ; cependant, elles parviennent à diminuer la consommation d'un tiers grâce un nouvel alternodémarreur développé par Valeo et par Bosch, qui gère la coupure du moteur aux arrêts (il redémarre en trois dixièmes de seconde) et à la récupération de l'énergie cinétique des freinages, stockée et réutilisée pour booster redémarrages et reprises.

6. Les batteries existantes nickel-cadmium, puis nickel-métal hydrure, n'offraient qu'une autonomie de 80 kilomètres environ. Les nouvelles batteries lithium-ion, déjà présentes dans les appareils électroniques portables et les satellites, portent cette autonomie à 200 kilomètres, avec un gain de poids et d'encombrement de moitié ; elles restent cependant lourdes (300 kilos pour une voiture 100 % électrique). La première ligne mondiale de fabrication de ces nouvelles batteries a été inaugurée en 2008 à Nersac (Charente) par l'entreprise SAFT. Elle en produira d'abord pour la Mercedes classe S hybride qui entre en fabrication en 2009 ; les voitures tout-électrique ne sont prévues que pour 2011. Les filières concurrentes sont des batteries lithium – métal polymère (proposée par Bolloré, qui va investir 500 millions d'euros dans cette technologie à Turin, en Bretagne et au Canada). Michelin propose, lui, avec son *active wheel*, des moteurs électriques logés dans les roues, qui suppriment les problèmes de transmission.

7. Les voitures hybrides combinent un moteur électrique, fonctionnant pour les petites vitesses, et un moteur thermique classique, utilisé sur route et pour recharger la batterie. Elles permettent de réduire la consommation (et donc la pollution et les GES) de 30 % environ. Le modèle le plus connu est la Prius de Toyota, en vente depuis 1997. La troisième génération de Prius, dotée de batteries lithium-ion, est annoncée pour 2010 ; elle pourrait permettre de réduire fortement le temps d'utilisation du moteur à essence, ramenant la consommation à 1,5 litre aux 100 kilomètres.

8. L'utilisation des voitures hybrides sera facilitée par le « *plug-in* », système dans lequel le moteur électrique est mû par des batteries rechargées sur une prise et non par le seul moteur thermique, ce qui permettrait de diminuer la consommation de moitié, mais aucune date de commercialisation de ces modèles n'a été avancée.

9. La course World Solar Challenge, organisée sur 3 000 kilomètres en Australie en octobre 2007 a réuni 39 participants. Le prototype français Helios IV (4 mètres, 165 kilos),

mis au point à l'école d'ingénieurs de Lille, a parcouru la distance en sept jours, mû par la seule énergie de ses 5 m² de panneaux solaires.

10. L'hydrogène, atome le plus simple et composant principal des étoiles, n'existe pas à l'état libre sur Terre ; il peut être obtenu facilement par simple électrolyse de l'eau (H₂O) pour dissocier oxygène et hydrogène, en quantités illimitées mais en consommant du courant électrique. Le problème est celui du stockage, potentiellement dangereux (voir note 14). À l'inverse, la production décentralisée (« à la pompe ») d'hydrogène par « reformage » à partir de gaz, d'essence, de méthanol ou d'éthanol est plus facile à manier, mais repose le problème de l'émission de CO₂.

11. Le principe de la pile à combustible, inverse de l'électrolyse, est simple et ses techniques de base bien maîtrisées. Son rendement thermique, environ 50 % est nettement supérieur à celui du moteur à combustion classique, qui ne peut dépasser 35 %.

12. Plus exactement, l'absence totale de rejets polluants est vraie du procédé pile à combustible/moteur électrique, alors que le moteur à combustion remplaçant essence ou diesel par de l'hydrogène liquide émet une quantité très faible de gaz carbonique (CO₂), d'oxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures.

13. Entre autres difficultés, la catalyse nécessite du platine (environ 1 gramme par kW de puissance), métal plus précieux que l'or... au cours actuel, le seul coût du platine représente 3 000 dollars pour un petit moteur. De multiples tentatives sont en cours pour atteindre l'objectif d'une division par cinq de la quantité de platine utilisée en 2010, allant des nanotubes de carbone à un composé de cobalt et d'un polymère synthétique aux États-Unis (*Nature*, septembre 2006) ou à l'utilisation des propriétés des plasmas, étudiée en France par le CNRS.

14. L'hydrogène ne passe à l'état liquide, indispensable pour un stockage efficace, qu'à une température de - 253 °C, proche du zéro absolu ; il doit donc être conservé sous des froids ou - ce qui revient au même - des pressions intenses (700 bars, à température ambiante) qui peuvent exploser, car l'hydrogène est très volatil et très inflammable. Cela oblige à protéger le réservoir cryogénique par une épaisse double paroi (selon le principe de la bouteille thermos). Des améliorations sont possibles, comme le stockage du gaz sous forme de dépôts métalliques ou l'utilisation, à l'étude, de matériaux poreux à haute densité, ou de polymères pour améliorer le nombre de cycles de mise sous pression.

15. Selon des experts, construire un véritable réseau de distribution d'hydrogène dans les 5 principaux pays européens coûterait 100 milliards de dollars ! Honda envisagerait toutefois de commercialiser, en Californie, des stations produisant de l'hydrogène à domicile par « reformage » à partir de gaz de ville (ce qui sera positif pour la pollution, mais ne réduira pas les émissions de GES).

16. Sous l'impulsion de son dynamique gouverneur, A. Schwarzenegger, cet État américain a lancé un programme d'installation de près de deux cents stations-service qui distribueront de l'hydrogène liquide le long des principales autoroutes, à l'horizon 2010. Il existait, fin 2007, 28 pompes de ce type en Californie et 8, très subventionnées, en Allemagne. Le Canada envisage pour sa part de construire une « autoroute hydrogène » à sa frontière avec les États-Unis.

17. Le « reformage » consiste à décomposer chimiquement la molécule de carburant en hydrogène, avec des rejets d'azote et de monoxyde de carbone (oxydé en CO₂ avant émission à l'extérieur). Son rendement atteint 80 %.

18. Ce modèle de « bâtiment vivant » est proposé par l'architecte américain William McDonough, qui l'a installé non seulement dans des habitations, mais aussi dans un collège de l'Ohio et une usine Ford.

19. Ce simple procédé va servir à chauffer un immeuble de bureaux voisin de la gare centrale de Stockholm.

20. Par exemple les briques « monomur » dotées de petites alvéoles pour retenir l'air, proposées en France par Imerys, peuvent être directement enduites et gardent la chaleur comme la fraîcheur.

21. Les toits et murs végétalisés sont formés de minces couches de nutriments et de plantes qui absorbent l'eau de pluie ainsi que le gaz carbonique, produisent de l'oxygène et nettoient l'atmosphère des particules en suspension. On sait déjà accroître leur efficacité et leur étanchéité pour combiner sécurité et effet écologique maximum avec un système à quatre couches : étanchéité antiracine (assurée par une membrane bitumineuse) ; drainage ; un substrat (argile, lave ou terreau) ; et des plantes vivaces résistantes, le sedum, installées à partir de tapis précultivés.

22. BASF développe un matériau protecteur contenant des particules de graphite qui piègent le rayonnement thermique. Le concept Hypergreen mis au point par des architectes français prévoit une approche un peu différente : envelopper les tours d'une « résille » de béton protégeant du soleil, de la poussière et du bruit en assurant une ventilation naturelle. Autonome à 70 % en énergie et dotée de serres, Hypergreen pourrait voir le jour en Corée.

23. Le procédé Micronal de BASF, expérimenté sur 3 000 maisons en Allemagne, mélange aux peintures ou crépis des microcapsules contenant un matériau à changement de phase (cire ou paraffine) qui vont, en se liquéfiant ou en se solidifiant, apporter 4 à 5 °C de froid ou de chaleur.

24. Les particules de dioxyde de titane, pulvérisées sur les vitres, captent les rayons solaires et émettent de l'oxygène actif, qui décompose les polluants et micro-organismes ; de plus les surfaces traitées étalent l'eau de pluie, qui nettoie les salissures

25. C'est le cas de la peinture Natura à base d'huiles végétales (alors que les peintures à base acrylique ou aqueuse nécessitent des additifs chimiques), qui a reçu en 2008 le prix Pierre-Potier de l'innovation en chimie.

26. Les LED (*Light Emitting Diodes*) sont déjà présentes dans notre vie quotidienne comme témoins lumineux, par exemple sur les tableaux de bord des voitures. Naturellement colorées, elles peuvent émettre une vive lumière blanche en mélangeant les couleurs. Elles consomment 30 % d'énergie en moins, émettent deux fois plus de lumière par watt, peuvent fonctionner sous basse tension et leur durée de vie atteint 40 000 à 100 000 heures, contre moins de 10 000 pour une ampoule ordinaire. Leur défaut est cependant d'engendrer de la chaleur, ce qui tend à les limiter à l'éclairage d'appoint. Des entreprises comme Philips en Europe ou Cree aux États-Unis investissent pour les fabriquer à grande échelle. Certaines villes – Raleigh (aux États-Unis, 350 000 habitants), Toronto (Canada, 2 millions d'habitants), Split (Croatie, 190 000 habitants) – commencent à les utiliser pour l'éclairage public. Le sujet est d'importance, car les quelque 30 milliards de lampes qui éclairent la planète consomment environ 15 % de la production électrique totale.

27. Les OLED (*Organic Light Emitting Diodes*) sont non pas des sources ponctuelles comme les LED, mais des surfaces lumineuses souples, minces et peu gourmandes en électricité. Composées d'un matériau luminescent pris entre deux électrodes, elles peuvent

être posées sur du verre ou de l'acier et conservées en rouleaux. General Electric est même parvenu en 2008 à les imprimer sur des rotatives, comme de simples journaux ! Leur efficacité est élevée (plus de 100 lumens par watt, contre 20 pour une ampoule classique). Leur défaut est cependant leur fragilité (elles se dégradent même à l'arrêt), entraînant une durée de vie courte. Le projet européen OLLA, doté de 20 millions d'euros, vise à trouver des solutions, par l'utilisation des matières plastiques et de la fluorescence. D'ici à une quinzaine d'années, les OLED devraient remplacer écrans, plafonniers et même vitrages – le degré de transparence actuellement atteint par des chercheurs allemands est déjà de 85 %.

28. L'ADEME a lancé en 2004 un appel à projets axé sur cette thématique. Dans ce cadre ont été proposés des sous-vêtements à base de viscose issue du bambou, des teintures à base de plantes, des chaussures de randonnée utilisant des matériaux renouvelables (chanvre ou caoutchouc naturel), un aspirateur en polypropylène expansé (matière plastique la plus aisée à recycler, avec le polyester), allégé de moitié et consommant 20 % d'électricité en moins, etc.

29. La technique repose sur des microcapsules incorporées dans le tissu (elles sont greffées sur les fibres par un procédé électrochimique) et capables d'emmagasiner de la chaleur pour la restituer en suite. Brevetée par le lainier Roudière (mais applicable aussi bien à des fibres de coton, de lin ou de soie), elle a été commercialisée en prêt-à-porter masculin en France à partir de février 2007.

30. Par exemple, 10 universités canadiennes ont formé, avec le Conseil national de recherche, le réseau *Sentinel*, pour développer un papier d'emballage bioactif, changeant de couleur au contact d'un produit contaminé ; la création de filtres de papier dont la coloration indiquerait si une eau est potable ou non est aussi envisagée. La Finlande poursuit un projet similaire, pour commercialisation d'ici cinq à dix ans.

31. Ces nanosphères biodégradables, mises au point par l'Argonne National Laboratory américain, sont constituées d'un composé ferromagnétique recouvert d'une couche de polyéthylène glycol et de protéines, exerçant un effet purifiant sur le milieu sanguin.

32. Il s'agit de la Soft Battery : un carré de 5 centimètres de côté et 0,4 millimètre seulement d'épaisseur, constitué d'un sandwich zinc-dioxyde de manganèse et délivrant 1 à 3 volts, développé par la start-up finlandaise Enfucell.

33. Le verre des écrans plasma actuels (pour la télévision) contient une dose significative d'oxyde de plomb stabilisateur. Panasonic serait le premier producteur à proposer, depuis 2007, un écran totalement sans plomb.

34. Ce goudron gris, baptisé Noxer, breveté par Vinci et développé en partenariat avec le Japonais Mitsubishi Materials, contient du dioxyde de titane, qui réagit à la lumière et piège les molécules de dioxyde d'azote (NO₂) rejetées par les gaz d'échappement, les transformant en doses minimales de nitrates. Il a été expérimenté d'abord en 2006 à Dinan, puis dans plusieurs autres villes françaises.

35. Par exemple, une bactérie (*TCA1*) trouvée dans la boue de la rivière Hudson, aux États-Unis, est capable de « respirer » le trichloroéthane, solvant industriel cancérigène et destructeur de la couche d'ozone, et de le transformer en composants biodégradables ; elle serait capable de décontaminer en quelques mois un sol pollué. Ce serait une proche cousine de *Dehalobacter restrictus*, connu pour être capable de détruire le perchloroéthylène de la même façon (*Science*, 1^{er} novembre 2002). Des bactéries des genres *Thiomonas* et *Ralstonia* sont capables d'oxyder l'arsenic, le rendant moins soluble dans l'eau et facile à fixer (brevet BRGM).

36. Le savant Jean Weissenbach, pionnier du séquençage du génome humain, a ainsi trouvé, en explorant la flore bactérienne de la station d'épuration d'Évry, des enzymes dont on ne soupçonnait pas l'existence, et le génome d'une bactérie capable d'oxyder l'ammoniac.

37. *Deinococcus radiodurans* est capable de résister à des doses radioactives de 5 mégarads, soit 5 000 fois le seuil de tolérance humaine. On a par exemple constaté la survivance de cette bactérie dans des conserves qui avaient été fortement irradiées, justement pour en éliminer toute trace de vie ; c'est même comme cela qu'elle fut découverte en 1956 par un laboratoire de l'Oregon... dans une boîte de corned-beef !

38. Les bactéries du genre *Psychrobacter*, notamment les *Methanococcoïdes*, peuvent supporter des froids de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$; on les retrouve en Antarctique comme dans nos réfrigérateurs. Les « fumeurs noirs », sources chaudes qui jaillissent des dorsales océaniques, abritent toute une faune, dont *Staphylothermus marinus* qui prospère à près de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ en compactant davantage ses protéines, ou *Sulfolobus*, qui apprécie l'acidité autant que la chaleur. L'algue rouge *Cyanidium caldarium* supporte des eaux hyperacides (pH de 1) grâce à une pompe à protons organique ; *Picrophilus oshimae*, découverte au Japon, apprécie une acidité encore plus forte, tandis qu'*Acidithiobacillus ferrooxidans* catalyse la formation de l'acide sulfurique ! À l'inverse, *Natrialba magadii*, d'autres archées, comme *Natrococcus*, et les cyanobactéries (algues bleues) se complaisent dans les lacs de soude d'Afrique de l'Est et du Tibet. La plupart des micro-organismes préférant un milieu basique sont aussi halophiles, c'est-à-dire qu'une forte salinité favorise leur développement ; c'est le cas de la famille des *Halococcus*, qui prospèrent par exemple dans le Chott el-Jerid, lac salé tunisien, ou le lac Natron en Égypte – d'où venaient les produits pour embaumer les momies. *Bacillus subtilis* survit au voyage dans l'espace, grâce à sa paroi épaisse et à la formation de spores, etc.

39. Par exemple, des chercheurs – les mêmes qui avaient découvert dans les montagnes du Pacifique un champignon produisant le taxol, remède efficace contre le cancer – ont trouvé dans les eaux ultra-corrosives remplissant un ancien puits de mine dans le Montana (États-Unis) des micro-organismes dont les capacités de survie exceptionnelles pourraient servir à développer de nouveaux médicaments.

40. C'est par exemple le cas du MIL-101, un matériau – du téréphtalate de chrome à l'état pulvérulent – développé par l'institut Lavoisier ; 1 kilo de ce matériau est capable d'engloutir 400 m^3 de CO_2 , sous forte pression mais à température ambiante ! Le stockage d'hydrogène, essentiel en vue d'un allègement des piles à combustible, n'est malheureusement possible qu'à température encore très basse ($-200\text{ }^{\circ}\text{C}$), mais les chercheurs espèrent ramener cette température à $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

41. Les acides organiques exsudés par les plantes dans le sol contiennent du carbone qu'elles ont capté ; il est libéré dans l'atmosphère sauf si ces acides rencontrent du calcium pour former du carbonate de calcium (craie), un composé très stable qui est alors conservé dans le sol. Selon ce processus, le géologue britannique D. Manning pense que l'addition de calcium dans les champs permettrait de stocker des quantités significatives de CO_2 .

42. Ce projet pour le moins surprenant consisterait à envoyer dans l'espace, dans la zone d'équilibre entre les forces d'attraction de la Terre et du Soleil (à 1,5 million de kilomètres de notre planète), soit un miroir de... 2 000 kilomètres de diamètre (projet du physicien américain Lowell Wood), soit une très grande quantité de petits écrans de 60 centimètres de diamètre renvoyant une partie des rayons solaires. Coût estimé : soit

2 200 milliards de dollars pour le miroir unique, soit 100 milliards de dollars *par an* dans l'autre hypothèse !

43. Paul Crutzen, prix Nobel de Chimie en 1995, propose d'expédier dans la haute atmosphère, par des ballons et des fusées, des quantités de soufre (2 à 5 millions de tonnes *par an*), qui s'oxyderaient en sulfates réfléchissant une partie des rayons solaires ; l'éruption du volcan philippin Pinatubo, en 1991, a en effet abaissé la température terrestre de 0,5 °C pendant des mois du fait de la présence dans la haute atmosphère d'une dizaine de millions de tonnes de soufre, formant un aérosol d'acide sulfurique qui volait une part des rayons solaires. L'hypothèse paraît baroque (qu'on pense aux pluies acides ! et la couche d'ozone en souffrirait, selon une étude récente – *Science*, avril 2008) ; j'y vois plutôt une ironie amère comme celle de la « modeste proposition » de Swift pour résoudre la famine en Irlande...

44. Le Centre d'études économiques et écologiques de Genève propose même, pour faire jouer cet « effet albédo », de... peindre en blanc routes, voitures et bâtiments, estimant le réchauffement qui pourrait être ainsi épargné à 0,4 °C. J. Latham, du Centre américain de recherche atmosphérique, et S. Salter, de l'Université d'Édimbourg, imaginent, eux, de blanchir les nuages en y pulvérisant des milliards de tonnes d'eau de mer !

45. Il existe 1 500 espèces de cyanobactéries. Apparues très anciennement (il y a 3,8 milliards d'années), elles sont une des causes de l'expansion de la vie sur Terre du fait de leur capacité de produire de l'oxygène.

46. Ce procédé est proposé par des physiciens de l'Université de Duisbourg-Essen : il s'agit de capter les rayons solaires et de les diffuser par des fibres optiques dans un bio-réacteur contenant des algues, qui se multiplieront et absorberont du gaz carbonique en quantité (jusqu'à 200 tonnes par hectare de panneaux collecteurs).

47. Trois communautés microbiennes consommatrices de méthane ont été identifiées autour de volcans sous-marins, dont elles absorbent environ 40 % des émissions de CH₄. Elles comprennent des bactéries qui procèdent à une oxydation aérobie du méthane, et deux espèces d'archées qui le dégradent sans avoir besoin d'oxygène. Le résultat est la fixation du méthane et son stockage durable dans les sédiments marins (*Nature*, octobre 2006).

48. Le phytoplancton (plancton végétal), gros absorbeur de CO₂ (il en fixerait annuellement 60 milliards de tonnes), est susceptible de croître beaucoup plus rapidement en présence de fer. D'où l'idée, préconisée au départ par l'océanographe californien John Martin, d'en apporter en complément dans les eaux marines : le gaz carbonique retiré à l'atmosphère serait enfoui au fond des océans lorsque le plancton mort coulerait. Les multiples expériences tentées (laboratoire Moss Sterling en Californie, CNRS aux Kerguelen) ont malheureusement montré que l'extraction et le transport du fer consommèrent trop de combustibles fossiles ; des émissions supplémentaires de protoxyde d'azote (N₂O), puissant GES, seraient à craindre ; de plus, le phytoplancton réagirait dix à cent fois moins au fer extrait qu'au fer naturel ! (*Science*, février 2007 ; *Nature*, avril 2007.)

49. Scientifique de renom, James Lovelock a formulé l'« hypothèse Gaïa », selon laquelle la Terre se comporte comme un « système unitaire autorégulé », proche d'un organisme vivant. Sa correspondance publiée en septembre 2007 dans *Nature* propose d'alimenter le phytoplancton en nutriments venus des eaux profondes grâce à d'immenses tuyaux verticaux (100 à 200 mètres de long, 10 mètres de diamètre) mus par la houle et pourvus d'une valve à sens unique. Ce projet appelle à mon sens les mêmes commentaires que celui de P. Crutzen (note 43 ci-dessus).

50. Les Allemands utilisaient déjà le procédé Fischer-Tropsch pendant la Seconde Guerre mondiale pour liquéfier le charbon, abondant chez eux ; l'Afrique du Sud en tire 30 % de son carburant. La Chine envisage de produire, à terme, jusqu'à 30 millions de tonnes d'ersatz à partir de son charbon pléthorique. Les États-Unis s'y intéressent aussi : trois usines américaines fonctionnent déjà, en gaspillant au passage beaucoup d'énergie et d'eau... De plus, la combustion de ce carburant émet moitié plus de GES que celle du pétrole.

51. Comme pour le traitement des déchets, le métabolisme de certaines bactéries ou archées pourrait permettre de transformer en hydrocarbures certaines formes carbonées inaptes en l'état à la combustion. Plus simplement, des bactéries anaérobies de l'espèce *Synthropus* dopées avec des sels minéraux pourraient gazéifier les pétroles lourds et les schistes bitumineux, abondants notamment au Canada, pour en tirer du méthane, beaucoup plus facile à exploiter et moins polluant (les bitumes et le soufre restent dans le sol), mais en dégageant du CO₂ (*Nature*, décembre 2007).

52. Ce programme de recherche, lancé fin 2004 entre quatre universités et instituts de recherche européens, utiliserait deux catalyseurs successifs, à base de titane puis de platine, pour réduire le CO₂ en méthanol ou en alcanes (méthane, butane, propane...) à température ambiante. Le recours aux nanotubes de carbone (microtubulures cohérentes extrêmement solides) permettra d'améliorer vitesse et rendement du procédé.

53. En Europe, la puissance moyenne d'une éolienne est de 2 à 3 mégawatts (MW). En zone désertique ou en « ferme marine », des puissances unitaires plus importantes sont recherchées, alors qu'en zone urbaine on privilégie de petites puissances, parfois intégrées aux immeubles. Dans les pays du Sud, les éoliennes alimentent des pompes à eau (système Vergnet) ou des petites usines de dessalement d'eau de mer.

54. Un manège à bras pivotants tirés par des cerfs-volants en fibre de carbone, montant jusqu'à 1 000 mètres, pourrait atteindre des puissances de l'ordre de 1 gigawatt (1 000 MW), selon ses promoteurs – la société italienne Sequoia Generation ; cela ferait tomber le coût de production au niveau très compétitif de 0,6 à 1,2 centime d'euro par KWh – dix fois moins que les éoliennes classiques ; mais le système n'en est encore qu'au stade du prototype.

55. Selon le projet de l'entreprise canadienne Magenn Power, un dirigeable flottant à 300 mètres d'altitude environ contient une turbine et des générateurs ; l'électricité produite est transmise par les câbles reliant l'engin au sol.

56. Les panneaux photovoltaïques traditionnels à base de silicium atteignent difficilement 17 % de rendement en fonctionnement réel, quoique les laboratoires dépassent 20 % en associant deux types de silicium (cristallin et amorphe). Les Américains (NLREL, Boeing Spectrolab) viennent de mettre au point, en utilisant des lentilles de Fresnel et en empilant plusieurs couches de métaux semi-conducteurs pour exploiter tout le spectre des longueurs d'onde, des cellules dont le rendement dépasse légèrement 40 % ; le chercheur australien M. Green parvient même à exploiter la bande infrarouge du spectre lumineux en intégrant dans le silicium des nanoparticules de dioxyde de silicium au comportement quantique. Les composants sont malheureusement coûteux. De nouvelles cellules à base de cadmium, de chalcopyrites ou de dioxyde de titane ouvrent d'autres voies.

57. Ces cellules photovoltaïques plastiques à base de couches minces de polymères semi-conducteurs offrent un coût de production très faible. On obtient une substance souple, transparente et mince (0,2 millimètre), facile à poser ; elle pourrait même être étalée sous forme de peinture ! Leur rendement reste cependant modeste (6 à 7 %, mais

des chercheurs suisses annoncent 11 % avec des cellules à colorant) et leur durée de vie limitée à quelques années. Aux États-Unis, la star de cette technique est Nanosolar, dans la Silicon Valley, qui utilise des techniques d'imprimerie pour fabriquer des cellules flexibles de 30 centimètres de large. En France, une couverture solaire de ce type, déroulée en toiture sur 54 000 m², qui fournira une puissance d'1,4 MW a été installée en 2008 à Laudun, dans le Gard.

58. Dans le cadre d'un projet de recherche du pôle de compétitivité Capénergies de Provence, la plate-forme solaire de Vignola, en Corse, associera une centrale photovoltaïque de 3,5 MW et des piles à combustible. Un sixième environ de la puissance sert à fabriquer par électrolyse de l'hydrogène, qui est ensuite utilisé dans les piles à combustible pour restituer du courant la nuit. Cet investissement de 32 millions d'euros n'entrera toutefois en pleine production qu'en 2020.

59. Jeremy Rifkin a même prédit « une troisième révolution industrielle » fondée sur la généralisation dans chaque foyer de piles à combustible interreliées : « Un réseau de production énergétique intelligent et distribué. »

60. Les sous-marins allemands sont déjà équipés de générateurs de 200 kW alimentés par de l'hydrogène stocké à bord sous forme d'hydrures métalliques. Ce système est à la fois plus discret et plus propice à une longue autonomie en plongée, car il consomme beaucoup moins d'oxygène que les moteurs diesel classiques.

61. Toshiba a réalisé dès 2003 un modèle d'ordinateur portable fonctionnant avec une pile à combustible tirant son hydrogène du méthanol : il se recharge en changeant simplement la cartouche. D'autres recherches portent cependant sur l'oxydation directe d'hydrogène, stocké sous forme de pâtes ou de mousses métalliques.

62. Le procédé, mis au point par Paxitech, une PME grenobloise issue du CEA, fait absorber l'hydrogène par une poudre de silicium. Le mélange, facilement transportable en petites doses, se retransforme en gaz par simple addition de liquide et permet de recharger des minipiles à combustible contenues dans les appareils électroniques.

63. Outre les problèmes de système de stockage et de distribution relevés plus haut (notes 10 à 16), les recherches en cours portent notamment sur la technologie des membranes des piles à combustible, dont la durée de vie reste trop limitée (quelques milliers d'heures) et sur l'efficacité énergétique du système, encore trop pesant et trop coûteux : économiquement, on considère qu'il faudrait passer d'un coût actuel d'environ 1 000 euros par kW fourni à 300 euros pour les transports publics, et 50 euros pour les véhicules individuels. Parmi les nombreuses pistes d'amélioration à l'étude figure une technique utilisant un mélange liquide d'aluminium et de gallium, présentée par des chercheurs américains à la Conférence sur l'énergie et les nanotechnologies en septembre 2007.

64. À l'heure actuelle, l'hydrogène est principalement fabriqué par « reformage » (cf. note 17) : distillation à haute pression ou « vapocraquage » d'hydrocarbures (gaz naturel surtout), s'accompagnant d'importantes émissions de CO₂ – 7 à 15 tonnes par tonne d'hydrogène produite ! – ou de méthanol, qui dégage aussi des GES.

65. Les quantités à fournir sont impressionnantes. On a calculé qu'un passage intégral du transport routier à l'hydrogène imposerait d'augmenter de moitié la capacité des centrales nucléaires françaises. Les réacteurs nucléaires à haute température « de quatrième génération » seront capables, vers 2030, de produire de l'hydrogène à partir d'eau, directement et à bas coût. On peut, en appoint, compter aussi sur des procédés de récupération de chaleur des usines, centrales électriques ou incinérateurs d'ordures :

Toshiba, au Japon, installe un démonstrateur utilisant cette chaleur récupérée pour produire de l'hydrogène à partir d'éther méthylique et d'eau.

66. L'UE s'efforce de coordonner les efforts nationaux de recherche sur l'« économie hydrogène » ; elle conduit un programme de démonstration visant à mettre en circulation 160 autobus à pile à combustible en France, en Allemagne et en Italie et a lancé en octobre 2008 une « initiative technologique commune » en partenariat public-privé, à laquelle elle apportera 1 milliard d'euros sur six ans. Des normes européennes d'homologation de voitures à hydrogène sont en préparation. Les États-Unis ont lancé dès 2003 un programme sur cinq ans, le Hydrogen Fuel Initiative, associant 1,7 milliard de dollars de fonds publics à des fonds privés. En France, un ensemble complet (électrolyseur, stockage d'hydrogène, pile à combustible) de 600 kW va être raccordé par Hélios à la centrale solaire de Vignola (Corse) ; cf. note 58.

67. C'est l'incinération des déchets nucléaires (actinides) dans le réacteur même qui explique la forte réduction du volume de déchets « ultimes » radioactifs devant finalement être stockés. Le programme français de recherche sur la quatrième génération a été officiellement lancé début 2006 ; un réacteur expérimental de 100 MW doit être mis en service en 2014 pour tester le vieillissement des matériaux et le comportement des combustibles innovants à très haute température. Un prototype « en vraie grandeur » doit ensuite être construit. Il devrait consommer cinquante fois moins d'uranium par kWh produit. Le passage complet à l'échelle industrielle n'est toutefois prévu que vers 2040.

68. Le laboratoire de chimie verte allemand Biotec produit déjà des sacs plastiques contenant 40 % de fibres issues de la pomme de terre, qui se dégradent en six mois ; le passage à 100 % de matière végétale est prévu pour 2015 ; le surcoût, actuellement de 50 %, serait réduit à 20 % d'ici peu d'années.

69. Cargill Dow a ouvert dès 2002 une « bioraffinerie » produisant des plastiques d'emballage à partir de sucres issus de l'amidon de maïs. Le pionnier en Europe – rejoint désormais par la National Starch Cy anglaise et Rodenburg aux Pays-Bas – est la PME italienne Novamont, qui produit sans OGM 60 000 tonnes annuelles de son « Master-bi », biopolyester à base d'amidon de maïs. La PME marseillaise Baghera diffuse largement dans nos supermarchés les sacs de caisse en Master-bi, pour un surcoût raisonnable (8 à 9 centimes le sac, contre 5 normalement).

70. Arkema, filiale de Total, utilise l'huile de ricin pour fabriquer un élastomère thermoplastique qui entre à 90 % dans la fabrication de chaussures de sport. La ressource est renouvelable et le procédé permet de réduire la quantité d'énergie consommée comme les émissions de CO₂. BASF produit, lui, un plastique biodégradable à partir de maïs. L'Allemand Biotech fabrique des sacs en plastique, des pots de yaourt et des boîtes à œufs, biodégradables en moins de quatre-vingt-dix jours, à partir de pommes de terre.

71. Environ 100 000 tonnes contre 40 millions de tonnes de plastiques issus du pétrole, pour la seule Europe. Leurs usages sont pourtant multiples : sacs, emballages, films de paillage pour l'agriculture, couches, couverts jetables, etc. Novamont développe même avec Goodyear un pneu écologique réduisant de 40 % la résistance au roulement.

72. Si l'on compare le rendement à l'hectare des bioplastiques (2 tonnes) et la consommation européenne (40 millions de tonnes), il paraît possible de couvrir tous les besoins en y consacrant seulement 2 millions d'hectares, soit moins de 5 % de nos terres arables.

73. Le procédé Greensulate, breveté aux États-Unis, utilise des spores de pleurotes, faciles à faire croître, pour élaborer des plaquettes isolantes ressemblant à des crackers

(gaufrettes), résistantes et aussi efficaces que les produits industriels ; la production à grande échelle est prévue pour 2010.

74. Très anciennement cultivées et disponibles en abondance en Europe, ces fibres végétales sont légères et résistantes. Elles sont surtout utilisées aujourd'hui (sous forme non tissée) comme garnitures (feutrage) intérieures d'automobiles. De nouveaux matériaux pouvant servir à des pièces plus techniques sont développés.

75. On utilise un mélange de polypropylène et de 60 % de fibre de lin pour le tableau de bord de la Smart Fortwo, un mélange de plastique et de fibre de bois sur les panneaux de porte de nombreux modèles (BMW, Opel, Citroën, Toyota, Volkswagen), de la fibre de coton pour réduire le bruit, etc.

76. Ces nanoparticules, d'une taille ne dépassant pas 0,2 micron, sont constituées d'un empilement de tubes de silicate, dont l'ouverture peut être déclenchée seulement au contact de virus ou de produits chimiques déterminés. On peut aussi les utiliser pour modifier le patrimoine génétique des plantes (*Nature Nanotechnology*, mai 2007).

77. La laminarine, produit naturel (une simple chaîne de glucose) sans aucune toxicité pour l'homme ni pour l'environnement, est extraite d'algues brunes marines. La « vaccination » des plantes par l'application d'« éliciteurs » en provenant stimule leurs défenses naturelles – résistance des parois, antibiotiques végétaux... – contre les agressions bactériennes ou fongiques.

78. La « noix dodue » (*plumpy nut*) est une pâte brune au goût de cacahuète unissant lait en poudre, arachide, huiles végétales, sucre, vitamines et sels minéraux, appréciée des enfants et consommable sans addition d'une eau souvent polluée. Ses mérites – simplicité d'usage, renutrition rapide –, reconnus par l'OMS, l'Unicef et le PAM comme par Médecins sans frontières et Action contre la faim, permettent le traitement rapide en milieu familial d'enfants gravement sous-alimentés.

79. La spiruline (*Arthrospira platensis*) est une cyanobactérie riche en vitamines (A, B12, E), en minéraux (fer, calcium...) et surtout en protéines : 50 à 70 % de sa matière sèche, soit deux fois plus que le soja. Elle se cultive facilement, demandant quatre fois moins d'eau et vingt fois moins d'espace – au point qu'on pense l'utiliser pour les voyages spatiaux – et est directement comestible. Des fermes expérimentales existent déjà en Afrique occidentale.

80. L'acide lactique extrait du « jus » d'ensilage entre dans la composition de divers produits chimiques, de plastiques biodégradables et d'acides aminés pour les industries pharmaceutiques, cosmétiques et agroalimentaires. Un premier projet de bioraffinerie de ce type est lancé en 2008 en Haute-Autriche.

81. La lignine, polymère aromatique rigide, est l'un des constituants principaux (un quart de sa masse) du bois à qui elle donne sa solidité. Son élimination ou son utilisation après assouplissement pose un problème plus complexe que pour la cellulose, d'où le recours fréquent à des OGM (voir note 145).

82. Des plantations de bois tendres – peupliers, saules, épicéas – se prêteraient très bien à cet usage. À la différence des plantes, les arbres ne nécessitent ni engrais ni pesticides. La production obtenue serait importante : 45 m³ de bioéthanol par hectare. Il faut cependant veiller à préserver les stocks d'humus – qui absorbent aussi du CO₂.

83. Le jatropha est un arbuste à fleurs rouges, très résistant, qui prolifère dans les zones semi-arides – aussi bien en Inde qu'en Égypte, à Madagascar ou en Amérique latine. Ses fruits donnent une huile facile à transformer en biodiesel : on en tirerait 1 900 litres de diesel par hectare – le double du colza. Cette technique, encore artisanale, a été

développée en Inde ; les biologistes de l'Institut indien de l'énergie et des ressources (TERI) ont amélioré sa productivité en introduisant des micro-organismes dans ses racines et comptent élaborer un jatropha OGM.

84. Le *switchgrass*, cher au président G. W. Bush, et le *miscanthus* – *Panicum virgatum* et *Miscanthus sinensis* – sont des graminées vivaces, poussant haut et vite, et surtout qui ont besoin de peu d'eau, de très peu d'engrais et d'aucun pesticide, car ils n'ont pas de parasites connus. Par rapport au maïs, leur productivité est élevée : trois à quatre fois plus pour le premier et dix fois plus pour le second ; des essais récents donnent une production de 3 tonnes d'éthanol à l'hectare pour le *switchgrass*, fournissant 5,4 fois plus d'énergie qu'il n'en est consommé pour sa culture et sa transformation en carburant (PNAS, janvier 2008). Le bilan écologique est d'autant meilleur que la totalité de ces plantes – feuille, tige et graines – servira à produire de l'éthanol, du gazole ou sera convertie en hydrogène par voie thermochimique. Cette technologie reste cependant à perfectionner, car son coût de revient est encore double de celui des biocarburants actuels. L'Université de Berkeley et BP s'y attachent, avec un programme de recherche de 500 millions de dollars.

85. Dans ce schéma dit « BTL » (*Biomass to Liquid*), la « digestion » biologique de la cellulose (et bientôt de l'hémicellulose) est assurée par des enzymes produits par des cultures de micro-organismes (bactéries, champignons, souvent OGM) qui fractionnent les polymères en petites molécules de sucre. Ce procédé pourrait, selon certains, remplacer plus de la moitié du pétrole utilisé dans les transports d'ici 2050, à des coûts très faibles. Le programme américain Genome to Life y consacre 250 millions de dollars. Le Japon et l'Union européenne suivent : le programme Nile, doté de 13 millions d'euros par l'UE, a financé des usines pilotes en Suède et en Espagne.

86. Le DMF, ou 2,5 diméthylfurane, est produit comme l'éthanol à partir de l'amidon des céréales (blé, maïs), mais en remplaçant la fermentation du glucose par des méthodes de catalyse convertissant directement le fructose en carburant. Le rendement énergétique est supérieur de 40 % à celui de l'éthanol. Le DMF est en outre moins volatil, et insoluble dans l'eau. Le procédé est cependant encore expérimental (*Nature*, juin 2007).

87. On peut en effet synthétiser du diesel en gazéifiant selon le procédé chimique « Fischer-Tropsch » (voir note 50) le produit obtenu après « craquage » à haute température de la matière végétale. L'IFP et le CEA y travaillent, et un pilote de recherche fonctionne à Freiberg, en Allemagne, avec un soutien de l'UE. L'inconvénient du procédé est sa forte consommation de matière organique et surtout l'émission de CO₂ : deux tiers de la masse carbonée de départ ! Aussi est-il vital de réincorporer le gaz carbonique émis ; c'est ce que proposent des chercheurs américains. Selon ce procédé dit H₂-CAR, le CO₂ serait recyclé grâce à l'apport d'une unité de production d'hydrogène annexe, permettant de réduire de 60 % la consommation de biomasse ; il suffirait alors d'un dixième de la surface agricole américaine pour couvrir la totalité des besoins du secteur des transports (PNAS, avril 2007).

88. L'usine allemande, construite à Freiberg (Saxe) par Choren en partenariat avec Shell, Daimler et Volkswagen, produira 18 000 m³ de biodiesel par an en transformant des chutes de bois. La société canadienne Iogen a de son côté bâti une première usine d'éthanol-cellulose à Ottawa. Aux États-Unis, l'entreprise Primaguel construit près de Sacramento (Californie) une première raffinerie de biodiesel, d'une capacité de 227 000 m³/an.

89. Une start-up de l'Illinois, Coskata, financée par General Motors, compte fabriquer en 2010 de l'éthanol à partir de vieux pneus, de déchets ménagers et de copeaux de bois, pour un prix de 25 cents le litre seulement.

90. Ces algues microscopiques croissent par photosynthèse, n'utilisent que la lumière, l'eau et le gaz carbonique ; elles peuvent accumuler plus de 60 % de leur poids en acides gras, d'où un rendement espéré d'une trentaine de tonnes d'huile à l'hectare – trente fois plus que le colza. Les procédés de fabrication ne sont cependant pas encore tous maîtrisés ; ils supposeront de choisir les meilleures variétés, pas sélection ou par manipulation génétique. Une centaine de projets de ce type ont déjà été lancés. Aux États-Unis, en Australie, en Chine, en Israël. La firme américaine Petrosun a annoncé, début 2008, la création d'une ferme marine de micro-algues couvrant 450 hectares d'étangs salés, puis d'une seconde de 1 100 hectares, près du golfe du Mexique.

91. Le premier OGM cultivé aux États-Unis, en 1994, a été la tomate Mac Gregor, dotée d'un gène qui retarde son mûrissement après récolte. Les deux caractères de loin les plus répandus dans les OGM actuels sont la résistance aux herbicides (voir note suivante) et la capacité insecticide : le maïs et le coton ont été dopés pour contrer chenilles et insectes voraces par le transfert d'un gène (Bt) issu de la bactérie *Bacillus thuringensis*, déjà utilisée depuis longtemps comme biopesticide. Mais la recherche travaille sur bien d'autres caractères : des plants de café modifiés pour lutter contre la « mineuse des feuilles » par exemple, ou deux variétés de vignes résistantes au court-noué, un virus transmis par un ver nématode très présent dans nos contrées, mises au point en France par l'INRA.

92. La résistance aux herbicides sert à simplifier le nettoyage des champs. 70 % des cultures OGM actuelles (soja, maïs, colza...) sont résistantes au glyphosate – l'herbicide Roundup de Monsanto. Toutefois, des accoutumances à ce produit se développent (en 2005, on comptait déjà 12 variétés de « mauvaises herbes » résistantes), d'où la mise au point d'un nouvel herbicide, le Dicamba, et d'un soja transgénique qui lui résiste. Cette fuite en avant est bien sûr critiquée par des écologistes ; ils oublient que les mêmes problèmes de résistance progressive aux traitements existent avec tous les plants classiques. En outre, le gène de résistance au Dicamba ne sera pas présent dans le pollen de ces OGM, ce qui limite les risques de dissémination (*Science*, mai 2007).

93. Le génome complet du riz a déjà été décrypté, entre 2002 et 2004. La variété *Japonica*, dont les forts rendements même en zone aride ont contribué à la « révolution verte », pourrait être enrichie par le génie génétique pour obtenir de nouvelles variétés plus solides et plus riches sur le plan nutritionnel.

94. Nerica signifie « New Rice for Africa ». Cette variété résulte d'un croisement, amélioré en laboratoire, de l'Asiatique *Oryza sativa* – qui apporte une productivité élevée – et de l'*Oryza glaberrima* africaine – qui résiste bien aux parasites, à la sécheresse et aux sols acides fréquents sur ce continent. L'intervention des biologistes a eu pour but de « donner un coup de pouce à la nature » en résolvant des problèmes de stérilité dus à l'hybridation et en raccourcissant le cycle de reproduction de la plante.

95. Cette résistance est due à sa richesse en un sucre, le tréhalose, que l'on retrouve chez les bactéries et les champignons ; il semble jouer un rôle clé dans la résistance au stress hydrique. Deux gènes commandant la production de tréhalose, issus d'une levure, ont été greffés sur des plants de riz aromatique de type *indica*. Les plants transgéniques survivent à la sécheresse ainsi qu'à des températures basses et à des taux de salinité (6 grammes par litre) mortels pour le riz non OGM (*PNAS*, novembre 2002).

96. Ces recherches, conduites par le CIRAD à Montpellier, suivaient une voie parallèle à la voie américano-coréenne. Le Programme-cadre de recherche communautaire (PCRD), qui les finançait jusque-là, a stoppé, fin 2002, ces travaux de transgénèse. Le CIRAD, dont certaines expérimentations en plein champ ont en outre été détruites par des manifestants, est maintenant contraint de s'engager dans des approches plus indirectes.

97. Dans l'annonce en trois points faite en juin 2008 par Monsanto, la firme s'engage à « développer des semences de maïs, soja et coton qui réduiront d'un tiers les ressources requises » d'eau et d'engrais. Les grands semenciers ont déposé 532 brevets sur des séquences génétiques favorisant l'adaptation au changement climatique. Monsanto et BASF ont conclu en mars 2007 un accord de partenariat de 1,5 milliard de dollars pour développer des plantes résistantes à un climat néfaste.

98. Le maïs transgénique est porteur d'un gène (Bt) (voir note 91) qui produit une substance toxique pour deux espèces de papillons dont les larves rongent les tiges et parfois les grains de la plante : la pyrale et la sésamie.

99. La chrysomèle – *Diabrotica virginifera* – s'attaque aux racines de maïs. Endémique aux États-Unis, où elle cause des dégâts dépassant un milliard de dollars par an, elle a gagné l'Europe et est apparue en France en 2002. La lutte contre ce coléoptère, contre lequel il n'existe pas de remède spécifique, supposerait des quantités massives d'insecticides.

100. Le génome de la bactérie *Photobacterium luminescens*, hébergée par un ver nématode, a été entièrement séquencé par une équipe pilotée par l'Institut Pasteur. Il contient une centaine de gènes codant pour des toxines mortelles pour de nombreuses variétés d'insectes – moustiques notamment – et antifongiques (*Nature Biotechnology*, novembre 2003). Une équipe de chercheurs américains de l'Université du Wisconsin avait déjà repéré le pouvoir insecticide d'un autre groupe de gènes de la même bactérie contre les lépidoptères ravageurs des cultures ; elle a transféré cette capacité dans le génome de plants de moutarde sauvage *Arabidopsis thaliana* par génie génétique. Une autre bactérie, *Xenorhabdus*, semble présenter de fortes capacités insecticides.

101. Des cas de résistance d'insectes à la toxine Bt commencent à apparaître (voir note 155). Des travaux récents (*Science*, novembre 2007) visent à contrer cette évolution en dotant les semences OGM à la fois du gène Bt et d'un gène rendant la toxine Cry1A encore plus efficace contre ces prédateurs.

102. L'ARN interférent, dont la mise en évidence a valu le prix Nobel 2006 à deux chercheurs américains, peut réduire au silence des gènes ciblés, et donc inhiber les mécanismes de défense de prédateurs. Cette propriété, « greffée » par transfert génétique, est efficace en laboratoire contre la chrysomèle du maïs (voir note 99) et contre la chenille *Helicoverpa armigera*, ravageuse de la tomate et du coton (*Nature Biotechnology*, novembre 2007).

103. Les principaux ennemis de la banane sont, outre les vers nématodes, les champignons : cercosporiose, apparue dans les années 1960, et « maladie de Panama » qui connaît un regain actuel. Or la variété dominante dans les cultures est hors d'état de résister à cette nouvelle souche virulente. Il sera difficile de résoudre le problème par simple hybridation avec des variétés sauvages, la plupart des variétés cultivées actuellement étant stériles. Le recours à la transgénèse, sur lequel travaille le CIRAD français, semble être le seul moyen efficace (*New Scientist*, janvier 2003).

104. Le mildiou (*Phytophthora infestans*) est un microchampignon dont la prolifération causa la grande famine d'Irlande au milieu du XIX^e siècle. De plus en plus résistant

aux fongicides actuels, il oblige à multiplier les traitements chimiques. La firme agrochimique BASF a obtenu une variété résistante au mildiou par transfert de deux gènes provenant d'une pomme de terre sauvage mexicaine. Les premiers essais ont été lancés en 2007, pour une mise sur le marché en 2015. Les risques de pollinisation de cultures adjacentes sont nuls, le pollen de pomme de terre ne voyageant que sur de très courtes distances (5 mètres) et étant de surcroît généralement stérile.

105. Les quantités extractibles de laminarine naturelle, dont j'ai noté (p. 86 et note 77) l'intérêt immunitaire, sont limitées : il faut cinq ans aux réserves marines d'algues brunes pour se reconstituer. Des plantes OGM pourraient en fabriquer spontanément en quantité, sans avoir besoin de récolter les algues.

106. Outre les facteurs de résistance au sel déjà connus dans les racines et les feuilles, la découverte concernant les capacités d'*Arabidopsis thaliana* pour évacuer le sodium en excès a été faite en 2003 par un laboratoire mixte de Montpellier. Par ailleurs, en 2005, des chercheurs américains ont transféré à des tomates un gène d'*Arabidopsis* améliorant l'absorption d'eau par les racines.

107. Ce champignon filamenteux, *Eurotium herbariorum*, survit dans les profondeurs ultrasalines de la mer Morte (340 grammes de sel par litre, dix fois plus que la moyenne des océans). Cette faculté est commandée par un gène, baptisé EhHOG, qui commande la synthèse d'une enzyme impliquée dans la régulation des transferts par osmose entre la cellule et le milieu environnant. Inséré par transfert génétique dans des cellules de levure, il les a rendues beaucoup plus résistantes aux stress de toute nature, salins mais aussi thermiques ou chimiques (PNAS, décembre 2005).

108. Les chercheurs indiens ont obtenu un riz résistant à des taux de salinité de 150 grammes par litre, par transfert génétique des propriétés du millet perle (*Pennisetum glaucum*), qui exprime la protéine protectrice PgNHX1 (*Bulletin du service scientifique de l'ambassade*, 2007).

109. Après pressage de l'huile, rendue comestible par raffinage, la graine de coton fournit des tourteaux impropres à la consommation du fait de la présence de gossypol, toxique pour le foie et le cœur. Des chercheurs de l'Université du Texas ont réussi à mettre au point une espèce transgénique où la teneur en toxine est réduite de 99 %, rendant la plante comestible sans la priver de ses défenses naturelles (PNAS, novembre 2006). L'abondance de la ressource permettrait potentiellement de satisfaire les besoins en protéines de 500 millions de personnes et d'éliminer le kwashiorkor (maladie provenant d'un déficit en protéines au moment du sevrage). Le même type de transfert génétique pourrait être utilisé pour détoxifier le manioc et certaines légumineuses.

110. Des travaux de l'IRD français ont montré ce potentiel des légumineuses (fréquentes en Afrique). Monsanto travaille de son côté sur une nouvelle génération de maïs OGM, capable de prélever son azote directement dans l'air.

111. Le maïs MarevaT, destiné à l'alimentation des volailles et des porcs, a été autorisé début 2006 par le département de l'Agriculture des États-Unis. Cet OGM, créé par une filiale commune de Monsanto et de Cargill, ajoute le gène LY038, provenant de la bactérie *Cornybacterium glutamicum*, au maïs Mon 810, déjà modifié pour être résistant aux insectes. La teneur en lysine de ce nouveau maïs est accrue de 25 à 30 %. Son usage évite le recours à des protéines de synthèse pour équilibrer les rations.

112. « Nous n'avons pas le droit de rater la révolution transgénique si nous voulons nourrir une population de 1 milliard d'habitants qui augmente de 18 millions par an », a déclaré l'Indian Council of Agricultural Research. Effectivement, si l'Inde a réussi à

nourrir une population qui a doublé en une génération, c'est grâce à la première révolution verte, reposant sur des semences améliorées et l'emploi massif d'engrais et de pesticides. Mais ceux-ci ont progressivement appauvri les sols dans de nombreuses régions, faisant craindre une grave crise de subsistance.

113. Une récolte de maïs ou de coton transgénique, par exemple, ne subira que 2 pulvérisations annuelles au lieu de 6 à 8. La résistance naturelle aux prédateurs transférée aux plantes par le gène « Bt » réduirait ainsi de 22 millions de tonnes par an la quantité d'insecticides dispersés dans l'atmosphère aux États-Unis.

114. Il s'agit d'essais réalisés avec du coton transgénique Bt planté sur 395 petites exploitations en parallèle avec un hybride conventionnel. Les parcelles Bt ont nécessité 70 % d'insecticide en moins avec un rendement supérieur de 80 % (*Science*, 2003).

115. On a pu montrer une réduction de la mortalité des planteurs de coton en Inde grâce à l'utilisation de plants transgéniques évitant des pulvérisations de pesticides très nocifs pour ceux qui les maniaient sans précaution. La FAO, dans son rapport 2004, confirme ce constat à partir d'études menées sur les effets des cultures de coton OGM en Chine et en Afrique du Sud.

116. Syngenta (née de la fusion entre Novartis et AstraZeneca) a autorisé gratuitement l'utilisation dans les pays les plus pauvres, pour favoriser les « cultures de subsistance » locales, de ses travaux sur le riz, notamment sur le génome et sur le « riz doré » enrichi en vitamine A (*cf.* note 133). Son concurrent Monsanto a même annoncé la gratuité pour l'ensemble de ses travaux, sans restriction, sur cette plante alimentaire.

117. Notre commentaire ne fait que reproduire les propos – atténués par la suite – tenus par le président de la Zambie, L. Mwanasawa : « Plutôt mourir de faim que de manger des produits toxiques », a-t-il affirmé en 2002 !

118. Ce fait a été démontré pour la plupart des plantes OGM, y compris le maïs transgénique désormais interdit en France. Le rapport du Comité de préfiguration qui exprimait des doutes sur le maïs Mon 810 le reconnaissait lui-même.

119. Les aflatoxines, moisissures présentes dans les fruits secs ou les céréales lorsque les silos sont mal aérés, peuvent causer des cancers du foie. D'autres mycotoxines (poisons issus de champignons), les fumonisines, proviennent de moisissures qui colonisent les plantes en cours de croissance. Les attaques des insectes et autres parasites facilitent ces moisissures en endommageant la plante. Les céréales génétiquement résistantes aux insectes, comme le maïs OGM Bt, présentent, comme l'ont montré des essais conduits en 2006 par l'Institut technique de la filière céréalière, Arvalis, une concentration en mycotoxines inférieure de plus de moitié aux autres.

120. La production en masse d'insuline par des bactéries génétiquement modifiées (généralement du genre *streptomyces*) est l'un des grands succès de la science moderne : jusque vers 1990, on ne disposait que de l'insuline extraite des pancréas de porcs, méthode coûteuse, avec des risques de contamination. Or cette hormone est indispensable à la survie de nombreux diabétiques.

121. L'hormone de croissance extraite d'hypophyses humaines a causé des dizaines de morts accidentelles (par transmission de la maladie de Creutzfeldt-Jacob), sans parler des nombreuses victimes de l'affaire du sang contaminé : toute utilisation de facteurs extraits de donneurs humains fait courir le risque de transmission de maladies, qui n'existe pas avec les protéines recombinantes produites par les OGM.

122. Le tabac sauvage *Nicotiana glauca* – à distinguer du tabac à fumer – a reçu deux gènes d'if pour produire des taxanes, précurseurs de diterpénoïdes proches du taxol

et du taxotère, efficaces contre le cancer du sein. Des essais ont été autorisés en France en 2007 sur ces plants de tabac transgénique.

123. Le maïs transgénique produit de la lipase gastrique, qui permettrait de remplacer, pour un coût dix à cent fois moindre, les remèdes actuels, peu efficaces et risqués (il s'agit d'extraits de pancréas de porcs, qui peuvent transmettre des virus) ; le traitement était prévu pour être mis sur le marché en 2007-2008, mais la parcelle d'essai plantée par Meristem Therapeutics a été anéantie par les anti-OGM ; cf. chapitre II, note 51.

124. L'Union européenne a autorisé en août 2006 la production d'une protéine humaine (l'ATryn) à partir de lait de chèvres génétiquement modifiées ; les firmes Pharming (Pays-Bas) et Bioprotein (France) pilotent ces essais.

125. Il s'agit d'un vaccin contre le rotavirus, responsable de diarrhées aiguës qui causent plus de 600 000 morts annuelles d'enfants dans le tiers-monde. Les gènes déclenchant la production de la protéine vaccinnante sont injectés dans les embryons de lapines qui, une fois adultes, l'expriment dans leur lait ; un millier de ces lapines OGM suffiraient à vacciner toute la planète (*Transgenic Research*, décembre 2005).

126. Il s'agit d'un anticorps monoclonal (protéine produite à partir d'un clone unique initial et utilisée comme « missile » pour marquer un virus ou une cellule tumorale afin qu'ils soient détruits par le système immunitaire). Ces anticorps combattent le cancer du sein et du côlon, mais aussi des maladies inflammatoires comme la polyarthrite rhumatoïde. Les poules OGM ont assuré sur plusieurs générations une production de protéines médicales stable, et plus abondante que celle obtenue selon d'autres techniques. L'expérience, précédée par des travaux américains (*Nature Biotech.*, août 2005) est réalisée par l'Institut de Roslin, créateur de la célèbre Dolly. Un problème de trop courte durée de vie de la protéine ainsi obtenue subsiste cependant (*PNAS*, janvier 2007).

127. La tomate transgénique développée par l'équipe allemande de l'Institut de Münster contient le nouveau gène dans ses chloroplastes et non dans l'ADN du noyau, qui seul risque d'être transmis aux espèces sauvages apparentées en cas de dissémination, comme le craignent les écologistes (*Nature Biotechnology*, septembre 2001).

128. Le riz antidiarrhérique, essayé sur 135 hectares en Caroline du Nord, produit du lysozyme et de la lactoferrine, anti-infectieux naturellement présents dans le lait maternel, qui réduisent les risques de diarrhée infantile et d'anémie. Le riz anticholéra, développé à l'Université de Tokyo, intègre dans son génome une séquence codant pour une protéine (CTB) de la toxine cholérique, dont l'ingestion stimule la production d'anticorps spécifiques (immunoglobulines A et IgA). Ce nouveau vaccin, MucoRice, a le grand avantage de pouvoir être conservé à température ambiante, en gélules contenant du riz écrasé ; en outre, il semble plus efficace, car il agit à la fois au niveau systémique et au niveau des muqueuses (*PNAS*, juin 2007) ; ce dernier aspect ouvre des perspectives prometteuses pour les autres maladies attaquant les muqueuses, comme le sida.

129. La pomme de terre génétiquement modifiée pour vacciner contre l'hépatite B, qui tue chaque année 1 million de personnes dans le monde, notamment en Afrique, a été testée en 2004 avec un taux de 60 % de succès (*PNAS*, février 2005). Cet « aliment-vaccin » serait facile à conserver et à transporter... mais doit être consommé cru !

130. On en a trouvé plusieurs dans le génome de la bactérie *Photobacterium luminescens* ; cf. note 100.

131. Une équipe de l'Université de Baltimore a transféré à des moustiques *Anopheles stephensi* un gène responsable de la synthèse de la protéine SM1, qui bloque la transmission du parasite ; grâce à leur meilleure capacité de survie, ces moustiques OGM

pourraient peu à peu se substituer aux autres (PNAS, mars 2007). Reste à savoir si l'essai, fait sur des souris, pourra être transposé au redoutable *plasmodium falciparum* humain (voir chapitre I)

132. L'artémisine est, à l'état naturel, extraite d'un arbuste (l'alsem) qu'on ne trouve qu'en Chine et au Vietnam, et à des coûts dix fois supérieurs à celui qui est obtenu par la biotechnologie. Une filiale de l'entreprise belge Dafra Pharma tente de l'extraire de plants de chicorée OGM. Par ailleurs, la PME américaine Amyris a reçu en 2007 un don de 42 millions de dollars de la fondation Gates pour lancer sa production en masse par des bactéries génétiquement modifiées.

133. Le riz « doré » (car il est de couleur jaune) a été enrichi par des chercheurs suisses en bêta-carotène, précurseur de la vitamine A (rétinol), par transfert de deux gènes issus de la jonquille et un troisième d'une bactérie (*Science*, mai 2000). Une version améliorée en 2005 produit vingt-trois fois plus de provitamine A. Les tests de terrain débutent en 2008.

134. D'autres sources de vitamine A faciles à trouver dans les pays du Sud sont par exemple la coriandre, le curry, l'épinard, la mangue, la papaye, l'huile de palme rouge. Elles contiennent certes plus de rétinol que le riz OGM (1,3 milligramme d'équivalent-vitamine A pour 100 grammes de coriandre par exemple, contre 0,7 milligramme pour 100 grammes de ce riz). Mais c'est ignorer les préférences alimentaires des habitants : on fera plus facilement absorber à un Indien ou à un Africain – le riz se répandant de plus en plus sur ce continent – 100 grammes de riz que 3 grammes de coriandre pilée !

135. Les acides gras favorables à la santé sont les acides polyinsaturés, protecteurs contre les maladies cardio-vasculaires, comme l'acide oléique et les oméga-3, que l'on trouve notamment dans les poissons ; les variétés OGM sont développées par l'Américain Monsanto par le transfert de gènes d'algues (qui sont à l'origine de ces acides gras dans la chaîne alimentaire marine) ; les fruits et légumes enrichis viennent de l'INRA français.

136. Une plante longtemps considérée comme une simple mauvaise herbe, portant le joli nom d'arabette des dames ou des sables (*Arabidopsis thaliana*), est devenue le modèle de référence pour toutes ces recherches. Le génome de cette petite plante herbacée, entièrement séquencé dès 2001 car il est le plus court connu au sein du règne végétal (celui de la tomate est huit fois plus grand, celui du blé cent vingt-huit fois), offre un excellent modèle de laboratoire. Ses 25 500 gènes dirigent la fabrication de plus de 3 000 protéines ; leurs capacités sont peu à peu déchiffrées et transférées par génie génétique à des plantes utiles ; le transfert à une nouvelle variété de soja a permis d'y diminuer fortement la présence de graisses néfastes pour la santé. Des gènes permettant à la plante de mieux résister au sel ou à diverses maladies ont aussi été identifiés.

137. Les savants couronnés par le Nobel de chimie 2008, O. Shimomura, M. Chalfie et R. Tsien, ont mis en évidence la protéine GFP, issue à l'origine de la méduse *Aequorea victoria*, qui a la propriété d'absorber la lumière dans une longueur d'onde (couleur) donnée et de la réémettre dans une autre. Le gène commandant la production de GFP a été isolé et reproduit ; « accroché » par génie génétique aux gènes que l'on souhaite étudier, il permet de visualiser par fluorescence leur expression *in vivo* et de localiser les protéines émises à l'intérieur des cellules. On dispose ainsi de biomarqueurs, avancée essentielle en médecine mais aussi fort utile pour détecter la présence et les effets des pollutions et identifier des agents actifs contre elles.

138. La matière première de ces tissus est la cellulose issue des branches élaguées de pins. Une entreprise française créée par l'architecte S. Young fabrique déjà de la lingerie en cette matière.

139. En 2002 est apparu le polyester 3GT de DuPont de Nemours, mi-chimique mi-biologique, produit par des bactéries nourries de maïs modifié. *L'Ingeo*, matériau mis au point par NatureWorks, filiale du géant céréalier américain Cargill, part aussi de l'amidon contenu dans le maïs, après fermentation lactique du saccharose, puis polymérisation et transformation en acide polylactique (PLA). Des robes élégantes griffées par Oscar de la Renta et d'autres couturiers ont été présentées au salon Bio 2006 de Chicago, en même temps que d'autres vêtements de tous genres aussi confectionnés en Ingeo. Le PLA permet, outre les tissus, d'obtenir des matières plastiques entièrement dégradables en 80 jours par le milieu naturel ; ce procédé est le concurrent de la filière PHA (voir note 142).

140. Les multinationales DuPont et Tate et Lyle ont investi 100 millions de dollars dans une usine produisant, après synthèse par des bactéries *Escherichia coli* génétiquement modifiées, du 1,3-propanediol, qui entre pour 40 % dans la composition d'une fibre textile innovante, comparable au tergal, le *Sorona*. 50 000 tonnes par an seront produites – en consommant 30 à 40 % d'énergie de moins que par la filière pétrochimique classique – par l'usine, qui a ouvert en 2006 dans le Tennessee.

141. La nouvelle variété de pomme de terre transgénique élaborée par le groupe allemand BASF, l'Amflora, produit un amidon sans amylose, donc utilisable à 100 % sans avoir à passer par la coûteuse extraction de cette substance indésirable. Sa teneur élevée en amidon la rend intéressante pour les biocarburants comme pour la papeterie. BASF a demandé son autorisation officielle à l'UE, qui diffère sa décision.

142. La transformation de l'amidon en dextrose, puis en matière plastique grâce à des bactéries OGM au cours d'un processus de fermentation, permet d'obtenir un plastique naturel très pur, le PHA (polyhydroxy alcanolate), à un coût de 3 dollars le kilo, compétitif avec le plastique issu du pétrole à ses prix actuels (1,5 à 4 dollars le kilo). La société américaine Metabolix, dans le Massachusetts, fait transformer les sucres de maïs par des bactéries transgéniques et présente des prototypes d'ustensiles courants en PHA ; une usine va être construite dans l'Iowa (État américain grand producteur de maïs) avec le groupe agro-industriel ADM pour fabriquer 50 000 tonnes annuelles.

143. Ce procédé développé par la start-up américaine Novomer permet de fabriquer du polystyrène de qualité, à bas coût et de surcroît en absorbant du CO₂ (il représente la moitié du poids du produit) !

144. La PME américaine Amyris, connue pour ses succès dans la production d'un traitement antimalaria par des bactéries OGM (note 132 ci-dessus), pense appliquer des méthodes analogues à la production d'éthanol dès 2010.

145. L'opération d'élimination de la lignine (voir note 81) pour obtenir la cellulose, matière première de l'éthanol comme de la pâte à papier, nécessite chaleur – l'industrie du papier est la seconde consommatrice d'énergie aux États-Unis – et produits chimiques polluants. Dans les peupliers OGM plantés en France (par l'INRA à Orléans, depuis treize ans) et en Grande-Bretagne, on a désactivé deux gènes responsables de la production de lignine, pour obtenir un bois dont le traitement sera moins hostile à l'environnement. Cela n'a pas empêché les activistes anti-OGM britanniques d'arracher la parcelle plantée avec cette nouvelle variété. La société américaine ArborGen a, elle, réalisé des plantations d'arbres transgéniques à basse teneur en lignine en Caroline du Sud et d'eucalyptus OGM

au Brésil. La Chine a également planté des peupliers, dotés d'un gène de résistance aux insectes.

146. La flore intestinale des termites contient des *actinomycètes*, bactéries aérobies capables de dégrader des composés végétaux complexes. Elle fait d'eux de remarquables « bioréacteurs », capables de digérer rapidement la cellulose des plantes et des arbres pour la transformer en biocarburant (alcool ou gaz) ; 500 gènes différents commandent des enzymes contribuant à cette digestion, si efficace qu'elle pourrait théoriquement transformer une feuille de papier A4 en 2 litres d'hydrogène, selon le chercheur A. Brune (*Science*, novembre 2007). Outre la production de biogaz, l'apport de ces micro-organismes, directement ou par transfert de leurs gènes, pourrait être utilisé pour enrichir les sols en composés organiques, prétraiter les fourrages pour faciliter leur ingestion par les ruminants, dégrader les polluants aromatiques provenant des hydrocarbures ou des pesticides...

147. Ce colorant est la bixine, pigment naturel connu des Indiens d'Amérique ; trois gènes commandant la synthèse de bixine à partir du lycopène, présent en abondance dans les tomates, ont été isolés ; on pourrait par ce procédé remplacer le colorant chimique E160b, suspecté de causer des allergies (*Science*, juin 2003).

148. Ce procédé de « phytoremédiation » repose sur les aptitudes de certaines plantes à accumuler des polluants tels que les métaux lourds (zinc, cadmium, nickel, cuivre, plomb, mercure), des composés organiques ou d'autres toxiques. On peut ensuite récolter cette biomasse, la brûler et récupérer les métaux dans les cendres. Par exemple, l'arabette des sables a été « dopée » en laboratoire à l'Université de Géorgie (États-Unis) par transfert de 2 gènes lui donnant la propriété d'accumuler l'arsenic (cf. *Nature Biotechnology*, décembre 2002). La même équipe travaille sur l'accumulation de mercure. À Cambridge (Royaume-Uni), on a greffé sur des plants de tabac les gènes d'un enzyme capable de détoxifier le trinitrotoluène ; d'autres plantes transgéniques traiteraient le trichloroéthylène.

149. Ces personnes sont exposées à des taux d'arsenic supérieurs à la norme de 0,01 milligramme par litre admise par l'OMS, du fait de la pollution des puits. Dans certaines régions au sud de Dacca par exemple, 80 % des nappes phréatiques connaissent des taux d'arsenic quintuples du maximum admis. Ce problème est d'autant plus préoccupant qu'il résulte en partie de l'effort fait par l'Unicef et d'autres organisations pour creuser des puits afin de fournir une eau propre aux habitants.

150. Craig Venter, pionnier de la course au séquençage du génome humain et auteur de demandes très discutables de brevets sur des fragments d'ADN, utilise la bactérie *Mycoplasma genitalium*, dont le génome très bref ne comporte que 517 gènes, comme base se combinant à d'autres bactéries pour disposer d'une « machine biologique » capable de reproduire à grande échelle des fonctions comme la production d'éthanol ou d'hydrogène (*Science*, janvier 2008). Il a même déposé, en 2007, un brevet pour la création d'une bactérie entièrement synthétique, *Mycoplasma laboratorium*, qui serait une « usine biochimique » produisant de l'éthanol ou de l'hydrogène.

151. Voir les travaux de l'équipe du Pr Zhang (*PLOS*, mai 2007), pour qui la décomposition de l'amidon par des micro-organismes fournirait de l'hydrogène à bas coût, et ceux de S. Cheng et B. Logan, de l'Université de Pennsylvanie, sur le « dopage » de sa production à partir de glucose ou de cellulose par fermentation bactérienne grâce à l'apport d'un léger courant électrique ; le système, fournissant 2,9 fois plus d'énergie sous forme d'hydrogène qu'il n'en a consommé, est efficace mais encore lent et coûteux (il utilise du

platine comme catalyseur ; *PNAS*, novembre 2007). L'Agence nationale de la recherche française soutient plusieurs projets de ce type.

152. De même, l'ancêtre de la tomate était toxique, le bœuf provient de l'élevage de l'aurochs, etc.

153. Par exemple, le transfert à une souris de laboratoire d'un gène de méduse la rendant fluorescente, ou le transfert d'un gène d'une bactérie à une plante. On ne respecte donc plus du tout la « barrière des espèces ».

154. Ce risque est important pour les arbres, dont le pollen peut se diffuser à des centaines de kilomètres, d'où l'opposition d'écologistes aux plantations. Les États membres de la Convention sur la biodiversité ont même adopté, en avril 2006, une déclaration « reconnaissant les incertitudes » sur les effets des arbres transgéniques et prônant « une attitude de précaution ». Les rayons de diffusion sont plus courts pour les plantes OGM, au pollen plus lourd : de quelques centaines de mètres à 3 kilomètres pour le maïs et le colza, plus pour les graminées : une étude pour *Agrostis stolonifera* montre une portée de 15 à 20 kilomètres, avec passage à des graminées sauvages (*PNAS*, septembre 2004). En revanche, la diffusion est nulle pour des plantes « autogames » (qui s'autofécondent) comme le soja. Le programme européen Sigmea a évalué ces effets de diffusion sur une période de trois ans et constaté que 1 % seulement des pollens de maïs se diffusent à plus de 50 mètres de distance ; cependant, une faible part peut se disséminer à plusieurs kilomètres, du fait des vents ascendants.

155. La résistance d'espèces comme le sphinx du tabac ou la capsule du cotonnier était apparue depuis quelques années dans les champs où la toxine Bt est pulvérisée, mais pas dans les champs OGM. Le premier cas documenté de résistance d'insectes (des noctuelles) à un coton OGM insecticide portant le gène Bt a été constaté récemment dans une douzaine de plantations du Mississippi et de l'Arkansas ; les insectes restaient en revanche sensibles à un coton OGM portant une toxine légèrement différente (*Nature Biotechnology*, février 2008).

156. Aux États-Unis, un quart des cultivateurs d'OGM ont déjà des herbes résistantes au glyphosate dans leurs champs. Mais des herbes résistantes au même produit se trouvent aussi en Europe, bien qu'aucun OGM résistant aux herbicides n'y soit cultivé... (*Science*, mai 2007).

157. Ce danger semble il est vrai faible : après dix ans de culture à grande échelle de maïs OGM en Amérique (45 % du total des surfaces de cette céréale), la fréquence des insectes résistant à la toxine Bt n'est que de 1 sur 1 million ! En outre, des chercheurs chinois ont montré que l'utilisation intensive de coton Bt bénéficie non seulement aux cultures transgéniques, mais aussi aux cultures conventionnelles voisines de maïs, d'arachide, de soja et de légumes, en réduisant la pullulation des chenilles *Helicoverpa armigera*, ces papillons pondant de préférence leurs œufs sur les plants de coton avant de se répandre (*Science*, septembre 2008).

158. Les études précises publiées en septembre 2008 par l'Institut de recherches agroalimentaires de Barcelone ont montré qu'une séparation de 20 mètres suffisait à maintenir le taux d'OGM dans les champs voisins au-dessous du seuil européen de 0,9 % pour le maïs ; pour le riz, dont le taux de pollinisation est très bas, il suffit (sauf pour la variété « riz rouge ») de moins de 1 mètre.

159. Les distances minimales imposées par la loi entre cultures OGM et conventionnelles sont très variables : en général 25 mètres, mais 200 mètres au Danemark et 800 mètres aux États-Unis, ici plus protecteurs.

160. Les laboratoires utilisaient fréquemment, jusqu'à la fin des années 1980, une pratique discutable consistant à repérer les OGM étudiés en leur greffant un gène « marqueur » de résistance à des antibiotiques – il suffisait, pour faire le tri, d'appliquer cet antibiotique à un lot et de retenir les plants qui y survivaient... Ce gène provenant de la bactérie *Escherichia coli*, on craignait son transfert, après ingestion par les ruminants, à d'autres microbes. Bannie par une directive européenne dès 2001, cette méthode est abandonnée aujourd'hui, les chercheurs y ayant substitué des gènes marqueurs résistant aux désherbants. Certains proposent d'utiliser désormais pour l'indispensable tri un gène végétal (Atwbc 19) issu d'*Arabidopsis thaliana*, et donc sans danger (*Nature Biotechnology*, janvier 2006).

161. Les OGM étaient souvent rendus stériles par l'insertion d'un gène *ad hoc* dit Terminator. La dénonciation de cette domination abusive des groupes semenciers, jointe au risque de voir le gène de stérilité se disperser dans la nature, conduit à un abandon progressif de l'usage de ce gène. La capacité de reproduction des OGM varie grandement d'une plante à l'autre : si le soja s'autoféconde et échappe facilement aux semenciers, une proportion non négligeable d'OGM sont naturellement stériles (pomme de terre, banane...) ou, dans le cas du maïs, des hybrides peu homogènes dont les agriculteurs doivent racheter les semences.

162. On a pu constater expérimentalement, par exemple, le croisement de colzas transgéniques avec des plants de moutarde (*Sinapis arvensis*), de ravenelle (*Raphanus raphanistrum*) ou de navette (*Brassica rapa*), plantes très proches (le colza est un hybride naturel de la navette et du chou, donc susceptible de se croiser avec ses cousins crucifères et brassicacées), à des taux faibles cependant et avec une disparition progressive du transgène au fil du temps. Un autre problème est que le colza perd jusqu'à 10 % de ses graines au moment de la récolte ; il y aura donc des repousses de plants OGM même si l'agriculteur revient par la suite à un colza non transgénique.

163. Le principe retenu pour éviter ce risque est que la dose de toxine naturellement produite par la plante transgénique atteigne vingt-cinq fois la dose requise pour tuer 99 % des insectes-cibles. Des études publiées par Greenpeace Allemagne et par deux savants du même pays en avril 2007 montrent cependant une forte variation de plante à plante de la dose toxique réellement exprimée dans le maïs OGM, ce qui conduit les écologistes à invoquer de nouveau le danger précité. Le même risque existe pourtant, à un degré bien supérieur, avec les insecticides classiques !

164. Une espèce de soja génétiquement modifié a dû être abandonnée, car elle causait des allergies, du fait que le nouveau gène provenait d'une noix du Brésil connue pour ce fait. Il en a été de même du maïs Starlink, qui exprimait la protéine Cry 1 Ac, dont les potentialités allergènes ont été attestées par des études scientifiques en 1999 et 2000, ce qui a conduit à son interdiction par la FDA pour la consommation humaine aux États-Unis.

165. Après un premier avis en ce sens en 2001, l'AFSSA a indiqué, en 2004, qu'« à ce jour, aucun problème de santé, qu'il s'agisse de toxicité ou d'allergénécité, n'a pu être spécifiquement attribué à un OGM sur le marché ».

166. Ces deux académies savantes ont conclu que les OGM ne présentent aucun danger avéré pour la santé, qu'ils soient utilisés dans l'alimentation ou à des fins thérapeutiques. Elles encouragent donc leur « introduction raisonnée et prudente ».

167. Rapport de la Mission d'information sur les enjeux des essais et de l'utilisation des OGM présidée par Jean-Yves Le Déaut, Assemblée nationale, avril 2005.

168. Ce constat résulte d'une compilation par des chercheurs américains de 44 études indépendantes, car financées sur fonds publics (*Science*, juin 2007).

169. Un article de la revue *Nature* supposait, en mai 1999, que le gène Bt du maïs OGM pouvait nuire aux larves de papillons monarque. Six études ultérieures d'entomologistes portant sur ce papillon et sur le machaon écartent ce risque, qu'elles jugent « négligeable » aux concentrations rencontrées en plein champ (*PNAS*, juin 2000 et septembre 2001).

170. Des écologistes avaient monté en épingle, au printemps 2004, des malformations rénales chez des rats de laboratoire, attribuées à la consommation de maïs OGM de Monsanto (Mon 863). Des expertises complémentaires d'anatomopathologistes et de vétérinaires réputés ont « blanchi » la céréale incriminée, qui a donc été autorisée à l'importation. Cela n'empêche pas des ONG de revenir à la charge (notamment par la publication d'une étude de M. Seralini, responsable scientifique de Cii-Gen, dans une revue scientifique en mars 2007 invoquant des perturbations rénales et hépatiques), entraînant le démenti du toxicologue Gérard Pascal, qui avait participé à l'étude initiale et leur reproche d'« instrumentaliser cette affaire ».

171. En dehors des deux cas cités plus haut (note 164). Des tests biologiques ont été réalisés par l'Académie des sciences américaine sur les effets allergènes des protéines recombinantes sécrétées par les gènes des OGM ; ces effets existent, mais sont inférieurs à celui d'un fruit comme le kiwi, par exemple. Il n'est pas exclu, cependant, que les risques soient plus forts avec les OGM de seconde génération, combinant plusieurs gènes d'intérêt.

172. Une étude publiée dans *Nature* (novembre 2001) par deux chercheurs de Berkeley soutenait que les gènes modifiés avaient envahi le génome des maïs sauvages mexicains de la région d'Oaxaca, berceau de la téosinte, ancêtre du maïs moderne, nuisant ainsi gravement à la biodiversité – alors que le Mexique proscrit les cultures OGM (mais pas les importations) depuis 1998. La revue a cependant peu après, émis des réserves, admettant que « les preuves disponibles ne sont pas suffisantes ». Une étude scientifique approfondie, conduite en 2003 et 2004 par l'équipe du Pr A. Snow et cosignée par le président de l'Institut national mexicain d'écologie, qui avait d'abord mis en cause les OGM, a démontré que la contamination était en fait « négligeable » ; l'erreur initiale proviendrait de cultures OGM non déclarées dans la région en 2000... (*PNAS*, septembre 2005).

173. Outre le Mon 863 (note 170 ci-dessus), les attaques ont visé le maïs doux transgénique Bt11 de la firme suisse Syngenta, qui combine la résistance à un herbicide (le glufosinate, équivalent du glyphosate utilisé dans le Roundup de Monsanto) et les propriétés insecticides du gène Bt. Les tests effectués et vérifiés par l'AFSSA ont montré l'absence d'effets néfastes sur les animaux de laboratoire.

174. Par exemple, en 2001, des consommateurs américains de chips et tacos s'étaient plaints de réactions allergiques après avoir appris qu'ils contenaient du maïs transgénique ; après vérification par le très sérieux Center for Disease Control d'Atlanta, il a été prouvé qu'aucun d'entre eux n'avait développé de réaction (production d'anticorps) à la protéine incriminée.

175. Les sondages montrent régulièrement qu'une majorité d'Européens estiment – malgré tous les démentis – que les OGM sont dangereux pour la santé ; et 70 à 80 % n'en veulent pas dans leurs assiettes.

176. Comme l'a fait remarquer un économiste membre de la commission, « avec le principe de précaution nous n'aurions pas eu d'antibiotiques – trop risqué à créer –, pas

d'Internet – par crainte des images pédophiles –, sans parler des voitures »... Sans être opposée à une application modérée de l'idée, la Commission craint que la valeur juridique du principe, conjuguée à l'élargissement des possibilités de saisir le Conseil constitutionnel, n'ouvre la porte à des litiges sans fin, créateurs d'incertitudes pour les entrepreneurs. Les ministres compétents (Mmes Kosciusko-Morizet et Péresse) estiment à l'inverse que le principe de précaution est « un principe d'action », « un nouveau moteur pour la croissance ». Les arguments (réels) en ce sens sont présentés au chapitre suivant.

177. Un sondage Eurobaromètre de mai 2008 montre que 58 % des Européens interrogés seraient hostiles aux OGM.

178. Les quantités sont loin d'être anecdotiques : la France a importé 500 000 tonnes de maïs transgénique en 2007 !

179. Le Bt11 de Syngenta, concurrent du seul maïs autorisé à la culture en plein champ en Europe, le Mon 810 de Monsanto, est interdit de culture, mais peut être librement importé et consommé dans l'UE, en vertu d'une décision de la Commission européenne de mai 2004.

180. L'OMC a d'ailleurs enjoint à l'Union européenne de stopper le recours « sauvage » de ses membres aux clauses de sauvegarde.

181. De même, c'est le Français Rhône-Poulenc qui avait découvert le premier gène de résistance à l'herbicide glyphosate.

182. Même les recherches publiques comme celles de l'INRA, du CIRAD, du CEMA-GREF, ont été freinées par le saccage de leurs essais. Il ne subsiste plus que deux recherches officielles sur les OGM en plein champ, celle d'Orléans sur les peupliers (sur 1 400 m² seulement !) et celle de Colmar sur la vigne (recherche sur le virus du « court-nové » sur 1 000 m²). Pour éviter toute critique, l'INRA prend la peine de cueillir à la main toutes les fleurs de ses peupliers OGM et de ses ceps de vigne avant qu'elles ne puissent se disséminer ! De plus, le transfert de gènes a été fait entre peupliers et non à partir d'une bactérie comme pour le maïs de Monsanto. Et les greffons de vigne ne sont pas des transgènes.

183. Par exemple, Limagrain, quatrième semencier mondial et pionnier des technologies du génie végétal en Europe (il consacre 40 millions d'euros par an à la recherche sur les biotechnologies), a préféré renforcer ses recherches aux États-Unis (en achetant des licences Monsanto !) et en Israël et ne tentera aucun essai en plein champ en France en 2008. Sa filiale Biogemma vient de fermer deux de ses centres européens, à Évry et à Cambridge, après la destruction, entre 2000 et 2007, de tous ses essais en plein champ (non moins d'une vingtaine de parcelles), y compris sur un maïs expérimental donnant le même rendement en consommant moins d'azote, c'est-à-dire diminuant la pollution aux nitrates, ou sur des variétés tolérantes à la sécheresse. Aventis s'est séparé de sa branche agrobio (Aventis Crop Science) pour la céder à Bayer ; Bayer Crop Science a elle-même réduit ses investissements en recherche en France, à la suite de destructions répétées de ses essais ; le semencier néerlandais Advanta a transféré ses centres de recherche aux États-Unis. Quant au riz transgénique détruit à Montpellier par les partisans de J. Bové, il est maintenant américain, sous brevet Novartis, le chercheur qui l'avait lancé étant parti, découragé, aux États-Unis...

184. Déclaration de la ministre de la Recherche, V. Péresse, en janvier 2008.

185. Depuis trois ans, l'Agence nationale de la recherche (ANR) finance un appel à projets, bien doté, sur les OGM ; seuls 6 projets ont été retenus en 2007, et l'appel a été suspendu de la programmation de l'ANR en 2008. Une enveloppe plus générale de 15 millions d'euros annuels en faveur de l'innovation en biotechnologies a toutefois été

confirmée pour trois ans, ainsi que 4 millions d'euros pour le développement des plateformes de recherche de Montpellier et Clermont-Ferrand.

186. Les marqueurs génétiques sont des séquences caractéristiques d'ADN qui servent de repère pour les gènes impliqués dans tel ou tel caractère d'intérêt (résistance à un prédateur, qualités nutritives ou gustatives...) qui peut exister naturellement dans une des nombreuses sortes de plantes – on compte, rien qu'en France, 100 000 variétés de légumes. Leur passage de génération en génération à travers les croisements est suivi à la trace ; les techniques informatiques modernes permettent de trier rapidement l'immense quantité d'informations reçues. De grands centres de recherche sur les OGM comme Syngenta et Limagrain recentrent partiellement leurs activités sur cette recherche de variétés assistée par ordinateur, aussi appelée « génétique d'association ».

187. Certaines lignées de maïs comportent, du fait d'un « polymorphisme génétique » naturel, un gène qui programme un taux élevé de bêta-carotène, précurseur de la vitamine A (66 µg par gramme de graine, contre environ 1 µg dans les variétés les plus usitées). Le « marquage génétique » des formes du gène associées à ce taux élevé de provitamine A a permis de sélectionner les meilleures graines et de les diffuser par croisement classique (*Science*, janvier 2008), rivalisant avec le « riz doré » OGM (voir note 133).

Chapitre V

RÉCONCILIER ÉCONOMIE ET ENVIRONNEMENT

1. Il est vrai que le titre du même rapport en anglais, *The Limits of Growth* (« Les limites de la croissance »), est beaucoup plus modéré. Au lecteur de choisir sa version favorite... Ce rapport, reprenant des travaux du MIT, prédisait l'épuisement des ressources naturelles et une catastrophe écologique en cas de poursuite à ce rythme de la croissance économique et démographique. Un document préparatoire à la première conférence de l'ONU sur l'environnement, en 1992, *Only one World*, dressait aussi des prévisions pessimistes.

2. Citation d'André Gorz, dans *Le Nouvel Observateur*, juillet 2007.

3. Il est clair au demeurant que certaines priorités comme la protection de la biodiversité ou les risques de transport de produits dangereux sont difficiles à traduire en termes de marché. Elles relèvent souvent de la réglementation. Cependant, les coûts pour la collectivité (ou « externalités négatives ») peuvent généralement être exprimés en termes de taxation ou de suppléments tarifaires, rejoignant une approche de marché.

4. Cette proposition, soumise aux 151 pays membres de l'OMC (Organisation mondiale du commerce), vise une quarantaine de produits écologiques, dont les panneaux solaires et les turbines d'éoliennes.

5. Tony Blair a d'ailleurs déclaré que ce rapport était le document sur le futur le plus important qu'il ait reçu dans sa vie de Premier ministre...

6. N. Stern a aussi été *chief economist* de la BERD – Banque européenne de reconstruction et de développement.

7. La fourchette de 3 à 6 % du PIB chinois que j'indique vient du récent rapport de la Banque mondiale sur ce sujet. Le rapport Stern donne une fourchette de 2 à 7 % pour la seule pollution aérienne. L'estimation de l'agence nationale chinoise spécialisée, la SEPA, est plus haute : 7 à 20 %.

8. Les générations futures, ne votant pas encore, ne sont pas celles qui participent aujourd'hui aux décisions qui pèseront pourtant lourdement sur elles demain en cas de catastrophe écologique... En ce qui concerne les pays, le rapport Stern souligne que « ce sont les plus démunis qui sont les plus susceptibles de supporter la charge la plus lourde du changement climatique, en termes de décès, d'effets adverses sur le revenu et la croissance et de baisse du niveau de vie ».

9. Rapport du deuxième groupe de travail du GIEC, mai 2007.

10. Ce chiffre implique un coût social total du carbone de 600 milliards de dollars. La gamme de variation autour de cette valeur moyenne est malheureusement très large : entre 3 et 95 dollars par tonne de CO₂, selon les modèles ! « Il est très probable que les chiffres globalement agrégés sous-estiment les coûts de dommages parce qu'ils ne peuvent inclure de nombreux impacts non quantifiables », ajoute le GIEC.

11. Étude publiée par Morgan Stanley le 4 octobre 2007. Les secteurs les plus touchés seraient l'agriculture, le tourisme, le foncier et les activités à haute intensité de main-d'œuvre.

12. Cette étude, présentée en mai 2008 à la Conférence mondiale sur la biodiversité (CDB), n'évalue évidemment pas un coût monétaire direct, la perte de biodiversité passant malheureusement souvent inaperçue dans un premier temps. Elle ajoute aux frais engagés, par exemple en faveur des parcs naturels ou pour lutter contre les espèces envahissantes, la charge économique de la perte définitive de richesses biologiques.

13. L'objectif visé ici est de 550 ppm (particules par million) de CO₂, soit deux fois plus que les 280 ppm de l'époque préindustrielle et 43 % de plus que le niveau de 385 ppm actuellement atteint (voir chapitre I, p. 20).

14. Ce chiffre est valable pour 2050 ; les coûts de départ seraient plus élevés (61 dollars la tonne en 2015 et 33 en 2025), compte tenu du nécessaire processus d'apprentissage. Il s'agit là d'hypothèses *moyennes* : selon la rapidité des progrès technologiques, les prix plus ou moins élevés des hydrocarbures, etc., le prélèvement sur le produit mondial varierait entre 1 % (bénéfice au lieu d'un coût) et 3,3 %. Le GIEC donne une fourchette encore plus large : des prix atteignant 20 à 80 dollars par tonne d'équivalent-CO₂ permettraient une stabilisation aux environs de 550 ppm d'ici à 2100 ; mais ces prix pourraient être ramenés à 5 à 65 dollars par tonne par le progrès technologique. Quant au coût global de 1 % du PIB pour le passage à une économie faible en carbone, il est corroboré par les sages britanniques chargés par la loi de novembre 2008 de piloter ce changement au sein du Committee on Climate Change.

15. Cette estimation est confirmée par l'OCDE, pour qui les politiques permettant de stabiliser la concentration totale en GES à 450 ppm ralentiraient la croissance d'« environ 0,1 % par an ».

16. Notamment dans le bâtiment, où on voit bien que les économies de chauffage ou de climatisation obtenues peuvent rapidement compenser la charge de l'investissement initial.

17. Le rapport souligne que l'efficacité énergétique « joue un rôle clé dans tous les scénarios », car « il est souvent plus économique d'investir dans l'amélioration de l'efficacité que dans l'accroissement de l'offre d'énergie ». Certaines hypothèses paraissent toutefois optimistes, comme une part d'énergies renouvelables de 35 % (hors nucléaire) dans la production électrique en 2030.

18. Selon une étude de l'IFP publiée en novembre 2007, 7 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ pourraient être évitées à coût nul ou négatif ; les opérations les plus bénéficiaires (jusqu'à plus de 100 euros par tonne de CO₂ économisée !) concernent l'iso-

lation et le chauffage des logements, la réduction de consommation des véhicules et les biocarburants issus du sucre de canne. Le GIEC donne une estimation très proche : 5 à 7 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ économisables à coût net négatif à l'horizon 2030.

19. L'« écologie industrielle », promue par l'ICAST de Genève, fondé par Suren Erkman, considère l'industrie comme un écosystème, où tout processus de fabrication et de consommation s'insère dans un flux global d'échanges de matières et d'énergie : les résidus d'une activité sont une ressource pour une autre entreprise, le recyclage futur du produit (engrais, pneus, peinture, etc.) est intégré dès le départ dans sa conception, etc. Un exemple de cette symbiose est donné par le complexe de Kalundborg, au Danemark, où 8 entreprises se sont entendues pour utiliser les surplus d'énergie et de chaleur des unes pour alimenter les autres et recycler en commun leurs déchets industriels.

20. Le GIEC insiste sur ce point notamment dans le rapport de son groupe III, en mai 2007.

21. La définition de l'adaptation donnée par le GIEC est « tout ajustement des systèmes naturels ou humains en réaction à des stimuli présents ou attendus ou à leurs effets, qui modère les dommages ou exploite les opportunités bénéfiques ».

22. Plus globalement, la loi des rendements décroissants joue probablement largement dans ce secteur. Le rapport Stern en donne plusieurs exemples, comme le fait que l'élévation à due concurrence des digues côtières réduirait les dommages potentiels de 80 à 90 % en cas d'une hausse de 50 centimètres du niveau de la mer, mais seulement de 45 % en moyenne (10 à 70 %) en cas de hausse de 1 mètre.

23. La charge sera plus lourde pour certains, comme les Pays-Bas : 9 millions d'habitants et les deux tiers de la richesse nationale sont situés en zone inondable. Un rapport officiel de septembre 2008 estime que la seule remise aux normes des digues coûtera 1,2 à 1,6 milliard d'euros par an, soit un prélèvement supplémentaire de 0,2 point de produit national, jusqu'en 2025. La Banque mondiale estime de son côté que la simple adaptation des investissements courants au changement climatique coûtera de 5 à 20 % de leur montant. La fourchette de coût total indiquée est très large : 4 à 37 milliards de dollars de surcoût annuel (aux prix de l'an 2000) ; il s'y ajouterait 40 à 100 milliards de dollars au titre des dépenses collatérales.

24. Cette estimation très large du GIEC inclut des mesures techniques comme les protections côtières, les changements de comportement (habitudes alimentaires et récréatives), les modifications de gestion (terres agricoles...) et de politique économique.

25. Pour s'en convaincre, il suffit de rappeler qu'il faut consommer 27 litres de pétrole pour faire un pneu, 612 pour un ordinateur, 1,3 pour un hamburger, 25 pour un jean et 1 600 pour chauffer un appartement de 80 m² au fuel pendant un an. Le pétrole cher pousse donc à la recherche de procédés plus économes en énergie.

26. L'État a refusé ou différé à plusieurs reprises, en 2007 et 2008, les hausses de tarifs demandées par EDF et GDF. De plus, un amendement parlementaire à la loi de modernisation de l'économie de juillet 2008 prolonge les tarifs réglementés de l'électricité en France au-delà du 1^{er} juillet 2010, date à laquelle ils devaient être libérés. Notre pays n'est pas isolé dans ce type d'attitude. La chancelière allemande Angela Merkel a emboîté le pas, en octobre 2007, aux associations de consommateurs qui dénonçaient le relèvement des tarifs de l'électricité et du gaz. Le gouvernement espagnol a imposé, début 2008, une hausse des tarifs de l'électricité inférieure à l'inflation alors que les opérateurs ont déjà accumulé 9 milliards d'euros de déficit. Pourtant, les hausses demandées freineraient utilement la consommation... Bruxelles menace de lancer des enquêtes.

27. En France, les foyers non imposables bénéficient d'une « prime à la cuve », récemment portée à 150 euros. L'État a obtenu, en août 2008, l'extension à deux millions de foyers des tarifs sociaux d'EDF, et l'augmentation de 5 % du prix du gaz finalement décidée s'accompagne d'un tarif réduit pour les ménages les plus modestes

28. Même en France, où l'on a l'habitude d'accuser l'État de trop prélever sur le prix de l'essence, la part de la TIPP dans le PIB recule : 1,4 % en 2005 contre 1,8 % en 1995, selon l'Insee.

29. Le carbone fossile (charbon, pétrole, gaz naturel) est une ressource limitée, résultant de millions d'années de décomposition organique, que nous sommes en train d'épuiser en quelques siècles. Il n'est pas anormal que ce fait se traduise par un supplément de prix.

30. Toutes les formes d'énergie ont monté en même temps, comme il est logique, car elles sont en partie substituables : le gaz naturel, le charbon (145 dollars la tonne en mai 2008, contre 30 dollars il y a cinq ans) et même l'électricité (à 75 euros le MWh de base, soit 7,5 centimes le KWh) ont aussi atteint des prix records courant 2008.

31. Le prix du baril de brut américain de référence a dépassé 100 dollars en janvier 2008 pour culminer à 150 dollars en milieu d'année, soit un doublement en un an. Mais la crise financière puis économique de 2008 l'a fait rapidement reculer (à 65 dollars en octobre 2008 et moins de 40 en décembre). En monnaie constante, les prix étaient montés jusqu'à l'équivalent de 102 dollars actuels en avril 1980 et à 90 dollars actuels (plus de 40 dollars de l'époque) en 1990, juste avant la guerre du Golfe, selon l'AIE. À 150 dollars le baril, le pétrole brut valait 95 cents le litre (63 centimes d'euros).

Si l'on prend en compte toutes les sources d'énergie, la hausse enregistrée en France en 2007 n'a été « que » de 10 %. Cet écart très fort entre la hausse du prix du pétrole brut et celui de l'énergie est dû notamment : à l'effet amortisseur des taxes (la TIPP, qui représente plus de la moitié du prix d'un litre d'essence, est calculée non en pourcentage du prix, mais sur les volumes vendus, et reste donc stable) et des marges des distributeurs ; et à des tarifs de l'électricité et du gaz restés très « sages ». Au total, les dépenses d'énergie des ménages représentent 7,3 % de leur budget (3,8 % pour le chauffage et 3,5 % pour les carburants). Ce chiffre est en progression par rapport à 2002 (6,8 %), mais reste nettement plus bas qu'en 1975, où il atteignait 10 %. Sur la période 2003-2006, les prix de l'énergie domestique ont augmenté de 4 % par an et ceux des carburants de 7,3 % par an ; mais ils avaient stagné ou baissé pendant les quinze années précédentes.

32. Notre monnaie s'est beaucoup appréciée depuis 2002, ce qui a réduit le choc énergétique : le prix moyen du baril de pétrole importé était (en euros actuels) de 68 euros en 1982 ; au plus haut courant 2008, il a atteint 95 euros. Le prix du carburant à la pompe varie d'un pays européen à l'autre (entre 1,16 euro en Espagne et 1,63 euro aux Pays-Bas pour le litre d'essence sans plomb, en mai 2008), mais il reste beaucoup plus bas aux États-Unis : 70 centimes d'euros lors du pic de l'été 2008, ce qui a néanmoins frappé l'opinion car cela représentait une hausse de près de 30 % par rapport à 2007. En France, le prix à la pompe n'avait, à son maximum, augmenté que d'environ 15 % en un an.

33. Autre exemple : le prix du pain a augmenté plus vite que celui de l'essence : un litre d'essence vaut 1,5 baguette en 2008, contre 2 baguettes en 1970.

34. D'après les *Comptes des transports* de l'Insee, le recul de la consommation de carburants des ménages pour les transports a été de 6 % en quatre ans (de 2003 à 2006 : -1,4 % en 2005 et -2 % en 2006). Au cours des deux dernières années connues en détail

(2005 et 2006), la consommation des ménages s'est réduite de 5 % pour le gaz, 8 % pour le fuel et même 4 % pour les carburants routiers (leur renchérissement d'un tiers depuis 2003 conduisant à une baisse du kilométrage annuel parcouru) ; seule l'électricité domestique a progressé d'un peu plus de 3 %. Globalement, la consommation d'énergie des ménages s'est réduite de 2,4 %, réagissant à une hausse moyenne des prix de 14 % (mais + 40 % pour le fuel contre seulement + 0,6 % pour l'électricité, moins chère). La tendance se prolongerait, selon les données récemment publiées par le MEDAD pour 2007 – une baisse de 1,1 % pour la consommation de carburants. Au total, malgré le choc pétrolier, la part des carburants et lubrifiants dans le budget des ménages reste très stable (cf. note 32) ; ceci n'a pu être obtenu que par un ralentissement de la demande. De fait, le nombre moyen de kilomètres parcourus par véhicule et par an diminue depuis 2002. Très nette en France, cette inflexion existe aussi en Italie et en Allemagne.

35. Les nouvelles prévisions publiées par le réseau de distribution public RTE en 2007 ne tablent plus que sur une progression de la consommation électrique de 1,3 % par an jusqu'en 2010 et de 1 % par an au-delà. L'augmentation des prix pourrait freiner encore plus la consommation dans l'avenir. La dérégulation du marché de l'électricité – générale dans l'UE depuis juillet 2007, et censée bénéficier au consommateur – y conduirait, selon certains : d'après Attac, le prix du kWh aurait augmenté en cinq ans de 49 % en Allemagne et de 81 % au Royaume-Uni contre 11 % seulement en France pour les tarifs régulés d'EDF. Cette hausse des prix à l'étranger paraît en fait bien davantage due au coût des combustibles qu'à la libéralisation du marché ; cependant, celle-ci a pour conséquence un alignement général des tarifs : les cours à terme du courant industriel pour 2009 ont atteint 7,5 centimes le kWh en 2008 (cf. note 30), alors que l'exception nucléaire française permettait jusque-là des coûts plus bas en France (moins de 5 cents d'euros le kWh jusqu'en 2006).

36. L'élasticité-prix de la demande est de 0,4 pour les carburants – c'est-à-dire qu'une augmentation de 1 % des prix entraîne (après un délai d'un an environ) une baisse de la demande de 0,4 % – et de 0,2 pour le chauffage.

37. Mi-2008, la hausse des cours du pétrole a poussé le gallon de 3,78 litres d'essence au-dessus de 4 dollars, soit plus de 1 dollar par litre : 30 % de plus qu'en 2007 (cf. note 33), mais au moins le double de ce que l'automobiliste américain était habitué à payer dans les bonnes années.

38. – 3,3 % pour la consommation d'essence en juin 2008 par rapport à l'année précédente. Les distances parcourues ont baissé de 1 % en un an, L'AIE relève qu'une baisse de 10 % de la consommation d'essence des Américains entraînerait une économie d'un million de barils par jour – plus que l'augmentation de la demande mondiale prévue en 2008 (800 000 barils par jour). Quant aux ventes de gros véhicules, le segment des « *light trucks* » (monospaces, 4 × 4 et pick-up) a reculé de 20 % en un an et s'est même effondré fin 2008, tandis que les petites voitures, souvent asiatiques, progressaient fortement.

39. Il faut que le prix du baril dépasse 130 dollars pour que les conducteurs américains paient leur essence plus de 1 dollar le litre. Mais la dépréciation du dollar fait que ce prix, exprimé en euros, restait inférieur, mi-2008, à 70 centimes le litre – moins de la moitié du niveau européen (cf. note 33).

40. En 2006, alors que la hausse des prix de l'énergie était déjà bien entamée, la consommation mondiale de pétrole a augmenté de 0,7 %, celle de gaz de 2,5 % et celle de charbon de 4,5 %.

41. Le gouvernement chinois n'a guère répercuté la hausse des prix du pétrole jusqu'au relèvement de 16 % des carburants décidé à l'été 2008, qui a alors provoqué un net ralentissement des achats de voitures.

42. Leur maintien explique que la demande mondiale d'énergie ait continué à progresser d'environ 1 % au premier semestre 2008 (à 87 millions de barils par jour) malgré des prix dissuasifs, selon l'AIE (prévisions révisées de juin 2008) : la demande des pays de l'OCDE avait bien baissé, mais celle des pays émergents continuait à croître de 3,5 %, en dépit des nouveaux prix. Seule la crise financière puis économique du second semestre a fini par infléchir la tendance globale.

43. L'effort de subventionnement de l'énergie atteignait 7 % du PIB au Venezuela et 2 % au Mexique en 2005. En Malaisie, il absorbait un tiers du budget, contribuant à un lourd déficit (5 % du PIB). Encore ce chiffre date-t-il de 2005, avant les récentes hausses, qui ont fortement alourdi la facture, car la plupart des pays du Sud, craignant des émeutes, n'ont répercuté la hausse du pétrole que partiellement et tardivement.

44. La taxe carbone pourrait très bien s'appliquer par exemple aux activités qui ne sont pas déjà couvertes par le système de quotas d'émissions européens, notamment le transport et le logement des particuliers.

45. Une étude commanditée par le gouvernement des États-Unis montre que la solution la plus efficace pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de GES est tout simplement de faire augmenter les prix : « Rendez l'énergie plus chère, les gens réduiront leur consommation... c'est politiquement peu séduisant aux États-Unis, mais en Europe l'essence coûte [le double] » (voir *Energy Policy*, novembre 2007). Des économistes américains réunis au sein du « Pigou Club » demandent, sans succès jusqu'à présent, l'instauration d'un prélèvement de 1 dollar par litre sur le carburant.

46. Beaucoup d'ONG écologistes souhaiteraient que l'écotaxe soit appliquée sur toutes les sources d'énergie, y compris le nucléaire, qu'elles estiment non-renouvelable. Je ne souscris pas à cette approche.

47. À travers le transport automobile et aérien, l'électricité et le chauffage domestiques notamment.

48. Le Grenelle de l'environnement français a envisagé des mesures telles que des chèques énergie individuels (Nicolas Hulot propose une allocation égale pour tous), des crédits d'impôt sous conditions de ressources, voire un « impôt négatif » (subvention) pour certaines entreprises.

49. Une initiative commune du président français et du Premier ministre britannique Gordon Brown, lancée en juillet 2007 et confirmée au Conseil européen de mars 2008, portait ainsi sur l'instauration d'une TVA réduite à 5 % pour les produits « verts » comme les ampoules et appareils électriques basse consommation, les matériaux isolants, les voitures économes...

50. La fondation Nicolas-Hulot estime que la taxe pourrait représenter 3 à 5 centimes par litre d'essence la première année et monter en puissance en quatre ans pour atteindre 60 milliards d'euros annuels (soit 0,3 % du PIB) en 2012. Le Medef a donné son accord de principe, à la double condition que ce prélèvement soit mis en place dans un cadre européen et compensé par une réduction des charges – idées acceptées par le gouvernement.

51. Comme le fait remarquer Nicholas Stern, il est possible que l'OPEP, qui regroupe les grands exportateurs de pétrole, cherche à contrer cet effet en restreignant l'offre pour préserver sa rente, ce qui ferait monter les prix encore davantage ; il est tout aussi possible qu'elle cherche au contraire à garder sa part de marché en les abaissant. La

première stratégie, certes désagréable économiquement, serait positive sur le plan environnemental ; la seconde aurait les effets inverses.

52. Ce problème des *free riders* est général dans le domaine de l'écologie : les efforts de protection des biens publics mondiaux bénéficient à tous et devraient donc être consentis par tous. Le partage des charges est au cœur de la problématique des négociations pour un renouvellement des accords de Kyoto (voir chapitre VI).

53. Cimenteries, pêche, navigation, hydroélectricité et gaz naturel, pâte à papier...

54. Le projet de loi Borloo-I sur l'environnement présenté en avril 2008 prévoit simplement que l'État « étudiera la création » de cette contribution, mais sans donner de calendrier, ni de montant, ni de précisions sur les modalités.

55. Les industries chimiques et l'automobile sont les plus touchées par des normes antipollution ; la sidérurgie, les transports et, de nouveau, la construction automobile sont frappés par les plafonds d'émission de GES. Dans la négociation sur les futurs quotas d'émission européens (voir p. 115), la France plaide en faveur de la taxe d'ajustement pour éviter les délocalisations dans des secteurs très exposés comme la sidérurgie, alors que l'Allemagne préférerait leur allouer des quotas gratuits.

56. Tant par le gouvernement Villepin que par le président Sarkozy, puis par le Grenelle de l'Environnement. La création d'une taxe sur les 22 millions de tonnes de charbon utilisées en France (il est totalement importé) a été annoncée en octobre 2006, sans être mise en œuvre à ce jour. N. Sarkozy a pour sa part proposé de taxer à son entrée sur le territoire européen tout produit à forte intensité carbone (ciment, acier, etc.) fabriqué dans un pays qui n'aurait pas souscrit aux engagements de Kyoto.

57. La taxe d'ajustement a été vivement combattue notamment par le commissaire alors chargé du Commerce, P. Mandelson (malgré l'appui de son propre pays, la Grande-Bretagne). Ce proche de Tony Blair veut recourir à « la coopération internationale, et non la coercition », et pense que « nous ne devons pas punir nos partenaires en affaiblissant leur commerce s'ils ne parviennent pas à s'engager dans cette voie ».

58. Dans les règles de l'OMC, une mesure commerciale causant un préjudice aux exportateurs d'autres pays doit être compensée par des concessions commerciales de valeur équivalente dans d'autres secteurs. Par ailleurs, certains experts redoutent la complexité de telles mesures et les risques de fraude.

59. L'article 20 de la Charte de l'OMC, repris par l'art. 6 de la déclaration de Doha, autorise des mesures commerciales de sauvegarde « pour la protection de la santé et de la vie des personnes et des animaux et la préservation des végétaux » ou pour « la conservation des ressources naturelles » mais sous réserve que ces mesures ne soient pas discriminatoires et « soient par ailleurs conformes aux dispositions des accords de l'OMC », ce qui laisse une large place à l'interprétation. Son usage déclencherait sûrement une polémique, car on considère en général que l'OMC permet des mesures sur les produits mais pas sur les procédés de fabrication ; de plus, un prélèvement à l'entrée dans nos pays n'agirait qu'indirectement, et il serait difficile d'évaluer précisément les GES émis lors de la fabrication dans le pays d'origine. Cependant l'alinéa 20 g permet des entraves aux échanges pour « protéger des ressources non renouvelables, à condition qu'elles soient concomitantes de restrictions à la consommation ou à la production domestique » – ce qui est précisément le cas.

60. « Si nos attentes relatives à un accord international ne sont pas satisfaites, nous considérerons d'autres options, obligeant par exemple les importateurs, tout comme les concurrents européens, à se procurer des certificats d'émissions de CO₂ », a déclaré

J. M. Barroso, président de la Commission européenne, en janvier 2008. Cette intégration des importateurs dans le mécanisme d'échange sera examinée en juin 2011 : des permis devraient être achetés sur l'ETS par les importateurs de produits de base à forte intensité d'émission (acier, ciment, carburants...) ou forts consommateurs d'énergie (aluminium). Le montant à acquérir serait fonction du « taux d'effort » demandé aux producteurs européens par les quotas alloués à l'intérieur de l'UE. La proposition de loi climatique des sénateurs américains Liberman et Warner (voir note 85) comporte un dispositif analogue.

61. Peter Mandelson suggère d'instaurer un droit de douane nul sur les produits « verts ». Attitude favorable à l'environnement, certes, mais qui ne répondrait en rien aux distorsions de concurrence dont se plaignent nos entreprises. Un groupe de travail a néanmoins été créé au siège de l'OMC pour examiner cette possibilité.

62. Les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) et d'oxydes d'azote sont strictement limitées par la législation américaine (Clean Air Act de 1970, renforcé en 1990), car elles sont à l'origine de brumes asphyxiantes et des pluies acides. L'Agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA) a donc fixé à partir de 1995 des plafonds d'émission contraignants (leur dépassement est sanctionné par une amende de 2 500 dollars la tonne !), mais permis la négociation de ces quotas entre entreprises émettrices, dont plus de 2 000 centrales électriques. Ce marché d'échange des quotas, lancé à Chicago, a pleinement réussi : les entreprises ont pu s'adapter en souplesse, les prix des quotas échangés ont été convenables (autour de 130 dollars la tonne), et les émissions de SO₂ ont été réduites *de moitié* en quinze ans.

63. La directive instaurant, à compter du 1^{er} janvier 2005, ce système dit de « *cap and trade* » (plafonner et échanger) a été adoptée le 22 juillet 2003. Le marché européen du carbone est intitulé ETS (European Trading Scheme).

64. Les émissions totales européennes de GES s'élevaient à 4,9 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ en 2006. Le gaz carbonique proprement dit représente 4,1 milliards de tonnes. Les quotas alloués pour la première phase (2005-2007) concernaient surtout les producteurs d'énergie et sept secteurs industriels : raffineurs, cimentiers, papetiers, verriers, métallurgistes... ils ne s'élevaient qu'à 2,2 milliards de tonnes, soit 42 % seulement des émissions totales de l'UE. L'écart est particulièrement important pour la France, où les quotas ne couvrent que 30 % des émissions totales de GES (156 millions de tonnes sur 554 en 2005). Le marché est assez concentré : les 8 premiers allocataires (surtout des producteurs d'électricité) représentent près de 40 % du total en France et de 45 % en Allemagne.

65. Bruxelles alloue des quotas aux pays, à qui il appartient de les répartir entre leurs industriels et de soumettre à la Commission européenne un « plan national d'allocation de quotas » (PNAQ). Le quota français pour la première période avait été fixé à 156 millions de tonnes de CO₂, alors que les émissions réelles déclarées par les industriels à la Caisse des dépôts, chargée de gérer notre système, n'ont pas dépassé 132 millions de tonnes en 2005.

66. Les débats ont été vifs : 8 pays d'Europe orientale, dont la Pologne (ses quotas, plus élevés que ceux du Royaume-Uni pendant la phase I, ont été les plus fortement réduits, avec ceux de l'Italie), contestent en justice les quotas accordés. Pour la France, les droits d'émission des 1 500 sites concernés par cette deuxième phase sont réduits à 133 millions de tonnes d'équivalent-CO₂ (contre 453 millions de tonnes pour l'Allemagne) sur un total alloué de 2 082 millions de tonnes. 13,5 % de dépassements pourront être

couverts par l'utilisation de « crédits Kyoto », mais L'UE n'autorise pas le « *banking* » – le report en phase II de quotas inutilisés en phase I.

67. Cette date s'appliquera aux vols internes (pour lesquels une application dès 2011 avait initialement été envisagée) et internationaux. Les quotas – dont un quart sera mis aux enchères, le reste étant attribué gratuitement – seront limités à 90 % de la moyenne annuelle atteinte entre 2004 et 2006. De surcroît, les compagnies aériennes pourront acquérir des droits auprès des industriels, mais la réciprocité ne sera pas autorisée, ce qui soutiendra les cours.

68. Il s'agit notamment, pour les secteurs, de la laine de verre et de l'agroalimentaire et pour les GES du protoxyde d'azote (NO₂)

69. Les exemptions couvrent en particulier les secteurs de l'aluminium et de la pétrochimie, gros consommateurs d'énergie dont l'on craint la délocalisation, tout l'ensemble construction/travaux publics/logement, les transports, l'agriculture et les services. Les *industries* qui échappent encore aux quotas en phase II (pétrochimie et aluminium) seront peu à peu plafonnées en phase III et traitées sur le marché ETS, tandis que l'agriculture, l'habitat et les transports seront régulés, mais en dehors de ce marché.

70. L'engagement pris par l'UE de réduire ses émissions de GES de 20 % en 2020 par rapport au niveau atteint en 2005 obligera à une nouvelle baisse de 21 % des permis d'émission industriels pendant la phase III, comme le prévoit le « paquet énergie-climat » adopté en décembre 2008.

71. L'introduction de la vente ou de l'adjudication des permis de préférence au système de distribution initiale gratuite retenu en phases I et II aura l'avantage de dégager une recette publique et de soutenir les cours. Elle ne sera toutefois que progressive, car les branches très concurrencées (sidérurgie, chimie, cimenterie, chaux, aluminium...) menacent de se délocaliser ou de ne plus investir. Ce sont donc surtout les producteurs d'énergie qui subiront un coût ; l'Espagne et l'Allemagne ont déjà décidé, fin 2007, de leur faire payer 20 % des quotas attribués pour la période 2008-2012. Le « paquet énergie-climat » décidé fin 2008 prévoit que les producteurs d'électricité devront acheter la totalité de leurs quotas de CO₂ dès 2013 (sauf pour les centrales existantes ou en construction des pays de l'Europe de l'Est, qui commenceront à 30 % en 2013 et n'atteindront 100 % qu'en 2020), alors que les autres secteurs industriels ne paieraient au départ que 20 % de leur quota pour rejoindre 70 % en 2020 et 100 % en 2027. Les secteurs les plus concurrencés et subissant de forts surcoûts continuent même à recevoir des quotas totalement gratuits jusqu'à 2020. De ce fait, le revenu attendu de la vente aux enchères des quotas de la phase III ne sera que d'une trentaine de milliards d'euros par an, contre plus de 50 milliards initialement attendus. Il devra être consacré pour moitié à des programmes verts (énergies renouvelables, économies d'énergie, lutte contre la déforestation...). Tout dépassement de l'objectif national devra être compensé à hauteur de 1,08 fois l'année suivante.

72. Cette Banque du carbone serait chargée d'organiser les ventes, investir leur produit dans les technologies propres et l'aide environnementale aux pays du Sud et réguler le marché. Les chercheurs recommandent aussi de permettre des transferts de droits d'une période sur l'autre, ce qui n'est en général pas possible actuellement (*cf.* note 67) ; la possibilité d'utiliser pendant une phase ultérieure les droits non vendus éviterait l'effondrement des cours en fin de période (les détenteurs cherchant alors à se débarrasser à tout prix de droits en passe d'être annulés).

73. L'objectif est modulé par pays : la France et l'Allemagne devront réduire leurs émissions de ce type de 14 % d'ici à 2020 (par rapport à 2005) – ce qui, conjugué à une

réduction de 21 % pour les secteurs déjà soumis aux quotas, donnera une baisse moyenne de 17 % –, tandis que les pays en rattrapage économique (qui, de plus, recevraient 12 % du montant des quotas ETS) pourront les augmenter. La moitié des efforts à consentir pourront l'être sous forme de rachats de droits au titre du MDP (voir p. 118). Le Parlement européen a demandé en octobre 2008 que l'amende de 100 euros par tonne de dépassement soit aussi appliquée à ces secteurs.

74. La Caisse des dépôts (à 40 %) et Nyse Euronext (à 60 %) se partagent le capital de Bluenext, véritable Bourse des crédits et quotas de CO₂, avec cotation en continu, chambre de compensation et développement de produits dérivés – options, « caps », « floors », dérivés climatiques, etc ; les échanges y ont franchi le seuil de 2 millions de tonnes par jour en septembre 2008. L'EEX allemand, de son côté, s'est récemment allié à Eurex. Ils sont les seuls (avec l'autrichien EXAA), à coter les contrats au comptant, les autres marchés, notamment l'ECX et le scandinave NordPool, ne cotant que des contrats à terme.

75. Le premier Fonds carbone, le Prototype Carbon Fund (180 millions de dollars) avait été créé dès 1999, en partenariat avec 6 gouvernements et 17 entreprises, par la Banque mondiale. Gérant 9 fonds avec un portefeuille de 800 millions d'euros, elle reste un leader de ce secteur. Le Fonds carbone européen de la Caisse des dépôts a déjà collecté 143 millions d'euros. Le plus important acteur privé est Climate Change Capital, à Londres, qui réunit 800 millions d'euros dans ses Carbon Funds I et II.

76. Selon une étude publiée par la Caisse des dépôts en novembre 2007, les 58 Fonds carbone recensés à cette date dans le monde auraient accumulé un potentiel d'investissement de 7,04 milliards d'euros, double du niveau atteint deux ans plus tôt ; la prévision pour fin 2008 est de 9,4 milliards d'euros. Ils éviteraient potentiellement jusqu'à 700 millions de tonnes d'équivalent-CO₂ (hypothèse reposant sur un prix de 10 euros la tonne de CO₂), mais les investissements effectifs sont encore inférieurs à la moitié des capitaux réunis.

77. L'IETA, association internationale du *trading* d'émissions qui regroupe les acteurs du marché du carbone, aurait formé la délégation la plus nombreuse, avec non moins de 440 personnes, à la conférence sur le climat de Bali, en décembre 2007.

78. Swiss Re a proposé pour la première fois en 2006 une garantie sur la livraison des crédits issus du Mécanisme de développement propre (voir p. 118), car 15 % environ de ces programmes n'aboutissent pas aux résultats promis.

79. Selon la Banque mondiale et l'AIE, le marché européen ETS a couvert 50 milliards de dollars d'échanges sur un total mondial de 64 milliards de dollars en 2007. L'autre marché important est celui du MDP : 12,8 milliards de dollars sur diverses places, notamment européennes ; les autres marchés sont anecdotiques : moins de 1 milliard de dollars au total.

80. Sur le marché « spot », le prix de la tonne de CO₂ est tombé au-dessous de 1 euro en février 2007, la date d'achèvement de la phase I (2005-2007) se rapprochant. En revanche, les cours à terme concernant la phase II (qui couvre les années 2008 à 2012) ont oscillé entre 20 et 25 euros la tonne depuis l'annonce, au printemps 2007, d'une prolongation du système ETS jusqu'à 2020 (phase III), accompagnée d'un resserrement ; ils ont terminé l'année 2007 à 22,5 euros la tonne ; à l'automne 2008, les cours se sont stabilisés autour de 25 euros la tonne.

81. La valeur des « certificats de réduction d'émissions » (CER) correspondant au « mécanisme de développement propre » de Kyoto tend à s'établir en fonction du prix

de la tonne de CO₂ des quotas européens, amputé de 20 à 25 % environ. Cette valeur a terminé l'année 2007 à 16,90 euros, et avoisine 20 euros à l'automne 2008.

82. Selon une étude récente (octobre 2007) de l'économiste Mark C. Lewis, de la Deutsche Bank, confirmée par des spécialistes du marché du carbone, le prix d'équilibre du marché européen s'établirait à 35 euros la tonne sur l'ensemble des phases II (2008-2012) et III (2013-2020) de l'ETS.

83. En Australie, les quotas de CO₂ existent depuis 2003 dans la province de Nouvelle-Galles-du-Sud ; ils ont fondé 224 millions de dollars d'échanges de permis en 2007 ; le gouvernement fédéral a décidé de les étendre à tout le pays en 2010 : ils toucheront un millier d'entreprises industrielles et productrices d'énergie – dans un pays qui dépend à 77 % du charbon pour son électricité. Au Japon la décision de créer une Bourse d'échanges a été confirmée en octobre 2008, mais sans imposer de quotas : seules les entreprises *volontaires* (on en prévoit environ un millier) participeront, sur la base d'objectifs de réduction des GES qu'elles se seront fixés à elles-mêmes...

84. Une douzaine de projets de régulation fédérale des émissions de GES avec Bourse d'échange des permis ont été présentés ; le plus achevé est la proposition Lieberman/Warner : leur Climate Security Act, hélas différé par le Sénat en juin 2008, mettrait en place des plafonds d'émission avec vente partielle (20 à 60 %) aux entreprises des permis d'émission, dont le produit serait réinvesti en énergies renouvelables ; ces permis seraient librement échangés sur un marché *ad hoc*. Dans un message adressé à la conférence climatique de Poznan, en décembre 2008, le président élu B. Obama a annoncé la mise en place aux États-Unis d'un marché des droits d'émission de GES avec des « objectifs annuels chiffrés ».

85. Le Chicago Climate Exchange est une Bourse électronique lancée en décembre 2003 à l'initiative de R. Sandor, l'inspirateur de la Bourse du dioxyde de soufre (voir note 63). Ses membres (150 entreprises liées au sein du Carbon Disclosure Project dont General Electric, IBM, JP Morgan et ST Microelectronics, et plusieurs villes, dont Chicago et Portland) s'engagement spontanément à réduire leurs émissions de GES de... 1 %. Aussi ne traite-t-il que de faibles montants : 72 millions de dollars en 2007.

86. Les 12 États participant à ce système – « Reggie », pour les intimes ! – ont conclu en août 2006 un accord plafonnant les émissions de CO₂ de 300 sites producteurs d'énergie au niveau actuel de 2009 à 2012, puis à un niveau réduit de 10 % par la suite. Sur le modèle de l'ETS européen, des permis d'émission sont vendus aux entreprises et librement cessibles sur le marché, dont la dimension reste réduite (environ 30 millions de tonnes de CO₂). La première mise aux enchères de 12,5 millions de tonnes de CO₂ y est intervenue en septembre 2008.

87. La Banque mondiale, dans un rapport de mai 2007 sur le marché gris du carbone, estime son volume total à 20 millions de tonnes de CO₂ en 2006, mais considère qu'il pourrait décupler dans les quatre ans.

88. Le rapport Stern évalue la taille potentielle d'un marché des permis d'émission pleinement développé à l'échelle mondiale à une fourchette de 90 à 350 milliards de dollars.

89. Cela a permis à la Banque européenne d'investissements de faire confiance à l'avenir en créant avec la Caisse des dépôts, l'Istituto de Credito official espagnol et la KfW allemande, en octobre 2007, le premier fonds destiné à l'achat de crédits d'émission après 2012 ; il est doté de 125 millions d'euros.

90. On peut citer pour les illustrer des éoliennes alimentant des cimenteries réalisées par Lafarge à Tétouan et à Essaouira (Maroc), des mini-centrales photovoltaïques dans le même pays, et plusieurs projets de récupération de méthane : issu de l'agroalimentaire au Brésil, émis par des décharges en fermentation en Égypte (projet Veolia), ou rejeté par une mine de charbon du groupe chinois Yanquan Coal. Plusieurs de ces projets sont financés par le Fonds carbone européen (voir note 76). Le plus gros programme à ce jour, monté par la Banque mondiale en 2006, est la modernisation de deux usines chimiques de produits réfrigérants dans la province chinoise du Jiangsu : d'un montant d'un milliard de dollars, il permet d'éviter l'émission de HFC, gaz à très puissant effet de serre, pour 19 millions de tonnes d'équivalent-CO₂. Au total, 3 600 projets, dont 900 déjà agréés, sont recensés dans la base de données Point Carbon du conseil exécutif gérant ce mécanisme pour l'ONU ; ils représenteraient 2,2 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ ; l'Inde et le Brésil viennent en tête en nombre de projets (concernant surtout la biomasse), mais en montants c'est la Chine avec la moitié du total, suivie par l'Inde, la Corée et le Brésil.

91. L'essentiel (90 %) de ces échanges au titre des mécanismes de Kyoto a concerné des projets dans les pays en développement ; une centaine de millions d'euros portait sur des projets dans les pays d'Europe orientale et 300 millions d'euros sur d'autres marchés.

92. Cette connexion entre les deux marchés, établie par la directive de liaison du 27 octobre 2004, n'est toutefois pas sans limites, puisque la part de CER que les acteurs de l'UE sont autorisés à utiliser pour racheter leurs dépassements de quotas est plafonnée à 13 % en moyenne (13,5 % pour la France) sur la phase II de l'ETS.

93. EDF a créé en 2006 un Fonds carbone doté de 300 millions d'euros pour investir dans des projets d'énergies renouvelables du tiers-monde. Il est en effet plus facile (en termes d'accès au foncier et de problèmes de voisinage) de réaliser des projets d'éoliennes dans des pays du Sud ; en outre ils y remplacent en général des centrales au fuel ou au charbon, très polluantes, et génèrent donc beaucoup de CER qui, grâce à la liaison des marchés, peuvent être échangés contre des permis européens sur le marché ETS. Les autres grands électriciens comme EON ou les gaziers (GDF, Centrica) développent aussi des programmes de ce type.

94. Les Pays-Bas ont annoncé leur intention de remplir la moitié de leurs engagements de Kyoto par le rachat de 100 millions de tonnes d'équivalent-CO₂ sous forme d'actifs issus du MDP et de la MOC (programme ERUPT).

95. Ce second mécanisme d'échanges (*joint implementation*, en anglais), prévu par l'article 17 du protocole de Kyoto, a débuté en 2008, car il couvre la période 2008-2012 pendant laquelle le respect des plafonds d'émissions souscrits au titre de Kyoto-1 va être vérifié. Les États signataires en passe de dépasser leur plafond, comme L'Espagne, le Canada, le Japon, l'Australie, achèteront des crédits aux vendeurs, essentiellement des pays de l'ancien bloc soviétique qui se trouvent au large (du fait de la reconversion de leur économie). Il y aurait 3 à 4 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ à échanger de chaque côté, à un cours d'un peu plus de 20 euros la tonne. Les Nations unies viennent d'ouvrir le registre de ces nouvelles transactions portant sur des ERU (*emission reduction units*).

96. La CDC a créé début 2008 une filiale, CDC biodiversité, dotée de 15 millions d'euros, dont le but est d'acheter des terrains, d'y mener des actions de protection de la faune et de la flore, et de revendre les « crédits de biodiversité » correspondants aux constructeurs d'autoroutes ou de grandes surfaces, à qui la loi de 1976 sur la protection de la nature impose en principe une telle compensation. Un système de ce type existe déjà aux

États-Unis avec la Mitigation Bank, qui couvre la compensation des dommages causés aux zones humides.

97. Ce point est évidemment crucial. Les experts estiment que peu de projets de substitution recourant aux « technologies propres » sont vraiment rentables au-dessous d'un prix international de 40 euros (60 dollars) la tonne d'équivalent- CO_2 (voir note 14). Un indice publié par Reuters indique par exemple le prix de la tonne de CO_2 incitant les producteurs d'électricité à basculer non pas vers les énergies nouvelles, mais au moins du charbon au gaz : il oscille entre 30 et 45 euros. Nous en sommes encore loin (*cf.* note 81). Les modèles utilisés par le GIEC indiquent cependant que le prix de marché de la tonne de CO_2 devrait augmenter progressivement, pour atteindre des valeurs moyennes de 50 dollars vers 2030 et 90 dollars vers 2050. Les progrès techniques devraient de plus, à ces horizons, avoir réduit notablement le coût des projets de substitution. Pour la France, les pouvoirs publics avaient retenu en 2001 pour leurs choix d'investissement une valeur de référence de 27 euros la tonne de CO_2 , correspondant à 100 euros par tonne de carbone ; ce chiffre vient d'être actualisé par le Conseil d'analyse économique, qui retient dans une note de juin 2008 une valeur de référence de 32 euros par tonne de CO_2 , montant jusqu'à 56 euros en 2020, puis 100 euros en 2030.

98. Ce chiffre part d'une valeur estimée actuelle de ce segment du marché de l'environnement de 200 milliards de dollars. Il quintuplerait donc (en dollars courants) d'ici 2050. D'autres estimations, citées par le même rapport, vont jusqu'à 2 trillions (2 000 milliards) de dollars à cet horizon. Le rapport *Investir dans le changement climatique* copublié en octobre 2008 par la Deutsche Bank et le Conseil européen de l'énergie renouvelable corrobore le premier chiffre cité en avançant le chiffre de 148 milliards de dollars investis en 2007 dans les technologies vertes, soit une progression de 60 % sur l'année précédente, qui se prolongerait en 2008.

99. Ce rapport conjoint OIT-PNUE-Worldwatch, publié en septembre 2008, couvre tous les emplois générés par les énergies renouvelables, le traitement des déchets, les nouveaux modes de construction, etc., soit un peu plus de 3 % des 3 milliards d'emplois mondiaux. Il souligne que les énergies renouvelables créent déjà, au niveau mondial, plus d'emplois que les énergies classiques ; les technologies vertes fourniraient en 2030 16 % de la production industrielle allemande, offrant plus d'emplois que l'automobile et la machine-outil réunies.

100. + 28 % par an sur les dix dernières années.

101. Selon A. Antolini, président du Syndicat des énergies renouvelables. À l'échelle européenne, on attend la création de 2 millions d'emplois dans ce secteur des ENR.

102. La loi Borloo-I estime le coût de la rénovation thermique de l'ensemble des bâtiments en France à 192 milliards d'euros et le nombre d'emplois créés à 235 000.

103. Dans son célèbre roman *Brave New World (Le Meilleur des mondes)*.

104. Ce programme, lancé par l'acteur Ed Norton et baptisé Solar Neighbours, prévoit que chaque fois qu'une célébrité investit dans des panneaux solaires, British Petroleum en équipe une famille pauvre de Los Angeles.

105. Ce service est offert en France sur co2solidaire.org et sur clima-mundi.fr. Il existe une quarantaine de sites de ce type dans le monde. On peut par exemple compenser la pollution annuelle d'une voiture de petite cylindrée en achetant une carte de 32 euros (représentant 2,1 tonnes de CO_2) ; le prix atteint 70 euros pour une voiture de plus de 9 CV. Les recettes servent notamment à financer des projets hydroélectriques en Chine.

106. L'Écocomparateur, consultable sur voyages-sncf.com, calcule pour un même trajet les différences de coût et d'émissions de GES entre avion, train et voiture, avec le soutien de l'ADEME : celles des trajets aériens sont vingt fois plus élevées ! Les compagnies aériennes ont été déboutées de leurs recours contre cet instrument.

107. Action Carbone, association du photographe Yann Arthus-Bertrand, calcule le montant des GES émis par le voyage et finance en contrepartie des actions, comme la promotion d'une utilisation rationnelle du bois pour la cuisson au Cambodge. Le prix demandé est modeste : 36 euros pour un aller-retour Paris-New York, qui émet 2,4 tonnes d'équivalent-CO₂ par passager, soit un prix implicite de la tonne de CO₂ de 15 euros seulement.

108. Le site de BP, www.targetneutral.com, offre à l'automobiliste un calcul des GES émis en fonction du nombre de kilomètres qu'il a parcourus et lui propose d'investir en compensation dans des éoliennes en Inde ou une machine de séchage remplaçant le fuel par la biomasse. La filiale américaine de Ford offre des « miles verts » en partenariat avec l'Université de Pennsylvanie. British Airways travaille avec www.climatecare.org.

109. La quantité de « gaz associé » brûlé en pure perte par des torchères atteint au moins 150 milliards de m³ par an, soit l'équivalent de la consommation de la France et de l'Allemagne réunies, et ajoute 400 millions de tonnes de CO₂ aux émissions de GES – 1 % du total, ou 15 % de l'ensemble des engagements des pays avancés à Kyoto. Alors que le marché actuel des opérations « neutres en carbone » n'est actuellement soumis à aucun contrôle, la charte de l'ADEME obligera les vendeurs de compensations à démontrer que leurs programmes évitent ou séquestrent du carbone de façon durable et mesurable par une méthodologie reconnue. Un registre sera tenu pour chaque projet et les informations seront accessibles sur le portail Internet Compensation-co2.fr.

110. Ce concept introduit par une association lyonnaise consiste à prélever 1 % de chaque achat de biens ou services auprès d'enseignes partenaires ; le montant est versé sur un compte personnel, que l'utilisateur est libre de reverser à la cause de son choix.

111. Le sol, imaginé par la MAIF, la MACIF, le Crédit coopératif, est expérimenté depuis 2007 dans plusieurs régions, avec le soutien du programme Equal de l'UE. Parmi les usages écologiques possibles figurent des paniers de produits bio pour les familles démunies ou le soutien à l'équipement solaire d'habitations.

112. Les hôtels Sofitel proposent un « petit déjeuner équitable ». Les torrificateurs Malongo et Kraft ont chacun un programme.

113. Le label Max Havelaar, créé il y a vingt ans et géré par l'ONG Fairtrade Labelling Organizations, couvre 80 % du commerce équitable en France. Les principes sont un prix d'achat supérieur, une présence à long terme, l'organisation en coopératives, etc. Il existe d'autres enseignes, comme Alter Eco. En moyenne, les produits équitables sont 5 à 15 % plus chers, mais 15 % du prix payé reviennent au producteur, contre 5 à 8 % pour un produit classique. Selon le « baromètre » Malongo-TNS Sofres, 29 % des Français disent acheter équitable au moins une fois par mois – ce qui paraît peu compatible avec le faible chiffre d'affaires du secteur (*cf.* note suivante).

114. La grande distribution française a introduit les produits équitables – à dose modeste – depuis quelque années ; si 95 % des hypermarchés en offrent aujourd'hui, ce n'est le cas que pour 58 % des supermarchés. Le commerce équitable, dont le chiffre d'affaires total pour 2006 a été de 170 millions d'euros, porte surtout sur les boissons (café – à lui seul la moitié du total – thé, jus de fruit, chocolat), mais aussi sur le riz, les vêtements, le linge de maison... En Grande-Bretagne, Marks & Spencer a passé en 2007

toute son offre de café et de thé à l'équitable, suivi par Sainsbury's pour les bananes et le thé. En Suisse, grâce au distributeur Coop, près de la moitié des bananes consommées sont équitables.

115. Cette approche est testée en France, en 2008, par les groupes Casino et Leclerc.

116. Une analyse intéressante de John Llewellyn publiée par Lehman Brothers le montre : *Le Marché du changement climatique*, mars 2007.

117. Metnext est une coentreprise de Météo-France et de NYSE Euronext (l'union des Bourses de Paris, Amsterdam, Bruxelles, Lisbonne et du Stock Exchange de New York). Il élabore des indices harmonisés utilisables comme référence pour des couvertures contre les accidents climatiques, mais aussi les variations des marchés de matières premières, qui leur sont souvent liées, et même le marché des permis d'émission de GES.

118. Le montant des primes annuelles varie en fonction du climat, et les indemnisations sont déclenchées au-delà ou en deçà de seuils de pluviométrie préfixés selon les saisons, fournissant aux agriculteurs les moyens de limiter les incidences de catastrophes naturelles. 110 000 agriculteurs sont déjà couverts en Inde, et la Banque mondiale et le PNUD soutiennent l'extension de ce système, pratiqué depuis 2006 en Éthiopie par la FAO avec AXA, et dans une quinzaine d'autres pays. Cependant, les catastrophes naturelles ne sont encore couvertes qu'à 3 % dans le tiers-monde contre un tiers de cas dans les pays à haut revenu, selon le rapport Stern.

119. Selon Thomson Financials, les investissements du capital-risque en *clean-techs* n'étaient que de 1,8 milliard de dollars en 2006 (la National Venture Capital Association indique pour la même année un montant de 1,5 milliard de dollars), mais auraient atteint 3,5 milliards en 2007, soit 5 à 10 % des montants engagés par les sociétés de capital-risque américaines, contre 1 % cinq ans plus tôt. Ils visent surtout les biocarburants et les énergies solaire et éolienne.

120. La Silicon Valley californienne représente à elle seule 15 % du montant des capitaux à risque investis dans les technologies vertes dans le monde.

121. En France, il existe une centaine de sicav ou fonds de placement spécialisés dans ces valeurs. Il faut distinguer les fonds « verts », qui investissent dans des entreprises spécialisées dans les technologies propres, et les fonds ISR (investissement socialement responsable), d'objet plus large.

122. Il est vrai que la volonté des entreprises, notamment le leader du marché DuPont de Nemours, de passer de la technologie des CFC à celle des HFC, plus avancés et moins polluants, a facilité les choses.

123. Au sein du Climate Action Partnership les réunissant à de grandes associations de défense de la nature.

124. « Il est moins cher d'investir dans la protection du climat que de payer pour les conséquences de l'inactivité », a déclaré un administrateur du grand réassureur Munich Re, selon *Agefi*, 6 juin 2006.

125. Cet accord, le Cement Sustainability Initiative, ne regroupe que 17 firmes, mais elles sont responsables de plus de la moitié du ciment fabriqué dans le monde, Chine (de loin le premier producteur !) mise à part. Ces multinationales, dont certaines viennent de pays non signataires des accords de Kyoto, s'engagent sur des « bonnes pratiques » et ont établi des standards communs de surveillance et de compte rendu de leurs émissions de CO₂, chaque entreprise fixant son propre objectif de réduction des rejets.

126. Voir rapport du groupe III, mai 2007. Ce texte précise les facteurs qui déterminent la possibilité pour de tels accords volontaires – conclus sous l'égide du World

Council for Sustainable Development, mais avec un degré de contrainte faible puisque chaque firme détermine librement ses propres objectifs – de réussir : des objectifs clairs ; un scénario de référence ; le recours à des expertises tierces pour la conception et la surveillance du système ; et une étroite coopération entre industrie et gouvernement.

127. Les cigarettiers ont été condamnés à payer 145 milliards de dollars à des fumeurs, mais cette décision a été invalidée en juillet 2006 par la cour suprême de Floride ; le ministère de la Justice américain leur réclamait jusqu'à 280 milliards de dollars pour avoir « sciemment trompé le public sur les risques représentés par la cigarette ». Une procédure est en cours dans l'État de New York contre McDonald's, accusé d'être responsable de l'obésité d'adolescentes ; etc.

128. Il s'agit des trois grands américains – General Motors, Ford et Chrysler – et de trois japonais – Honda, Nissan et Toyota. La plainte vise leurs « atteintes à la santé publique ». L'affaire est en cours.

129. Les sept firmes concernées, parmi lesquelles figurent Toyota et Nissan, verseront aux plaignants 7 millions d'euros et contribueront pour 20 millions d'euros à un programme d'aide médicale aux asthmatiques de Tokyo. Cet accord amiable fait suite à des plaintes déposées par des victimes de maladies respiratoires du fait de la pollution atmosphérique le long des axes routiers. La conciliation a été obtenue en appel, les sociétés craignant l'impact médiatique croissant de l'affaire.

130. Le brûlage des « gaz fatals » représente près de 1 % du total des émissions mondiales de GES ; cf. note 110. Dans le cas de la Russie par exemple, des années de sous-investissement et de négligence ont conduit à ce que la grande compagnie gazière nationale Gazprom perde environ 10 % de sa production du fait de fuites et du brûlage de gaz non raccordés au réseau ; cela représente, selon le rapport Stern, entre 15 et 60 milliards de m³ de gaz (à peu près autant de millions de TEP), dont la récupération serait très rentable.

131. L'étude, établie en 2005 par le Climate Group, porte sur 74 entreprises de 18 secteurs et 11 pays différents. Dans le cas de BASF, les changements de processus de production ont réduit les émissions de GES de 38 % et apporté au moins 500 millions de dollars d'économies. BP a réduit ses émissions de 10 % en dix ans, économisant 650 millions de dollars.

132. Le calculateur proposé depuis 2004 par l'ADEME, avec l'appui de J.-M. Jancovici, spécialiste du réchauffement climatique parfois appelé « le Al Gore français », prend en compte (à partir de leur comptabilité) toutes les formes de consommations et de rejets des entreprises, qu'ils soient dus à la production, ou en amont à l'extraction et au transport des matières premières, et en aval au transport des salariés vers leur lieu de travail. Site : www.bilancarbonatepersonnel.org. Les bilans carbone deviennent un argument de vente pour les entreprises qui les réalisent : 180 bilans de ce type ont été réalisés en 2007 et trois groupes du CAC 40 l'ont retenu pour un bilan complet. La version simplifiée pour les particuliers est accessible sur le même site ; les participants peuvent participer librement à son perfectionnement.

133. Voici pour comparaison la quantité de rejets, en *équivalent-CO₂*, que requièrent différents produits : viande de canard (de batterie) 580 kilos par tonne ; viande de porc : 1,2 tonnes par tonne ; hectare de blé : 824 kilos ; voiture à essence de 2 tonnes : 11 tonnes ; ordinateur portable : 350 kilos ; aluminium (non recyclé) : 2,9 tonnes par tonne ; ciment : 670 kilos par tonne ; polystyrène : 772 kilos par tonne ; verre plat : 171 kilos par tonne ;

aller-retour pour New York en avion : 2,4 tonnes ; une année de déplacements domicile-travail en banlieue : 440 kilos. Voir aussi les coûts en termes d'équivalent-pétrole, note 25.

134. Il existe en France un Observatoire de la responsabilité sociale des entreprises (ORSE) qui assure une veille permanente sur ce sujet.

135. Les 10 principes du Global Compact, lancé sur l'initiative du secrétaire général de l'ONU, Koffi Annan, sont assez généraux : respect des droits de l'homme, interdiction du travail forcé et du travail des enfants, et développement d'une politique environnementale. Chaque signataire (dont 429 entreprises françaises) s'engage à les intégrer dans sa stratégie et à expliquer chaque année quels progrès il a réalisés. Mais le non-respect des engagements n'est pas sanctionné. L'ONU s'interdit même de refuser l'adhésion d'une entreprise.

136. La Global Reporting Initiative est née de la collaboration entre les entreprises et des ONG, des cabinets de conseil et d'audit et des associations de consommateurs. Elle vise à faire utiliser ses 150 indicateurs environnementaux et sociaux par 10 000 entreprises, à l'horizon 2010, pour établir leur rapport de développement durable. Son dernier rapport, publié en mai 2008, donne peu de place aux entreprises françaises, qui paraissent en retrait.

137. La loi « NRE » du 15 mai 2001 (art. 116) exige l'établissement de ces bilans : le rapport annuel d'une société cotée doit traiter la manière dont « la société prend en compte les conséquences sociales et environnementales de son activité » : consommation d'eau et d'autres ressources naturelles, efficacité énergétique et recours aux énergies renouvelables, conditions d'utilisation des sols, rejets dans l'air. Les entreprises non cotées, même importantes, y échappent ; on a donc proposé que l'obligation de présenter un état des mesures prises en faveur du développement durable soit étendue à toutes les entreprises réalisant plus de 300 millions d'euros de chiffre d'affaires.

138. 90 % des principales entreprises cotées figurant dans l'indice boursier SBF 120 présentent leur approche de développement durable dans leur rapport annuel et, selon une étude de KPMG en octobre 2007, les deux tiers des sociétés du CAC 40 font auditer leurs données environnementales et sociales par un cabinet indépendant.

139. La responsabilité environnementale des entreprises a été l'un des thèmes de campagne de N. Sarkozy ; elle est mise en avant comme l'un des piliers de la politique écologique, aux côtés du principe de précaution. Le Grenelle de l'environnement a d'ailleurs chargé un comité de pilotage de définir une déclinaison concrète de ce principe, face à des drames passés comme celui de Metaleurop (voir chapitre IX).

140. Une récente étude (octobre 2007) du Centre français d'information sur les entreprises note que « la question des rejets, des nuisances et des déchets fait curieusement défaut dans de nombreux rapports, même si les émissions de gaz à effet de serre font désormais l'objet d'une attention presque générale ».

141. Selon les études publiées par le centre de recherches Novethic et par Capitalcom, les thèmes du développement durable ne font même pas partie de objectifs chiffrés affichés dans la moitié des sociétés du CAC 40, et seules 8 de ces entreprises se donnent pour but l'intégration de ces valeurs dans leur culture ; elles ne sont que 7 à faire siéger un directeur du développement durable à leur comité exécutif, et 48 % seulement s'efforcent d'obtenir une notation RSE ou d'intégrer les principaux indices éthiques.

142. Les normes ISO 14001 et 14040, plus récentes que les normes ISO 9000, prennent en compte les efforts pour réduire les effets dommageables des activités de l'entreprise sur son entourage et optimiser ses performances environnementales. Elles sont

décernées par l'Organisation internationale de normalisation, une ONG privée. L'OCDE note que plus de 90 000 entreprises de 127 pays différents ont obtenu la certification ISO 14001.

143. CoreRatings, fondé en 2003 par G. Féron avec l'appui de Fimalac, et Vigeo, fondée la même année et dirigée par Nicole Notat, ancienne numéro 1 de la CFDT, effectuent des audits de « responsabilité sociale » incluant l'environnement.

144. Selon le spécialiste Novethic (voir annexe 17), faire certifier par un expert extérieur le rapport de développement durable d'une entreprise pourrait coûter jusqu'à vingt fois le prix d'un rapport financier classique. Aussi nombre d'entreprises s'en tiennent-elles à une certification partielle, quand elle existe.

145. Des investisseurs institutionnels américains ont adressé au régulateur américain des marchés financiers, la SEC, une pétition demandant que les entreprises cotées soient contraintes d'informer leurs actionnaires de leur contribution à l'effet de serre, ainsi que des dangers que le réchauffement climatique et une future législation de réduction des émissions toxiques font courir à leurs résultats, « la transition à une économie soumise aux réductions de carbone est imminente », déclare cette pétition, cosignée avec un groupe de hauts fonctionnaires et de défenseurs de l'environnement.

146. Le plus ancien est le Domini Social Investment. Créé par Amy Domini en 1990, cet indice sélectionne les compagnies cotées sur des critères de respect de l'environnement, de la dignité au travail, etc. Il s'est diversifié en une famille d'indices mondialisés et n'hésite pas à interpellier des entreprises comme Dell sur leur écoefficacité énergétique. Le Dow Jones Sustainability Index, lancé dès 1999 par la société Stoxx, propriétaire du Dow Jones, avec l'appui d'une société suisse de notation spécialisée, identifie les entreprises qui adoptent les meilleures pratiques de développement durable. L'indice FTSE4Good exige des firmes qui y figurent de publier le montant de leurs émissions de GES, vérifié par des tiers, et de se fixer des objectifs de réduction. Il existe encore d'autres indices : Ethibel, ASPI Eurozone...

147. Cette liste est établie depuis 2005 et publiée chaque année, lors du sommet de Davos. Lafarge et Danone étaient les seules entreprises françaises répertoriées, en 2006, dans ce « Top 100 ». La situation s'est bien améliorée depuis, puisqu'elles sont désormais sept : Accor, Air France-KLM, Crédit agricole, Dexia (qui est franco-belge), Lafarge, L'Oréal et Société générale.

148. Dans son récent livre, *Supercapitalism*.

149. On se souvient des conséquences néfastes pour les entreprises responsables de la catastrophe de Bhopal (Union Carbide) et de celle de l'usine AZF de Toulouse (Total) ou de la pollution du Rhin (Sandoz). Dans un domaine connexe, l'affaire de la pollution, réelle ou supposée, de son eau au benzène a beaucoup nui à Perrier.

150. Dexia avait été accusée, aux côtés de l'assureur AXA et d'autres banques, de financer des entreprises fabriquant des mines anti-personnel et de négliger ses rejets de GES ; elle a agi sur les deux points. Ikea s'était vu reprocher de profiter du travail d'enfants en Inde pour ses tapis et a monté un projet avec l'Unicef pour y remédier. L'ONG Amis de la Terre a obtenu en 2007 l'arrêt de la commercialisation du moabi, bois précieux africain. Le géant agroalimentaire Cargill a promis de ne plus utiliser de soja issu de la déforestation de l'Amazonie ; etc.

151. On peut citer par exemple les banques HSBC, Fortis ou Barclays. La neutralité carbone est obtenue par le rachat de permis d'émissions sur le marché ETS ou le financement direct de projets (plantation d'arbres...).

152. Le pôle Citizen a été créé par BBDO Paris.

153. Enquête Opinionway de juin 2007. les Français ont cependant toujours du mal à identifier ces produits : 76 % des personnes interrogées dans le sondage précédent, fin 2006, étaient incapables de citer une entreprise qui soit une référence en matière de développement durable.

TROISIÈME PARTIE

LES ROUTES DU « PARADIS VERT »

1. Pour les géologues, nous vivions aujourd'hui dans l'Holocène tardif, commencé il y a dix mille ans, après la dernière glaciation. Pour P. Crutzen l'Anthropocène serait, depuis la révolution industrielle, une nouvelle ère totalement marquée par l'homme : devenue une « force géophysique planétaire » l'humanité serait en train de « submerger les grandes forces de la nature » ; « 60 % des services fournis par les écosystèmes sont déjà dégradés ».

2. Le philosophe allemand Peter Sloterdijk, qui utilise ce terme de « technosphère », entrevoit ainsi la Terre comme une énorme « bulle humanisée », un fragile « palais de cristal » (voir le livre de ce nom) où nous vivrions à l'abri de filtres artificiels. Edward Teller préconise, dans son livre *Geoengineering* de 1998, l'envoi dans la stratosphère de particules réfléchissantes de soufre ou d'aluminium pour former un écran solaire. « Nous devrions intégrer sérieusement ces idées dans notre façon de penser », déclarait Ralph Cicerone, président de l'Académie nationale des sciences américaine, le 27 juin 2006 au *New York Times*.

Chapitre VI

COMMENT COMBATTRE EFFICACEMENT L'EFFET DE SERRE ?

1. En 2005, les Terriens ont envoyé dans l'atmosphère l'équivalent de dix milliards de tonnes de carbone sous forme de CO₂, soit 37 milliards de tonnes de ce gaz (une TEC = 3,66 tonnes de CO₂). Sur ces 37 milliards de tonnes d'origine humaine, les émissions de CO₂ d'origine énergétique représentent 27 milliards de tonnes de CO₂, surtout du fait des combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole...) ; avec les émissions naturelles (volcans, marais...) et les autres GES, le total atteint 13 milliards de TEC. (Voir chapitre I.)

2. Le gaz carbonique émis par les volcans, les tourbières et les activités humaines est absorbé par les plantes, dont l'activité le transforme en carbonates et en débris organiques ; une autre partie du CO₂ est absorbée par la flore et la faune des océans ; entraînées par l'érosion dans le premier cas, et par la simple pesanteur dans le second, ces particules finissent sur les fonds marins ; difficiles à modéliser, ces transferts forment le cycle biochimique du carbone.

3. Voir chapitre I, notes 106 et 107.

4. Dans ce scénario, les politiques environnementales sont maintenues mais non renforcées. Il en résulterait une augmentation des émissions mondiales de GES de 40 à 110 % dès la période 2000-2030.

5. Cette réduction est calculée par rapport au niveau atteint en 2000 et non en 1990, comme dans l'accord de Kyoto. Le rapport insiste sur l'importance des « effets retour » entre cycle du carbone et changement climatique : le réchauffement pourrait accroître la part des GES conservée par l'atmosphère (du fait par exemple d'une moindre absorption par le sol les forêts ou les océans), ce qui accroîtrait le niveau des efforts à consentir.

6. Pour stabiliser durablement le CO₂ atmosphérique à ce niveau de 450 ppm, il faudrait selon le rapport GIEC 2007, passer de 670 milliards de TEC à approximativement 490 milliards de TEC en moyenne sur les cent années du XXI^e siècle, soit 4,9 milliards de TEC par an. Cela revient à ramener les émissions nouvelles de gaz carbonique à 18 milliards de tonnes par an en moyenne. Mais le niveau actuel des émissions (37 milliards de tonnes de CO₂ en 2006) est déjà double des chiffres cités, et tend à s'accroître de plus en plus vite au lieu de diminuer.

7. Le GIEC mentionne aussi un objectif minimum, dans lequel la réduction des émissions ne serait que de 10 à 30 % dans les pays avancés, et de 30 % au lieu de 50 % pour le monde à l'horizon 2050 ; cela correspond au scénario intermédiaire « réaliste » n° 3 du tableau de la page 135.

8. 1990 est l'année de référence pour le calcul des objectifs fixés par le protocole de Kyoto. Il faut bien distinguer les engagements par rapport à cette base des engagements par rapport aux émissions *actuelles* : si dans le cas de l'Europe les deux chiffres diffèrent peu, le Canada par exemple, dont les émissions ont augmenté de plus d'un quart depuis 1990, ou le Japon, qui les a augmentées de 7 %, tendent à présenter leurs efforts par rapport à cette seconde référence : ainsi, une baisse qui serait annoncée par le Canada de 30 % sur la base actuelle paraîtrait spectaculaire, mais se ramènerait à 11 % sur la base de 1990...

9. Le rapport final présenté par le GIEC en novembre 2007 estime que « les efforts et les investissements d'atténuation [des émissions de GES] au cours des deux ou trois prochaines décennies auront une forte influence sur les possibilités d'atteindre les niveaux de stabilisation plus bas. Des réductions d'émissions plus tardives limiteront fortement les possibilités d'atteindre ces niveaux et accroîtront les risques d'impacts plus sévères du changement climatique ». Les scénarios principaux montrent que les bénéfices les plus importants sont à attendre, d'ici 2030, des mesures d'économie et d'efficacité énergétique (« 60 à 80 % des réductions »), de l'amélioration des procédés industriels ainsi que de meilleures méthodes dans l'agriculture, l'élevage (pour réduire les émissions de méthane) et la protection des forêts ; après 2030, l'apport des énergies renouvelables – nucléaire inclus – et de la capture/stockage du carbone devient plus important.

10. Cela suppose que ces pays orientent dès maintenant leurs investissements (usines, centrales électriques, bâtiments, systèmes de transport...) vers des solutions moins gourmandes en carbone.

11. L'objectif de division par quatre de nos émissions de GES, adopté dans la loi d'orientation sur l'énergie de 2005 (voir chapitre II), a été confirmé par le Grenelle de l'environnement, en octobre 2007. Cependant, on peut sérieusement douter de nos capacités d'y parvenir. Le rapport publié en septembre 2007, sous la conduite de Jean Syrota, par l'officiel Centre d'analyse stratégique (l'ex-Plan) estime en fait irréaliste pour notre pays, qui émet déjà beaucoup moins de GES par tête que ses voisins, de parvenir à diviser ses émissions par plus de 2,1 à 2,4 d'ici 2050.

12. On peut aussi critiquer l'absence de sanction précise en cas de dépassement des plafonds, la générosité excessive des quotas alloués à l'ex-URSS, le fonctionnement imparfait du marché d'échange des permis d'émissions...

13. La Chine n'est pas un cas isolé ; un pays comme la Turquie a augmenté ses émissions de 84 % entre 1990 et 2005.

14. Chiffres de 2004 : les émissions totales de GES se sont élevées à 49 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂, contre 39 en 1990 et 28,7 en 1970 (voir chapitre I) ; la progression a été particulièrement rapide pour les producteurs d'énergie (+ 145 %) et les transports (+ 120 %), pour une moyenne générale de + 70 % en trente-quatre ans.

15. À l'origine, les accords prévoyaient que les négociations pour fixer les objectifs d'une seconde période de contrôle des émissions de GES commenceraient au plus tard en 2005. D'abord retardée par le refus des États-Unis et le peu de motivation des PVD, l'échéance a été tenue, *in extremis*, par la conférence de Montréal (décembre 2005). L'acte final signé dans la capitale québécoise le 10 décembre 2005 engageait la communauté internationale – pays du Sud inclus – à commencer « sans délai », afin d'éclairer l'avenir, les négociations sur l'après-Kyoto. Le « mécanisme de développement propre » (voir chapitre V, page 118) a en même temps été renforcé et des textes sur le contrôle de l'observance des plafonds et sur l'adaptation au changement climatique adoptés. La conférence de Nairobi qui a suivi, en novembre 2006, a confirmé le lancement des négociations, mais apporté peu d'éléments nouveaux.

16. Ces réunions des « économies majeures » de la planète (totalisant ensemble 80 % des émissions de GES), y compris Chine, Corée, Inde, Indonésie, Brésil, Mexique et Afrique du Sud, font suite à la proposition, présentée lors du sommet de Heiligendamm (2007), de négocier d'ici fin 2008 entre grands émetteurs un « objectif mondial à long terme » de réduction, mais en laissant à chacun le soin de déterminer ses propres objectifs nationaux et de promouvoir les énergies propres et l'efficacité énergétique. Trois Major Economic Meetings (MEM) ont ainsi eu lieu, à Washington en septembre 2007, à Paris en avril 2008, puis en marge du sommet de Toyako en juillet. Cette approche est apparue à beaucoup comme visant à contrer les efforts de l'ONU pour préparer l'après-Kyoto. Depuis, les États-Unis ont consenti à réintégrer leur approche dans la négociation d'ensemble ; ils présentent désormais ces conférences des grands pays comme une démarche qui « soutient pleinement le processus des Nations unies, en synchronisation avec la feuille de route de Bali ».

17. En dehors du gouvernement Bush, deux éminents savants britanniques, Gwyn Prins et Steve Rayner, pour qui l'approche de Kyoto est un échec, prônent aussi son remplacement par des accords entre grands pays, un rôle accru des marchés d'échange de permis sur base volontaire, des investissements massifs de recherche sur les énergies renouvelables, et des efforts accrus d'adaptation au réchauffement en cours (*Nature*, novembre 2007).

18. Une conférence s'est tenue dans l'intervalle à Poznan (Pologne) en décembre 2008.

19. Les États-Unis ont accepté lors de la conférence le principe d'efforts « comparables mais différenciés » de leur part, mais à long terme, chaque pays devant fixer ses propres objectifs à moyen terme (2020).

20. Dans l'intervalle, ses représentants s'étaient déclarés (à Paris le 25 février 2008) « prêts à un accord international *contraignant* de réduction des émissions de GES », mais à deux conditions : que les grands pays émergents y participent (« Un accord global ne pourra être efficace sans les plus grands pays en développement », c'est-à-dire sans la

Chine, l'Inde et le Brésil) ; et que l'objectif ne soit pas nécessairement une réduction globale des émissions, mais éventuellement des actions sectorielles ou une meilleure efficacité énergétique.

21. La définition pays par pays d'objectifs intermédiaires est renvoyée à plus tard. Les ONG et les pays en développement ont dénoncé le flou de ce compromis, qui ne fixe ni date de référence, ni méthode, ni calendrier pour aboutir au résultat affiché. Oxfam y a vu une « tactique d'enlisement ; à ce rythme, avant 2050 le monde sera cuit ». WWF y a vu « une opportunité gaspillée », et le ministre sud-africain de l'Environnement « un slogan vide de sens » ; on les comprend...

22. Une sérieuse divergence sépare le pays hôte de ce sommet et les pays européens : le Japon, qui a souscrit pour sa part, comme l'UE, à un objectif de réduction de ses émissions de 60 à 80 % d'ici 2050, tient fermement à ce que l'engagement pris parte de la situation actuelle, alors que nous nous en tenons à la base de référence de Kyoto, l'année 1990. La différence est substantielle, puisque le Japon a dépassé la référence 1990 de 7 % (une base 2005 ou 2008 réduirait donc d'autant l'effort à consentir...), alors que les pays européens sont au-dessous de cette référence (une base récente leur demanderait donc un supplément d'effort...). Le Premier ministre nippon, Y. Fukuda, a affirmé péremptoirement : « Il n'y a pas de confusion possible, l'objectif de réduction a été arrêté par rapport à la situation actuelle. » L'ONU a reçu la délicate mission de trancher ce litige.

23. Il s'agit d'une baisse de 20 % par rapport à 1990, soit environ - 17 % par rapport au niveau actuel. En valeur absolue, il s'agirait de passer de 5,8 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ en 1990 (base de référence, Europe de l'Est incluse) à 4,6 milliards de tonnes en 2020. Pour y parvenir, Bruxelles a décidé de réduire les plafonds actuels, de faire payer leur acquisition et d'introduire des plafonds sur toutes les activités non couvertes à ce jour. Cet objectif n'est que partiellement atteint dans le « paquet énergie-climat » décidé en décembre 2008 (voir chapitre V, note 72).

24. Cet engagement est modulé selon les pays (voir chapitre VII) ; l'effort demandé à la France est donc un peu plus important : elle devra porter la part des énergies renouvelables de 10,3 % actuellement à 23 %, nucléaire non inclus.

25. - 40 % par rapport au niveau de 1990 (base de l'accord de Kyoto), soit - 36 % par rapport au niveau actuel.

26. Le ministre allemand de l'Environnement S. Gabriel veut « faire de notre pays la nation la plus efficace au monde en matière énergétique » (déclaration au Bundestag, avril 2007). Le programme approuvé par le Conseil des ministres allemand en décembre 2007 est effectivement audacieux, d'autant qu'il compte poursuivre l'abandon progressif du nucléaire : il repose surtout sur des économies d'énergie dans l'habitat (d'ici 2020, la consommation d'électricité devrait baisser de 11 %), et le développement des énergies renouvelables, dont la part dans la production d'électricité atteindrait 27 % dès 2020 ; tous les véhicules seront taxés sur leurs émissions de carbone ; subventions et incitations fiscales encourageront les énergies alternatives et l'isolation des bâtiments ; les centrales fonctionnant en cogénération (énergie et chaleur) devront atteindre un quart du parc en 2020 (contre 12 % actuellement). La facture totale s'élèverait à 31 milliards d'euros d'ici à 2020.

27. Évaluation présentée par le président de la Commission européenne. Les importations de pétrole et de gaz de l'UE seraient en conséquence réduites de 50 milliards d'euros. Le coût économique global serait de 0,6 % du PIB européen, mais les mécanismes d'échanges de droits d'émissions décrits plus haut (chapitre V) le réduiraient d'un quart.

28. Malgré les pressions diplomatiques et l'intervention retentissante d'Al Gore dénonçant l'« obstruction à tout progrès » de son pays. « Je vais vous dire une vérité qui dérange : mon propre pays, les États-Unis, est le principal responsable de l'obstruction à tout progrès ici, à Bali », a lancé à la tribune l'ex-vice-président américain, récent prix Nobel de la paix.

29. Le projet, soutenu par l'Europe et les pays en développement et adopté à la conférence de Vienne en août 2007, stipulait, comme le demande le GIEC, que les pays industrialisés « envisagent une fourchette de réduction des émissions entre 25 et 40 % » en 2020. Ni cet objectif ni celui d'une division par deux des émissions annuelles de GES d'ici 2050 n'ont pu être inscrits dans la déclaration finale ; celle-ci s'en tient à des termes plus vagues : le réchauffement est « sans équivoque » ; « des réductions sévères des émissions sont nécessaires ».

30. La mention dans l'acte final de la conférence de Bali de l'objectif de réduction de moitié des émissions mondiales, qui les impliquait *ipso facto*, a été refusée par les PVD, invoquant le refus américain d'engagements précis des pays industrialisés à l'horizon 2020. Ils ont en revanche accepté la mention d'actions « mesurables » de leur part.

31. Interview, *Le Monde*, 5 mai 2007.

32. Les termes du secrétaire général des Nations unies sont à peu près identiques : « Ceux qui sont le moins à l'origine de ce problème en subissent les plus graves conséquences. Nous avons une obligation éthique de réduire cette injustice » (déclaration de M. Ban Ki-moon à la conférence sur le climat de Bali, le 12 décembre 2007). « L'exemplarité des pays du Nord aujourd'hui est une condition impérative de l'action au Sud demain », écrit de son côté Roger Guesnerie, professeur au Collège de France et président d'un des groupes du Grenelle de l'environnement, (*Le Monde*, 15 novembre 2007).

33. Un pays en développement comme le Costa Rica, par exemple, participe aux côtés de pays riches comme la Norvège et la Nouvelle-Zélande à une initiative, soutenue par le PNUE, visant à devenir « climatiquement neutre » d'ici 2021 ; même si elle paraît difficilement réalisable à terme aussi proche, cette haute ambition mérite d'être saluée.

34. La Corée, membre de l'OCDE depuis 1996, a désormais un niveau de vie analogue à celui du Portugal et des pays d'Europe centrale faisant partie de l'UE. Elle se classe hélas parmi les moins performants en matière d'efficacité énergétique, avec un niveau de 510 grammes de CO₂ par dollar de production, soit à peine moins que les États-Unis. Bien que classée par le GIEC parmi les pays les plus vulnérables au changement climatique, et tout en se disant prête « à jouer un rôle à la hauteur de [son] statut », elle refuse cependant d'être soumise à la même norme que les pays anciennement industrialisés, notamment du fait du choix de l'année 1990 comme base de référence.

35. « Étant donné la gravité sans précédent, l'ampleur et la profondeur des impacts du changement climatique, il ne peut être résolu par les seuls efforts des pays développés », a déclaré à la conférence de Bali (fin 2007) le représentant de la Chine, Xie Zhenhua ; on ne saurait être plus clair... Cette évolution est fort importante car, comme l'a remarqué Al Gore, « ce sont les deux principaux émetteurs de CO₂ [États-Unis et Chine]... qui devront faire les gestes les plus audacieux... [ils] devraient cesser d'utiliser le comportement de l'autre comme une excuse ».

36. Dans une déclaration faite à l'occasion de la conférence de Montréal (fin 2005), Tony Blair incluait l'Inde dans les leaders à convaincre : « Je ne crois pas que le successeur du protocole de Kyoto puisse marcher s'il n'inclut pas non seulement les États-Unis mais aussi l'Inde et la Chine. »

37. La ministre de l'Environnement du Brésil, Marina Silva, avait déclaré à Bali que « même si les PVD n'ont pas de responsabilité historique dans le changement climatique, ils doivent agir ». Son successeur a explicitement déclaré, lors de la conférence climatique de Poznan (décembre 2008) : « Nous examinons la possibilité de nous soumettre à des engagements contraignants. »

38. Dès 2005, Tony Blair avait invité les chefs d'État de ces cinq grands pays du Sud au sommet de Gleneagles pour y parler climat, énergie propre et développement durable. La déclaration finale, reconnaissant que « le changement climatique a et aura un impact profond sur les perspectives de développement », a été suivie de plusieurs réunions ministérielles, constituant le « Dialogue de Gleneagles », dont la troisième et dernière s'est tenue à Berlin en septembre 2007 ; elle a réuni les ministres des vingt pays les plus polluants de la planète, avec une majorité de pays du Sud. Le sommet de Heiligendamm avait cependant, en juin 2007, repris la formule plus restreinte des « cinq grands » PVD (ils comptent 2,6 milliards d'habitants et émettent plus d'un tiers des GES du globe), que le Japon a de nouveau invités au sommet d'Hokkaido, en juillet 2008.

39. La Chine, l'Inde, l'Afrique du Sud, le Brésil et le Mexique étaient rejoints pour l'occasion par la Corée, l'Indonésie et l'Australie.

40. Un communiqué des pays du « G5 en développement » précisait toutefois, peu après la fin du sommet de Toyako, que des efforts plus conséquents des pays industrialisés restaient indispensables : « Ils devraient montrer la voie en réduisant en 2020 leurs émissions de GES... d'au moins 25 à 40 % par rapport à leur niveau de 1990 et en 2050 de 80 à 95 % ; dans le même texte, les pays émergents se disent déterminés à conduire des actions nationales appropriées... [mais] conformes au développement durable. »

41. Le sommet de Toyako fait spécifiquement référence à des approches sectorielles comme « des outils utiles parmi d'autres ».

42. Ces quatre branches sont les principales émettrices industrielles des GES : la production d'électricité représente 25 % des émissions mondiales, celle de ciment 4,6 %, l'acier 5,1 % et l'aluminium 1 % (chiffres de 2006). On pourrait aussi envisager un accord à l'échelle de tout un secteur comme le bâtiment.

43. Un tel schéma est à l'étude, sous l'égide du World Business Council for Sustainable Development.

44. Une autre simulation émane du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) (rapport *Géo4* de novembre 2007) ; elle montre qu'un scénario « priorité à l'écologie » peut permettre de réduire les émissions de GES dès 2040, par rapport au niveau de 2000, tandis que l'inaction conduirait à leur doublement d'ici 2050. Dans le scénario écologique, « gouvernement, société civile et secteur privé collaborent pour améliorer l'environnement et le bien-être, en insistant beaucoup sur l'équité » ; dans le scénario alternatif, la tendance actuelle se poursuit et « le gouvernement aide le secteur privé à atteindre une croissance économique maximale ». L'écart entre les deux approches est particulièrement important dans le domaine de la production d'énergie.

45. De 1970 à 2004, l'intensité énergétique de la production mondiale (énergie consommée par unité de PIB) aurait, selon l'AIE, décliné d'un tiers, mais la population aurait augmenté dans le même temps de 69 % et le revenu par tête de 77 %, d'où le doublement des besoins d'énergie. Les scénarios de l'Agence pour la période 2005-2030 prévoient une progression plus rapide de l'efficacité énergétique (1,8 % par an dans le scénario de référence, 2,3 % l'an dans le scénario alternatif, contre 1,5 % auparavant),

notamment dans les pays en transition et en développement, mais qui ne suffira pas à compenser la hausse des besoins.

46. Le recul historique des ventes de carburants (-7% en France au troisième trimestre 2008) à la suite de la flambée des prix du pétrole semble devoir être sans lendemain, les prix ayant baissé depuis. Quant à la consommation électrique, celle des Européens a par exemple augmenté de 1,9% par an sur la décennie 1990-1999, malgré les efforts d'économie d'énergie. Un net ralentissement est toutefois constaté ces dernières années : en France par exemple, cette consommation, qui croissait de 8% par an dans les années 1960 et de 4% vers 1980, ne progresse plus que de 1,3% par an. En Scandinavie, les économies d'énergie ont même permis de frôler la stabilité complète de la demande.

47. La part des pays en développement, encore minoritaire, mais plus pour longtemps, dans les émissions de GES, est déjà majoritaire pour la consommation d'énergie. Dans le scénario de référence de l'AIE (World Energy Outlook 2007) les PVD passeraient de 51% de la consommation totale finale d'énergie en 2005 à 60% en 2030 ; leur part dans la production totale d'énergie primaire passerait de 41% aujourd'hui à 52% en 2030.

48. La moyenne de l'OCDE, qui comprend quelques pays encore classés parmi les PVD comme la Corée et le Mexique, était de 4,74 TEP par habitant en 2005, contre un peu moins de 1 pour le reste du monde hors ex-URSS et Europe de l'Est. Mais pour l'Afrique l'écart avec la moyenne de l'OCDE est de 1 à 10. Dans les pays les plus démunis comme le Bangladesh, la consommation par tête tombe à 0,17 TEP, soit trente fois moins que la moyenne OCDE.

49. Les chiffres de l'AIE sont les suivants : la consommation mondiale d'énergie en 2005 était de 11,4 milliards de TEP (tonnes d'équivalent-pétrole) ; elle passerait à 17,7 milliards de tonnes en 2030 (+ 55%), et 23 milliards de TEP en 2050 (plus du double du niveau de 2005), soit un taux de croissance annuel de 1,8%, dans le scénario de référence

50. Ce qui est vrai pour l'énergie en général l'est encore plus pour l'électricité : l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) prévoit que les deux tiers de la croissance de la demande électrique mondiale d'ici 2020 (estimée à 60%) proviendront des pays du Sud, dont la production doublerait dès cette date. D'ici au milieu du siècle, elle devrait au moins quadrupler dans ces régions pour obtenir une consommation par tête égale seulement *au tiers du niveau actuel* de consommation électrique de nos pays. La répartition très inégale d'aujourd'hui conduit en effet à une consommation d'électricité par habitant de 13 640 kWh aux États-Unis, 8 300 en moyenne pour les pays de l'OCDE, contre 1 150 kWh annuels par tête pour les pays en développement (650 seulement hors Chine !) – chiffres de l'AIE pour 2005. Pour revenir simplement au tiers du niveau actuel des pays avancés, avec une population qui se sera accrue de plus de moitié d'ici là, on voit qu'il leur faut au moins quadrupler leur production actuelle d'électricité... Il s'agit, bien sûr, d'une moyenne ; en Chine, en Inde, et dans d'autres pays d'Asie comme la Thaïlande ou la Malaisie, ce quadruplement devra intervenir avant 2025.

51. Les chiffres donnés ici sont ceux de la quantité totale d'énergie primaire produite et consommée (soit 11 434 millions de TEP dans le monde en 2005), car c'est ce facteur qui compte en termes d'émissions de GES. Une partie de cette énergie (2,1 milliards de TEP) est utilisée pour produire de l'électricité, avec une perte en ligne des deux tiers environ, une partie à d'autres emplois intermédiaires (liquéfaction du gaz, conversion du charbon...) ; l'énergie consommée pour l'extraction elle-même représente 644 TEP ; si bien que la consommation finale d'énergie n'était, la même année, que de 7 911 millions de TEP. L'industrie et les transports représentent chacun environ un quart de ce total.

52. Je rappelle qu'en 1990, année de base du protocole de Kyoto, les émissions de GES dues à la production d'énergie n'étaient encore que de 21,2 milliards de tonnes. La situation en 2005 est déjà une augmentation de 28 % ; en 2030, on en serait, dans ce scénario non volontariste, à un doublement, avec 42,9 milliards de tonnes émises. Quatre pays seront à l'origine des deux tiers de ce dérapage : Chine, Inde, États-Unis et Russie.

53. Les six scénarios du GIEC (*cf.* chapitre I) indiquent bien l'ampleur des conséquences de ces choix : le scénario A1F1, à forte intensité de combustibles fossiles, conduit à un réchauffement supplémentaire d'un degré et demi : 4 °C en hypothèse moyenne contre 2,4 °C « seulement » dans le scénario A1T, où l'on recourt largement à d'autres sources d'énergie. Les deux scénarios étudiés par l'AIE se situent un peu au-dessus de ceux du GIEC, avec une concentration en GES conduisant à un 0,5 °C de réchauffement supplémentaire.

54. Ce scénario alternatif suppose une croissance de la demande inférieure d'un demi-point par an : + 1,3 % au lieu de + 1,8 %, ce qui ramènerait la consommation mondiale à 15,4 milliards de TEP (34,7 % de plus qu'en 2005). Il permettrait une stabilisation des émissions de gaz carbonique dues à l'énergie dès les années 2020. Les émissions de GES, 19 % plus faibles que dans le scénario de base, seraient néanmoins en progrès de 27 % par rapport à 2005.

55. Les industriels de la pâte à papier, par exemple, ont réussi à diviser leur consommation d'eau *par 1 000* depuis les années 1960.

56. En 2006, si les émissions de l'industrie étaient en recul de 24 % par rapport à 1990, celles de l'agriculture de 12 % et celles des énergéticiens de 9 %, les rejets polluants des transports et de l'habitat étaient en forte hausse sur quinze ans, 20 % et 14 % respectivement (voir le tableau page 144).

57. Les « bilans carbone » établis par l'ADEME montrent que les émissions de GES des ménages français se partagent entre : pour moitié, les usages privés de l'énergie (transports 55 %, chauffage 30 %, eau chaude et électricité 15 %), et pour l'autre moitié les usages indirects, à travers les produits manufacturés et alimentaires ; rappelons-nous que 1 kilo de tomates sous serre coûte 1 litre de pétrole, et 1 kilo de viande représente 16,5 kilos d'équivalent-CO₂.

58. Le plan national « anti-gaspi » de décembre 2000, par exemple, favorisait le transport combiné, les travaux de calorifugeage dans le bâtiment, le contrôle thermique individualisé, et encourageait la cogénération (achat de courant par EDF aux usines disposant d'excédents et centres d'incinération d'ordures ménagères). Le retour aux normes de température des locaux a été amorcé par un décret du 19 mars 2007, qui prévoit de ne faire fonctionner les climatiseurs dans les bureaux que lorsque la température intérieure dépasse 26 °C.

59. Sur les dix dernières années (1996-2006), la baisse est de près de 30 % pour les produits pétroliers, le gaz se maintenant et l'électricité progressant de 10 % ; toutefois, la consommation électrique des industries baisse aussi depuis 2004, parallèlement à un relèvement des prix (qui avaient chuté de 1996 à 2001) ; en 2006, toutes les catégories ont globalement diminué : - 0,9 % pour l'électricité, - 1,3 % pour les produits pétroliers, - 3,2 % pour le gaz.

60. Eurodif consomme actuellement une puissance de 3 000 MW, soit l'équivalent de deux grosses centrales électriques nucléaires type EPR. À partir de 2009, son successeur, l'usine « Georges-Besse-2 » ramènera la puissance appelée à seulement 50 MW...

61. Les puces RFID (microprocesseur doté d'une antenne), qui permettent par exemple de reconnaître à distance les stocks de produits à renouveler chez un particulier, contribueront à cette évolution.

62. Le rapport Syrota d'octobre 2007 (voir note 11 ci-dessus), dubitatif sur les énergies renouvelables, souligne l'importance des économies d'énergie dans le logement si l'on veut atteindre l'objectif – même réduit à une division par 2 à 2,5 au lieu d'une division par 4 des émissions de GES d'ici 2050. Globalement, le logement représente 42 % de la consommation d'énergie française et 19 % des rejets de GES.

63. Le chauffage absorbe jusqu'à 70 % de la consommation énergétique des logements, selon une note du Réseau de transport d'électricité français de février 2008 ; lors des pointes de consommation, le chauffage électrique (un quart du total installé) générerait, du fait de la remise en marche des centrales fonctionnant aux combustibles fossiles, près de 600 grammes de CO₂ par kWh, contre 160 grammes en temps normal.

64. Une étude récente montre que des programmes d'économie d'énergie de 5 % seulement, bien ciblés sur cet appel de puissance de pointe, éviteraient le tiers des émissions de GES de notre système électrique.

65. Le programme adopté par le gouvernement allemand en 2007 dans ce vaste domaine est analogue au nôtre : il renforce les normes et subventionne les travaux d'isolation ; les aides pour l'isolation des bâtiments et leur conversion aux énergies renouvelables (solaire, biomasse ou géothermie) représenteront 350 millions d'euros en 2008 et 500 millions d'euros en 2009. Tout nouveau bâtiment sera contraint par la loi à tirer une partie de son chauffage des énergies nouvelles ; en outre, à partir de 2008 des « compteurs intelligents » devront être installés partout pour permettre à chacun d'évaluer le coût du chauffage et de l'eau chaude de son logement.

66. L'isolation ne nécessite que des procédés très classiques : couvrir murs et plafonds (sans oublier les combles) avec de la laine de verre ou de roche, utiliser davantage de bois, protéger les vitres par des doubles vitrages ou survitrages, des volets et des doubles rideaux, ventiler (dans les systèmes « à double flux », l'air ambiant est préchauffé grâce à la chaleur récupérée dans l'air sortant).

67. La certification HQE, en place depuis 2005, évalue l'ensemble de l'impact écologique d'un ouvrage à travers 14 critères tels que l'intégration dans l'environnement, les économies d'énergie et de maintenance, la qualité de l'air. Il suffit toutefois de respecter au moins quatre de ces critères pour obtenir le label, ce qui est très critiqué.

68. La « maison passive », concept développé en Allemagne, en Suisse et en Scandinavie, n'a pratiquement plus besoin d'être chauffée ; elle consomme moins de 15 kWh d'énergie par m² et par an. Les premières commencent juste à apparaître en France. Le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et la Caisse des dépôts ont créé pour elles avec des entreprises et trois régions un label, Effinergie. En 2020, la norme en France pourrait être les logements « passifs » ou même « à énergie positive » (dégageant un surplus d'énergie transférable au réseau électrique).

69. Les ménages français vont pouvoir bénéficier, sans condition de ressources, d'un « éco-prêt à taux zéro » sur dix ans pour financer (dans la limite de 30 000 euros par logement) des travaux améliorant leur performance énergétique ; il doit s'agir d'un « bouquet » de travaux associant par exemple isolation de toits ou de fenêtres et installation d'un chauffage écologique. Le coût budgétaire est estimé à 1,6 milliard d'euros. Les prêts à taux zéro classiques (PTZ) seront majorés en cas d'achat d'un logement neuf économe en énergie, et refusés si le bien ne respecte pas les normes thermiques ; la

déductibilité des intérêts d'emprunt passe de 9 000 à 21 000 euros pour l'achat de logements basse consommation.

70. La fédération française des promoteurs estime le surcoût des aménagements économisant l'énergie à 8 % pour la norme THPE (80 kWh/m²/an) et 15 à 18 % pour la basse consommation (50 kWh/m²/an). Au demeurant, le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (voir chapitre V) estime que ce chiffre est exagéré : il évalue le surcoût réel à 5 % seulement. Une demi-douzaine de programmes d'immeubles de bureau de ce type sont déjà en cours, comme les tours Elithis à Dijon, Sages à Grenoble, Eiffage à Lyon, Energy Plus à Genevilliers (sur 70 000 m²) et Green Office à Meudon ; ils conjuguent isolation et ventilation pour réduire les besoins, et solaire thermique et photovoltaïque pour produire l'énergie, avec parfois une chaudière à cogénération et une éolienne.

71. La mise en place de réseaux de distribution électriques informatisés permettant aux usagers d'ajuster finement leur consommation aux puissances disponibles réduira aussi la consommation électrique. Un exemple en est donné par Intelligrid, miniréseau informatisé réalisé par un laboratoire et le ministère américain de l'Énergie près de Seattle (États-Unis). Les foyers ont des appareils ménagers équipés d'un « compteur intelligent » qui programme leur fonctionnement pendant les périodes creuses où le courant – mis aux enchères par tranches de cinq minutes – est moins cher. La généralisation de systèmes de ce genre permettrait d'écarter la consommation de pointe, qui est la plus gourmande en combustibles fossiles.

72. Le législateur européen est saisi depuis décembre 2008 d'une proposition de la Commission retirant de la vente, à compter de septembre 2009, les ampoules à incandescence de plus de 100 W ; en septembre 2010, les ampoules de plus de 75 W seront retirées, puis un an plus tard celles de plus de 60 W et toutes les autres (sauf halogènes) en 2012.

73. Un immeuble en briques isolantes « monomur » ne revient que 5 % plus cher ; une installation photovoltaïque sur le toit s'amortit en sept à huit ans grâce aux gains sur la facture d'électricité.

74. Le problème est celui de la non-permanence de la source d'énergie, vent ou soleil ; mais ces énergies renouvelables se prêtent particulièrement bien à l'accumulation de chaleur (chauffe-eau, où une résistance électrique incorporée prend le relais les jours de faible ensoleillement) ; on peut les combiner efficacement avec une chaudière classique.

75. Très controversée en France, l'extension du système du bonus-malus, qui a montré son efficacité dans le secteur automobile (voir annexe 24), paraît pourtant souhaitable. L'idée est d'étendre la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) à de nouveaux secteurs en laissant les fabricants libres de répercuter ou non ce coût sur le consommateur, qui de son côté serait encouragé par des coupons de réduction à choisir les appareils les moins « gourmands ».

76. Une enquête d'opinion publiée en janvier 2007 par le ministère de l'Écologie et du Développement durable montre que 41 % seulement des ménages tiennent compte, lors de l'achat, de la consommation énergétique d'un appareil et que la moitié seulement s'équipent en majorité d'ampoules à basse tension, alors qu'ils sont pourtant 84 % à déclarer faire attention à leur consommation d'électricité.

77. L'eau courante, parfaitement saine dans nos pays (et qui peut être filtrée pour réduire la présence de chlore et de plomb) remplace avantageusement l'eau en bouteilles

de plastique, dont la production est énergivore et l'élimination ultérieure difficile (cf. chapitre IX).

78. On estime que 1 tonne d'aliments transportée en bateau représente 15 à 30 grammes de CO₂ au kilomètre, 200 à 450 grammes en camion (plus s'il est réfrigéré), 500 grammes à 1,5 kilo en avion. Les produits munis d'un « écolabel » comme NF environnement ou l'écolabel européen garantissent un impact limité sur l'environnement : fabrication peu gourmande en énergie, emballage réduit... De grands distributeurs comme Casino affichent sur leurs produits une étiquette indiquant la quantité de gaz carbonique émise pour transporter le produit et l'emballer (mais non le fabriquer).

79. Une couche de 4 centimètres de givre double la consommation énergétique d'un réfrigérateur. Il faut aussi veiller à éloigner l'appareil de toute source de chaleur (cuisinière par exemple...).

80. Sur l'initiative du « C40 », qui réunit les plus grandes villes du monde, un fonds d'investissement va mobiliser 5 milliards de dollars pour faire des diagnostics énergétiques et mettre des immeubles aux normes environnementales dans 16 capitales (Paris n'en fait pas partie). Il a été monté par la Fondation Clinton avec 5 grandes banques, qui apporteront chacune 1 milliard de dollars de prêts, et 4 entreprises de services énergétiques. Les emprunts seront remboursés grâce aux baisses des coûts obtenues.

81. Le maire de Toronto a lancé un projet permettant à ses 2,6 millions d'habitants de mesurer eux-mêmes leur « empreinte écologique ». Une centaine de villes européennes, dont Nantes et Lyon, ont signé la « Convention des maires » qui vise à dépasser l'objectif européen de réduction de 20 % des émissions de CO₂ d'ici à 2020. Cette baisse serait due notamment à la réduction rapide à 50 kWh/m²/an de la consommation d'énergie dans tous les bâtiments neufs, alors que le niveau des logements actuellement construits est encore de 271 kWh/m²/an.

82. Le programme One Planet Living du WWF fixe 10 principes à respecter pour les écoquartiers : aucune émission de carbone ; aucun déchet ; utilisation de transports durables et de matériaux recyclés ; maîtrise de la consommation d'eau ; protection de la faune et de la flore ; etc.

83. Ces deux écoquartiers comptent 15 000 habitants. Chaque immeuble est obligatoirement situé à moins de 500 mètres d'une station de tramway ; les bâtiments combinent capteurs solaires thermiques (pour l'eau chaude) et photovoltaïques (pour l'électricité) ; chaque quartier a un réseau de chauffage branché sur une centrale cogénératrice ; etc.

84. Bedzed signifie Beddington Zero Emission Development. Grâce à l'exposition au sud, à l'épaisseur des murs de brique et laine de mouton, aux toits isolants recouverts de végétation, à la récupération de la chaleur des chauffe-eau, les habitants se passent de chauffage, même l'hiver. Des panneaux solaires fournissent une partie de l'électricité résiduelle pour l'éclairage et l'électroménager. Le succès n'est cependant que partiel : malgré les efforts pour les transports en commun, la récupération de l'eau de pluie, les produits bio, etc., les habitants de Bedzed n'émettraient que 40 % de moins de CO₂ que le Britannique moyen, soit... autant qu'un Français moyen !

85. Chaque immeuble de Dongtan possédera éoliennes et panneaux solaires ; les déchets organiques, traités, et la biomasse des rizières proches généreront aussi de l'électricité ; les toits, végétaux, isoleront et recueilleront l'eau de pluie. La circulation se fera à scooter électrique, à bicyclette ou à bord de bus à hydrogène. Le contrat de construction de cette ville verte, qui doit être suivie de deux autres, a été signé en novembre 2005 avec

le cabinet britannique Arup, en présence de Tony Blair et du président chinois Hu Jintao. Mais le chantier n'a toujours pas réellement démarré...

86. Masdar, prévue pour 50 000 habitants en 2015, devrait selon l'émirat pétrolier, devenir la « Silicon Valley des énergies renouvelables ». L'énergie solaire sera prépondérante pour approvisionner la ville en énergie ; la marche et le vélo seront privilégiés, un système de transport automatisé par petites cabines individuelles de type tramway remplaçant les voitures pour les longues distances. Les rues seront étroites, ombragées et bordées de cours d'eau...

87. Une convention a été signée début 2008 entre la ville et l'État. D'ici 2015, 20 millions de kWh annuels seront produits, à 70 % par le parc éolien, 11 % par les toitures solaires, 10 % par les centrales solaires et 9 % par un réseau de chaleur récupérant l'énergie de l'incinérateur. L'investissement, de 500 millions d'euros, serait rentabilisé en sept à dix ans.

88. Le rapport de la commission Attali, remis en février 2008, envisage la création de 10 « Écopolis » d'au moins 50 000 habitants chacune, intégrant technologies vertes et nouvelles techniques de communication (connexions Wi-Fi sur tout le territoire), tout en faisant progresser la « mixité sociale ». Bien accueillie, cette partie du rapport a pourtant peu de chances d'être mise en œuvre dans les brefs délais souhaités.

89. L'écoquartier de Narbonne vise le zéro émission et bénéficie d'un système d'aspiration souterraine des déchets ; à Grenoble, plus de la moitié des nouveaux permis de construire incorporent de l'énergie solaire ; à Chambéry, un large recours à cette source d'énergie permet d'espérer atteindre un taux de 60 % d'énergies renouvelables d'ici cinq ans.

90. Prévisions de l'AIE : la part des transports dans les émissions de CO₂ en Europe, passée de 16 % en 1980 à 25 % en 2000, atteindrait 30 % en 2010 – et 33 % en 2020. Elle aura donc doublé en quarante ans.

91. L'AIE indique que les transports, qui dépendent encore à 98 % du pétrole, consommaient 35 % du pétrole mondial en 1971 ; cette part est montée à 48 % actuellement, et atteindrait 55 % en 2030.

92. Selon l'AIE, le rattrapage des pays en développement conduira les émissions de CO₂ du secteur des transports à doubler en quarante ans (environ 9 milliards de tonnes en 2030 contre 4,5 en 1990 et 6 en 2000), sauf action volontariste ; elles s'accroîtront encore d'un tiers sur les vingt années suivantes, atteignant 12 milliards de tonnes en 2050. La part de l'Amérique du Nord, encore prépondérante (37 % actuellement) reviendrait à 32 % en 2030, tandis que la Chine et l'Inde passeraient de 10 à près de 20 % des émissions totales du secteur.

93. Au niveau mondial, la part de la route est un peu plus faible, compte tenu du retard des pays du Sud : en 2000, elle représentait 76 % des rejets de CO₂ du secteur des transports, contre 12 % pour l'aérien, 10 % pour la voie d'eau, 2 % pour le rail (chiffres du rapport Stern). En revanche, elle est encore plus écrasante en France, où elle dépasse 90 % : les 147 millions de tonnes de gaz carbonique émis par le secteur des transports sont dues pour 92 % à la route (135 millions de tonnes de CO₂ !), 3,3 % au transport aérien, 2,5 % au transport fluvial et maritime, moins de 1 % au rail... (chiffres de 2005, selon le CITEPA). Selon l'ADEME et les Ponts et Chaussées, les émissions de CO₂ des transports routiers en France ont été multipliées par 6,4 entre 1960 et 2000.

94. Sans une forte amélioration de son efficacité énergétique, sa consommation, qui absorbe déjà 30 % du pétrole mondial (1,3 milliard de tonnes) engloiterait la totalité de la production actuelle.

95. Le nombre de voitures roulant en Europe a augmenté de 40 %, et leurs rejets de CO₂ d'un tiers, entre 1990 et 2004.

96. Près de 60 % de la pollution automobile en proviennent.

97. C'est ce que constate le GIEC : « On ne peut pas s'attendre à ce que les seules forces du marché, y compris le coût croissant des carburants, conduisent à une réduction significative des émissions » (rapport du groupe III, mai 2007).

98. Bien que les enquêtes d'opinion montrent une forte résistance à renoncer à la voiture, l'isolement ou la difficulté d'accès aux transports en commun étant le plus souvent évoqués. Selon une enquête du MEDD de janvier 2007, 60 % des Français logeant en zone rurale ou en banlieue prennent leur voiture pour aller travailler ou étudier ; l'automobile assure toujours plus de 80 % de la mobilité des ménages.

99. Il s'est vendu en Chine en 2007 4,5 millions de voitures particulières neuves. Mais, même avec les camions, on compte encore que 2,5 véhicules pour 100 habitants, contre 65 (dont 45 voitures) en Europe. L'Europe et l'Amérique du Nord rassemblent encore à elles seules les *deux tiers* du parc automobile mondial.

100. Les perspectives énergétiques publiées par l'AIE en 2007 prévoient une flotte de 270 millions de voitures en Chine dès 2030 ; la demande chinoise de carburant pour les transports quadruplerait pendant le prochain quart de siècle, malgré les efforts d'économie d'énergie.

101. Une étude de l'AIE indique qu'on pourrait attendre à terme jusqu'à 7 milliards de tonnes d'économies, directes et indirectes, d'émissions de CO₂ pour un coût raisonnable : 25 dollars par tonne de CO₂ économisée.

102. Les péages ne sont encore légalement possibles en France que pour financer la construction d'infrastructures nouvelles (ponts, autoroutes...). Le Grenelle de l'environnement prévoit de légaliser les péages urbains, mais la mesure a été différée fin 2008.

103. La part de la route dans le transport de fret en France est passée de 73,5 % en 1994 à 80,5 % en 2005, selon Eurostat.

104. Selon les prévisions de l'OCDE, les rejets de CO₂ des véhicules utilitaires dans le monde seraient multipliés par 2,5 en 2030 par rapport à 2010 ; ils représenteraient alors 60 % du total du secteur (près de 4 milliards de tonnes sur 6,6).

105. Cette mesure, prévue par le Grenelle de l'environnement, n'est pas certaine puisqu'un amendement gouvernemental voté en octobre 2008 prévoit seulement qu'elle « peut » être prélevée à partir de 2011. La recette de l'écoredevance perçue (en fonction du poids et du trajet) sur les camions, soit 1 milliard d'euros annuels, ira à l'Agence française pour le financement des infrastructures de transport, l'AFIT, qui l'utilisera prioritairement pour le rail et les voies navigables.

106. Il est vrai que le coût du carburant pèse déjà pour un quart environ sur leur coût de revient. Le projet d'écoredevance prévoit donc des aménagements « selon la situation géographique et en cas d'absence de mode de transport alternatif à la route », et même des soutiens aux entreprises – ce qui risque d'annuler l'effet écologique recherché...

107. La directive Eurovignette autorise la mise en place de péages pour les poids lourds, à condition qu'ils ne soient pas discriminants pour la concurrence. Sa réforme en cours va donner une plus grande place aux pollutions (gaz nocifs, bruit, voire congestion du réseau) générées par les camions dans le calcul des péages, actuellement destinés au

seul financement d'infrastructures routières. Des progrès ont déjà été obtenus sur les poids lourds européens, dont les émissions par kilomètre parcouru ont diminué de 30 à 40 % en quinze ans.

108. C'est ce que montre l'« éco-comparateur » mis en ligne par la SNCF (voir chapitre V). Il est vrai que la comparaison avec la voiture est faite sur le cas d'un conducteur seul ; les départs en famille sont plus acceptables écologiquement ! Mais d'autres comparaisons sont encore plus favorables au train : un TGV, par exemple, n'émet que 3 grammes de CO₂ par passager et par kilomètre, soit 50 fois moins en moyenne qu'une voiture conduite par un seul passager.

109. En quinze ans, le fret ferroviaire est tombé en France de 17 à 12 % du total des transports de marchandises.

110. La première « autoroute ferroviaire », Luxembourg-Perpignan, a été ouverte en septembre 2007 ; la seconde joindra Lille à Bayonne. Des wagons spéciaux Modalohr surbaissés pour accueillir rapidement les containers et les remorques routières desservent ces lignes ; le but est d'y accueillir la moitié du trafic, soit 2 millions de camions.

111. Mais il nécessitera des investissements considérables, comme le tunnel de 50 kilomètres qui devra être percé sous les Alpes pour la liaison Lyon-Turin.

112. Les principales lignes à grande vitesse en projet en Europe sont Rome-Naples et Florence-Bologne en Italie, plusieurs liaisons en Espagne, Athènes-Salonique en Grèce.

113. La Californie a décidé par référendum, le 4 novembre 2008, de se doter d'un TGV sur un parcours de 1 200 kilomètres entre Los Angeles et San Francisco (avec, plus tard, des prolongements vers Sacramento et vers San Diego).

114. En Argentine, la ligne Buenos Aires-Cordoba ; au Maroc, la liaison Tanger-Kenitra est la plus avancée, Casablanca-Marrakech suivra ; en Chine, Canton-Wuhan ; en Corée, Séoul-Fusan.

115. Les lignes de TGV n'étant utilisées pour les voyageurs que pendant la journée, des trains de fret rapide pourraient circuler la nuit, reliant notamment les grands aéroports européens. Tel est l'objet du projet de partenariat public-privé Carex (Cargo Rail Express), proposé en 2007.

116. La nouvelle génération, l'AGV d'Alstom, est en effet encore plus performante, comme d'ailleurs ses concurrents allemands (l'ICE) et japonais. L'AGV, qui a remporté le record du monde de vitesse à 575 km/h fin 2007, opte pour la « motorisation répartie » (les rames sont toutes motrices) ; à vitesse égale, il consommera 20 % de moins que le TGV.

117. 6,1 milliards de tonnes ont été transportées par mer en 2003, contre 2,5 en 1970. L'insuffisance de l'offre de navires et l'engorgement des ports font bondir les prix du fret : + 150 % en 2007 ! Pourtant, la navigation internationale échappe, comme le transport aérien, aux plafonds du protocole de Kyoto et au système européen de permis.

118. Une étude des Nations unies (février 2008), fondée sur des données collectées par l'Organisation maritime internationale (OMI), réévalue les émissions annuelles globales du transport maritime à 1,12 milliard de tonnes de CO₂, soit 4 % du total du gaz carbonique d'origine humaine ; l'estimation précédente n'était que de 800 millions de tonnes par an. La croissance prévue d'ici 2020 est de 30 % ; elle est encore plus forte pour les rejets de dioxyde de soufre et de suie (voir chapitre IX).

119. Le fait que 8 sèche-cheveux, grille-pain, cafetières ou jouets sur 10 vendus dans le monde soient fabriqués en Chine, ce qui impose leur transport sur longue distance, est aberrant sur le plan écologique. Les logiques de proximité devraient reprendre le dessus,

comme dans le procédé C3M de Michelin qui repose sur de micro-unités de production proches des marchés.

120. De même, les fraises chinoises, très compétitives sur nos étals avec celles du Périgord, ont coûté vingt fois plus d'équivalent-pétrole du fait de leur transport à longue distance et de leur conservation.

121. Ces autoroutes maritimes sont des liaisons entre ports spécialement aménagés pour accueillir et traiter rapidement les camions. Il en existe déjà une entre Toulon et Civitavecchia (près de Rome) ; une autre est en préparation entre Bilbao et un port français ; la principale se situera en mer du Nord : 6 pays riverains ont lancé un appel d'offres pour créer cette ligne, qui offrira une alternative à la route pour le transport annuel de 600 millions de tonnes ; l'UE s'est engagée à consacrer 310 millions d'euros en cinq ans au soutien de ces projets.

122. Ce programme consacre près des trois quarts de ses financements à de grands axes ferroviaires comme Berlin-Milan-Palermo et Lyon-Turin-Budapest ; l'essentiel du reste ne va pas aux routes, mais aux réseaux fluviaux comme le canal à grand gabarit Seine-Escaut et l'axe fluvial Rhin-Main-Danube, sans oublier les « autoroutes maritimes » de la Baltique, de l'Atlantique et de la Méditerranée.

123. Le mot d'ordre, logique, est l'« interopérabilité » des transports rail-route-voie d'eau au sein de ces grands corridors transnationaux. La standardisation des conteneurs doit la faciliter. Un règlement européen en projet unifiera les caractéristiques des convois de fret (longueur, poids autorisé), actuellement très divergentes.

124. Malgré les appels de J. Chirac demandant que les entreprises publiques fonctionnent sans hydrocarbures d'ici à vingt ans, la RATP possédait seulement 12 bus électriques (plus 57 au GPL et 40 au gaz naturel de ville) sur 4 000, fin 2006.

125. Le métro de Lyon a été mis en service en 1975 et celui de Marseille en 1977.

126. Les plans de développement urbains (PDU), désormais obligatoires en France dans les 58 agglomérations de plus de 100 000 habitants, leur font une large place ; transports en commun et autres transports « propres » y sont très encouragés.

127. Les agglomérations françaises ont investi 2,4 milliards d'euros dans ce secteur en 2005, contre 700 millions d'euros en 1994.

128. Une meilleure « intermodalité » consiste à faciliter le passage du bus au métro, du tramway au RER, etc. Les cas de l'Île-de-France ou de Nantes, où les usagers bénéficient d'une grille de tarification unique, restent une exception en France ; le plus souvent, les usagers doivent reprendre un billet en changeant de mode de transport.

129. La moitié des trajets des automobilistes parisiens sont inférieurs à 2 kilomètres. Les Vélib' sont utilisés 20 minutes en moyenne, pour un trajet qui est également de 2 kilomètres.

130. La capitale coréenne, Séoul, lance par exemple l'aménagement en quatre ans (2008-2012) de 200 kilomètres de pistes sur ses voies rapides. En Europe, Stockholm et Rotterdam sont déjà beaucoup plus avancées, avec respectivement 750 et 650 kilomètres de pistes cyclables. En Amérique, Denver (États-Unis) propose 1 000 kilomètres de pistes, et Bogota (Colombie) 300.

131. On pourrait s'inquiéter du fait que les cyclistes respirent à pleins poumons un air vicié. Une étude comparative parue aux Pays-Bas a montré que, s'ils consomment 2,3 fois plus d'air du fait de l'effort, cet air contient 3 fois moins de polluants que celui que respirent les conducteurs, placés au niveau des pots d'échappement... (International Archives of Occupational & Environmental Health, 1995).

132. Le vélo électrique, comme le City XS de Matra, avec sa batterie sur le porte-bagages, diminue l'effort de moitié et offre une autonomie de 25 à 70 kilomètres, avec une vitesse limitée à 25 km/h. Un nouveau modèle, le MS1, lancé à l'été 2008, offre une autonomie et une vitesse accrues (30 à 100 kilomètres suivant l'usage, 45 km/h). Le Solex électrique (e-Solex), fabriqué en Chine et vendu par le groupe Cible, qui a racheté la célèbre marque, atteint 35 km/h, mais avec une autonomie limitée à une vingtaine de kilomètres sur terrains en pente – sa batterie est toutefois rapidement rechargeable sur n'importe quelle prise de courant. À l'opposé de ces cycles non polluants, une moto de 125 cm³ à essence émet dix fois plus de monoxyde de carbone que la moyenne des voitures... Mais des scooters électriques apparaissent.

133. Le Vélib', lancé en juillet 2007, a dépassé les 10 millions d'utilisateurs dès novembre et compte 200 000 abonnés. Comme on sait, le système repose sur la location à courte durée (au coup par coup, ou avec un abonnement annuel de seulement 29 euros) de vélos prépositionnés dans de nombreuses stations (1 450), et qu'on peut remettre en place dans une autre station après usage. Le problème reste l'insuffisance des pistes cyclables (371 kilomètres à Paris).

134. Le Club des villes cyclables, fondé en 1989 par 10 villes, en compte aujourd'hui 980, plus 2 régions (Île-de-France et Rhône-Alpes) et 2 départements. 20 000 vélos sont en place à Paris, 4 000 à Lyon et à Bordeaux, 1 100 à Marseille, etc. Paris propose d'élargir la formule aux 29 communes limitrophes et a obtenu en juillet 2008 un feu vert du Conseil d'État à ce projet. Nous devrions ainsi commencer à rattraper l'avance prise dans ce domaine par nombre de villes européennes, d'Oslo à Barcelone (qui compte, depuis le printemps 2008, 6 000 vélos en libre-service répartis dans 400 stations) et de Bruxelles à Vienne ; En Allemagne, c'est la Deutsche Bahn qui gère le système, à Berlin mais aussi à Munich, Francfort, Cologne, Stuttgart. Les États-Unis eux-mêmes s'y mettent, pour leur capitale fédérale.

135. Le système de voitures électriques en libre-service, déjà en pratique à Lyon et dans 7 autres grandes villes adhérant au réseau « Autopartage », devrait être introduit à Paris en 2009. Au départ, 2 000 de ces voitures seraient mises en place sur plusieurs centaines de stations, avec rechargement gratuit à des bornes électriques.

136. On voit mal, par exemple, nos compatriotes dénoncer les conducteurs roulant seuls sur certains itinéraires, comme cela se pratique officiellement aux États-Unis ! Mais de premiers efforts d'organisation ont été faits autour d'Orly et de Roissy : Aéroport de Paris a, en coopération avec les entreprises voisines, développé un système d'abonnement organisant le regroupement des parcours entre voisins pour se rendre à des lieux de travail proches.

137. Il s'agit de P. Guédon, inventeur de l'Espace, qui travaille aujourd'hui pour Bolloré.

138. À l'heure actuelle, le Ford Crown Victoria, modèle le plus répandu, consomme 20 litres aux 100 kilomètres. À Paris, la compagnie de taxis G7 met en route des véhicules « propres », qui devraient composer 20 % de sa flotte de taxis d'ici cinq ans.

139. Ce chiffre de + 4 % reflète un gain d'efficacité partiel, car le trafic aérien s'accroît de 5 % par an, et même de 7 % en 2007. À ce rythme, ce trafic – déjà plus de 2 milliards de passagers transportés par an – doublera d'ici 2020 et quadruplera d'ici 2050. Les 16 000 avions commerciaux à réaction en activité dans le monde dégagent 600 millions de tonnes de CO₂, soit autant que toutes les activités humaines en Afrique, observe un rapport de l'ONU publié en février 2008. La croissance de ces émissions atteint

87 % depuis 1990. Encore ceci ne prend-il pas en compte les autres GES émis et les effets réchauffants des traînées de condensation en altitude ; selon le rapport Stern, ces effets doubleraient l'impact climatique de la circulation aérienne.

140. Alors que les émissions de l'ensemble du secteur des transports devraient « seulement » doubler, passant de 6 milliards de tonnes de CO₂ en 2000 à 9 en 2030 et à 12 en 2050 si la tendance se poursuit (*cf.* note 92).

141. Le programme européen de recherche ACARE vise pour 2020 une réduction de moitié des rejets de gaz carbonique par les nouveaux modèles d'avions.

142. On a pour la première fois, en février 2008, fait voler un avion avec un mélange de kérosène et d'huile de noix de coco ! Le Boeing 747 de la compagnie Virgin Atlantic qui a réalisé sur le parcours Londres-Amsterdam cette avancée écologique ressemblant à une plaisanterie utilisait 20 % de biocarburant issu d'un mélange d'huile de noix de babassu et de coco. La Federal Aviation Administration américaine s'est fixé pour but à la fois de développer (pour 2010) un carburant de synthèse à partir du charbon ou du gaz, mélangeable avec le kérosène, et (pour 2013) un agrocarburant de deuxième génération à partir de bois, de graisses animales ou de micro-algues (voir aussi annexe 8 pour les tentatives de faire voler un avion solaire ou à hydrogène, ou des « ailes volantes », plus pertinentes économiquement).

143. Comme pour les voitures, les avions plus anciens sont beaucoup plus polluants : les 20 % les plus âgés seraient responsables de 60 % des émissions totales. Un Airbus A 380 consomme 17 % de moins (2,9 litres aux 100 kilomètres par passager) que le gros-porteur de la génération précédente, le Boeing 747.

144. L'organisme européen Eurocontrol estime qu'en 2006, les avions de ligne ont parcouru 441 millions de kilomètres inutiles, du fait des changements de route imposés par une trop grande fragmentation du contrôle aérien. Le programme Sesar de réforme du contrôle aérien de l'UE vise précisément à mieux organiser les trajectoires et la rotation des appareils.

145. Sans doute difficilement tenable à terme du fait des protestations locales, cette décision illustre un nouveau cours.

146. Une convention conclue en janvier 2008 entre l'État, les fabricants et les transporteurs fixe pour notre pays des objectifs précis de limitation des émissions de GES : il s'agit, dans la ligne des normes européennes, d'une réduction de moitié des émissions de monoxyde de carbone et des nuisances sonores, et de 80 % des émissions d'oxyde d'azote, à l'horizon 2020. Un système de bonus-malus sur la taxe d'atterrissage pourrait être introduit. Air France-KLM annonce vouloir réduire sa consommation moyenne de kérosène à 3,7 litres par passager aux 100 kilomètres d'ici à 2012, soit une baisse de 15 à 20 %.

147. Seuls les vols domestiques sont pris en compte dans les quotas du protocole de Kyoto ; mais ils ne représentent que 40 % du trafic mondial.

148. Le principe d'une telle contribution se justifie si l'on se souvient qu'un seul aller-retour Paris-New York rejette 2,4 tonnes d'équivalent-CO₂ par personne, soit quatre fois le quota annuel admissible s'il était réparti entre tous les citoyens de la planète (voir p. 119 et annexe 19). Elle pourrait prendre la forme de taxes d'aéroport ou d'atterrissage, ou d'un supplément de prix en fonction du kilométrage parcouru.

149. La taxe de solidarité introduite en France à partir du 1^{er} juillet 2006 est un supplément (de 2 à 40 euros selon la classe et la destination) sur le prix des voyages aériens au départ de la France. Son produit est affecté à l'association Unitaid, hébergée par l'OMS à Genève, pour lutter contre les grandes pandémies : sida, paludisme et tuber-

culose. Vingt pays participent au système mais la moitié d'entre eux, y compris parmi les fondateurs (Royaume-Uni, Norvège, Brésil, Chili) ont préféré utiliser des fonds de leur aide au développement plutôt que de suivre l'exemple français de surtaxe aérienne. Unitaïd a collecté, en 2007, 300 millions d'euros, dont 165 millions d'euros pour la part française, gérée en pratique par l'Agence française de développement. Le système devrait être complété en 2009 par la proposition aux passagers non soumis à la surtaxe d'une contribution *volontaire* de 2 euros par billet.

Chapitre VII

QUELLE STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE POUR DEMAIN ?

1. Le prix de 100 dollars le baril (= 159 litres) a été dépassé à partir de février 2008, celui de 150 dollars atteint en juillet, avant de retomber à 60 dollars à l'automne et 40 dollars en fin d'année ; aux cours de change de l'époque (1 euro = plus de 1,50 dollar, la faiblesse du dollar étant d'ailleurs l'une des causes de la hausse du pétrole), cela mettait la tonne de pétrole à 630 euros, soit 63 centimes le litre avant coûts de raffinage et distribution et taxes. Le pétrole n'est pas seul à avoir augmenté ; le charbon a quintuplé : 116 dollars la tonne de houille au départ du port australien de Newcastle en février 2008, contre 20 dollars en juillet 2002.

2. Cette accélération est due en grande partie à la forte croissance de la Chine : sans ce pays, la progression de la consommation mondiale d'énergie n'aurait été que de 1,9 % par an depuis 2001.

3. Selon les scénarios les plus favorables de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), nous parviendrions à nous stabiliser au niveau élevé qui sera atteint d'ici une ou deux décennies. Au pire, la demande continuera à exploser pour atteindre au cours de ce siècle un niveau au moins double de l'actuel ; c'est ce que prévoit le scénario de référence, qui décrit l'évolution de la consommation énergétique mondiale en l'absence de progrès technologique majeur et de politiques environnementales plus volontaristes que celles d'aujourd'hui : elle passerait de 11,4 milliards de TEP (tonnes d'équivalent-pétrole) en 2005 à 22,1 milliards en 2050.

4. C'est oublier que la technique permet progressivement de réduire les besoins de minerai à peu de chose.

5. Le pétrole, le gaz naturel et le charbon proviennent tous de la décomposition, puis de la fossilisation de végétaux enfouis dans le sous-sol pendant des millions d'années.

6. L'énergie primaire est celle qui est produite à la base, à partir d'une source extérieure, par opposition à une énergie « secondaire » comme l'électricité produite par conversion d'autres énergies. Un barrage hydroélectrique est une source d'énergie électrique primaire, à la différence d'une centrale thermique, qui utilise la chaleur de la combustion de gaz ou de charbon pour faire tourner des turbines (avec une « perte en ligne » des deux tiers).

7. Selon l'AIE, la répartition détaillée par source d'« énergie primaire », c'est-à-dire en convertissant charbon, gaz et production électrique directe en tonnes d'équivalent-pétrole, était la suivante pour le monde en 2005 : pétrole 35,6 % ; charbon 25,2 % ; gaz naturel 20,6 % ; énergie nucléaire 6,3 % ; biomasse et déchets 10 % ; hydroélectricité 2,2 % ; *énergies nouvelles* 0,5 %, sur un total de 11,43 milliards de TEP. Dans ce calcul, une TEP équivaut, en capacité calorifique, à 1,7 tonne de charbon, 1 110 m³ de gaz ou

12 MWh électriques (1 TWh = 86 000 tonnes d'équivalent-pétrole). D'autres méthodes de conversion minorant moins l'apport de l'énergie électrique (la méthode de l'AIE utilise son effet calorifique, l'effet mécanique direct est triple) donnent une part plus importante à l'hydroélectricité et aux énergies nouvelles, dont l'apport approcherait 2 %, mais sans changer la prédominance des énergies fossiles.

8. En 2005, selon l'AIE, le pétrole représentait 39,5 % des émissions de CO₂ dues à l'énergie utilisée par les activités humaines, le charbon 40,5 %, le gaz 19,7 %, et l'ensemble des autres sources d'énergie, seulement 0,3 %.

9. Ce scénario prévoit que les combustibles fossiles représenteraient non moins de 84 % de l'accroissement de la demande d'ici 2030. À cet horizon, la part du pétrole serait de 32 %, celle du gaz de 22 % ; celle du charbon augmenterait pour atteindre 28 %. Les prévisions du ministère américain de l'Énergie sont encore plus élevées : la part du charbon dans les sources d'énergie approcherait la moitié en 2050.

10. L'AIE suppose, dans son scénario alternatif, une réduction de la part des combustibles fossiles à 65 % en 2030 : une économie de 2 milliards de TEP annuelles serait obtenue à l'horizon 2030, outre une meilleure efficacité énergétique, par des investissements importants dans le nucléaire civil (76 GW de capacité supplémentaire), les énergies renouvelables et la biomasse. Ce scénario amélioré économiserait non moins de 6 milliards de tonnes annuelles de CO₂. Mais c'est encore bien trop peu pour atteindre l'objectif.

11. Les 2,5 milliards de tonnes de charbon brûlées par la Chine sont responsables à elles seules des trois quarts des émissions de CO₂ de ce pays, devenu en peu d'années le premier émetteur mondial de GES. L'Inde n'utilise encore que 500 millions de tonnes de charbon par an, mais ce chiffre devrait presque tripler d'ici 2030, selon l'AIE.

12. Voir étude de l'Université d'East Anglia, publiée dans *PNAS*, mai 2007.

13. Tous coûts de construction et de transport inclus, chaque TEP de charbon rejette 1 123 kilos de gaz carbonique, contre 830 kilos pour le pétrole, 651 pour le gaz naturel, 316 pour le solaire photovoltaïque (voir note 102), 32 pour l'éolien et 19 pour le nucléaire. De ce fait, le charbon cause à lui seul plus du tiers de l'ensemble des rejets mondiaux de CO₂, les hydrocarbures un autre tiers.

14. La Chine a produit en 2006 46 % des 5,4 milliards de tonnes de charbon (équivalant à 2,9 milliards de TEP) extraites dans le monde, soit 2,5 milliards de tonnes. Sa part n'était encore que de 18 % il y a trente ans. Outre les États-Unis (1 milliard de tonnes), les autres grands producteurs sont l'Inde (427 millions de tonnes en 2006), l'Australie (309 millions de tonnes), l'Afrique du Sud (244 millions de tonnes) et la Russie (233 millions de tonnes). La production mondiale de charbon a crû de 78 % en vingt-cinq ans ; dans le scénario de base de l'AIE, elle progresserait de nouveau de 73 % d'ici 2030, pour atteindre 9 milliards de tonnes par an.

15. Le charbon fournit plus de 80 % de l'électricité et 63 % de l'énergie primaire utilisées en Chine (le pétrole compte pour 18 %, la biomasse 13 %, le gaz 3 %, l'hydraulique 2 % et le nucléaire seulement 0,8 %). Cette part élevée est un record mondial. La moitié du charbon chinois, soit 1,2 milliard de tonnes, est absorbée par les centrales électriques, ce qui conduit ce pays à avoir le taux le plus fort de CO₂ par kilowattheure produit. Le gouvernement projette de réduire la part du charbon dans sa production d'énergie primaire de 10 points d'ici 2020, mais cela représentera toujours une progression en valeur absolue.

16. Chiffres de l'AIE : 4,1 milliards de tonnes de pétrole et 2 900 milliards de m³ de gaz naturel, équivalant à 2,5 milliards de tonnes de pétrole, ont été produites en 2006. La

consommation mondiale de pétrole a progressé de 1,3 % en 2005, 1 % en 2006 et encore 1,2 % en 2007, malgré des prix triples de ceux de 2004, alors qu'elle tend à se stabiliser en France (voir chapitre VI).

17. Bien que le protocole de Kyoto n'autorise pas une telle dérogation.

18. Il s'agit plus exactement du phytoplancton – des algues microscopiques qui croissent en absorbant l'énergie solaire par photosynthèse et nourrissent de minuscules animaux, le zooplancton, eux-mêmes à la base de toute la chaîne alimentaire marine. Les espoirs de le rendre plus productif par l'apport de fer ont été déçus (voir chapitre IV, page 83 et note 48).

19. Une étude sur douze ans indique une productivité du phytoplancton en chute d'environ 15 % par rapport aux estimations précédentes dans la zone tropicale du Pacifique, qui représente un cinquième de la productivité planétaire du plancton végétal (*Nature*, août 2006).

20. Le remplacement des terres cultivées par des prairies permet de stocker plus de carbone : une prairie en absorbe 70 tonnes par hectare, contre 43 pour une terre arable et 32 pour une vigne.

21. L'article 6 du protocole de Kyoto attache des « crédits d'émissions » transférables à certains projets favorables en termes d'effet de serre. Ce mécanisme a été précisé notamment par la conférence de Bonn, en juillet 2001, et confirmé par les conférences internationales sur le climat qui ont suivi. La déduction des activités forestières et agricoles de ses rejets permet par exemple à la Russie de « récupérer » des droits à émission qui sont vendus à d'autres pays, dont le Japon.

22. Outre cette absorption par les forêts et prairies (dont il faut malheureusement déduire environ 1,5 milliard de tonnes d'émissions supplémentaires dues à la déforestation), environ 2,3 milliards de tonnes de carbone seraient également absorbées par l'océan ; cela explique que la moitié seulement des quelque 7 milliards de tonnes de carbone émises chaque année sous forme de CO₂ se retrouve dans l'atmosphère, selon les rapports du GIEC.

23. Plus la croissance des végétaux est rapide, plus ils absorbent de CO₂. À l'inverse, lorsqu'ils meurent, l'action des micro-organismes qui les décomposent libère du dioxyde de carbone et du méthane ; c'est ce qu'on appelle la « respiration » du sol, processus inverse de la photosynthèse. Il en est de même en cas de combustion (chauffage au bois, feux de forêt, cultures sur brûlis...).

24. Une étude publiée dans *Nature* en novembre 2002 développe l'hypothèse d'un doublement de la respiration des plantes et des sols chaque fois que la température de la planète augmente de 10 °C.

25. Les plantations d'arbres dans les régions nordiques contribueraient au réchauffement climatique au lieu de l'atténuer, du fait de la diminution de l'effet d'albédo : les sols enneigés des hautes latitudes canadiennes, scandinaves ou sibériennes réfléchissent les rayons du soleil ; une fois plantés et donc devenus sombres, ils les absorberont davantage, ce qui ferait plus que compenser l'absorption de CO₂. Ce phénomène n'existe cependant qu'aux latitudes élevées ; la contribution des forêts tropicales est pour sa part forte, tant par l'absorption directe que par la forte nébulosité qu'elles engendrent (*PNAS*, avril 2007).

26. De récents travaux scientifiques attribuent aux végétaux des émissions de méthane contribuant à l'effet de serre, qui pourraient compenser, voire au-delà, l'effet favorable de l'absorption de CO₂ par ces mêmes végétaux.

27. Il s'agit principalement de la postcombustion (procédé le plus fréquent, par séparation du CO₂ après brûlage – un pilote, le projet Castor, conduit par l'Institut français du pétrole, a été lancé par l'UE au Danemark), de la précombustion (gazéification préalable et reformage après injection d'air et de vapeur) utilisée pour les engrais ou pour obtenir de l'hydrogène, et de l'oxycombustion à l'oxygène pur, en phase de démonstration à la centrale de Spremberg (Allemagne).

28. Moyennant une baisse de rendement énergétique d'environ un quart, car le bilan écologique de l'opération doit tenir compte du CO₂ supplémentaire émis pour maintenir la quantité d'électricité produite malgré les 10 à 40 % d'énergie supplémentaire nécessaires pour le piégeage et la compression du CO₂ ; le bilan net est tout de même, à production électrique constante, une baisse de 80 à 90 % des émissions de dioxyde de carbone.

29. En effet, la production d'hydrogène par reformage de gaz naturel implique de séparer l'hydrogène du carbone auquel il est associé dans le méthane (CH₄), pour dégager d'un côté de l'hydrogène (H₂) et de l'autre du CO₂, par apport d'oxygène ; le gaz carbonique peut donc être directement capté à la sortie.

30. L'estimation donnée par le rapport spécial du GIEC est un surcoût de 1 à 5 cents américains par kWh, selon le combustible et la technique employés, le lieu, etc. ; cette fourchette se resserrerait à 1 à 2 cents le kWh en cas de projet conjoint avec le lessivage d'un gisement d'hydrocarbures. Le coût serait plus élevé pour la capture du carbone d'un programme alimenté à partir de la biomasse, sauf en cas de cocombustion avec du charbon. Ces chiffres s'appliquent à des projets nouveaux ; le coût d'adaptation d'une centrale ancienne serait plus élevé.

31. Selon les modèles économiques, le CSC commence à être très utilisé au-dessus d'un prix de marché de la tonne de CO₂ de 30 à 40 euros, presque atteint aujourd'hui et proche du niveau vraisemblable à long terme des permis d'émission. Le rapport Stern de 2006 (voir chapitre V) estimait que ce procédé pourrait économiser 4 milliards de tonnes de CO₂ en 2050, à un coût de seulement 25 dollars la tonne.

32. Le transport par navires peut être préférable pour de grandes distances et des quantités limitées (quelques millions de tonnes).

33. La raison technique est que, aux environs de 800 à 1 000 mètres de profondeur, le gaz carbonique atteint un état « supercritique » qui lui permet d'être stocké à l'état liquide en occupant peu de volume (500 à 800 kilos par m³) et avec une sécurité améliorée.

34. Outre de multiples mentions de cette question dans ses rapports de synthèse de 2007, le GIEC lui a consacré un rapport spécial de son groupe de travail numéro III, paru la même année. Suivi dans cette approche par le rapport Stern, il estime le potentiel économique global du CSC entre 220 et 2 200 milliards de tonnes de CO₂, soit entre 15 et 55 % du total des efforts de réduction des émissions de GES qui seraient réalisés au cours du xx^e siècle. Il s'agit cependant d'une hypothèse haute, qui supposerait la construction de plusieurs milliers de systèmes de piégeage.

35. Cette évaluation technique du rapport spécial du GIEC considère que 30 à 60 % des émissions dues à la production d'électricité et 30 à 40 % de celles qui proviennent de l'industrie pourraient être traitées, soit au total une fourchette de 20 à 40 % des émissions mondiales de CO₂ provenant de combustibles fossiles. L'AIE a estimé de son côté que l'utilisation du CSC dans les centrales à charbon couvrirait un quart de l'effort de réduction attendu.

36. Sachant qu'à l'échelle du globe la puissance totale de production d'énergie primaire des Terriens est de 15 000 GW (provenant à 80 % des combustibles fossiles), le doublement prévu pour 2050 dans le scénario de référence de l'AIE supposerait de parvenir à installer d'ici là 15 000 GW supplémentaires de sources d'énergie majoritairement propres – soit 150 fois la puissance électrique française actuelle !

37. Rien qu'en Europe, 1 000 milliards d'euros devront être investis dans le réseau et les centrales électriques si l'on veut éviter le retour de grandes pannes comme celle du 4 novembre 2006 qui a privé de courant 15 millions de foyers en France et dans les pays voisins, avertit l'experte internationale C. Lewiner. Sur la même période, la Chine devrait investir 3,7 trillions de dollars dans les infrastructures énergétiques, selon l'AIE.

38. Le GIEC souligne, dans son rapport final de 2007, l'impact qu'auront les décisions des prochaines années sur les émissions de GES à long terme, compte tenu de la longue durée de vie des installations, et le surcoût modéré de mesures améliorant l'efficacité énergétique : l'investissement additionnel net requis pour ramener les émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie en 2030 au niveau de 2005 serait « compris entre un niveau négligeable et 5 à 10 % ».

39. Il s'agit ici de la surface à couvrir pour l'ensemble des besoins mondiaux. Pour la France seule, il faudrait environ 5 000 km² de panneaux solaires – soit tout de même la surface de tout un département – pour fournir la consommation électrique du pays (550 TWh).

40. Rien que pour obtenir l'équivalent de la production électrique du parc français actuel, il faudrait en construire non moins de cent vingt mille (550 TWh à obtenir avec des engins d'une puissance moyenne de 2 MW tournant 2 200 heures par an en moyenne). Quant aux surfaces occupées, il faut pour obtenir un mégawatt de puissance disposer de 15 hectares à terre ou de 6 hectares en mer avec les éoliennes (elles doivent être suffisamment écartées pour éviter l'effet de sillage sur les machines situées sous le vent) et d'un hectare avec les cellules photovoltaïques. Assurer toute la production électrique mondiale par l'énergie solaire nécessiterait une puissance d'au moins 6 TW (6 millions de MW), donc de couvrir 6 millions d'hectares de panneaux solaires. Un calcul théorique incluant les autres besoins d'énergie aboutirait à 30 millions d'hectares ; la surface totale de la France est de 550 000 km², soit 55 millions d'hectares.

41. Selon le calcul de l'AIE, les rejets du secteur électrique ne baisseraient que de 6 % dans l'ensemble de l'OCDE.

42. La puissance moyenne d'une grosse centrale de type EPR étant de 1 600 MW (1,6 GW) on voit facilement que pour atteindre l'objectif cité note 36 de 15 000 GW de puissance supplémentaire à l'échelle mondiale d'ici 2050, il faudrait non moins de 10 000 centrales – vingt-cinq fois plus qu'actuellement !

43. Cela n'empêchera pas la fermeture des dernières mines de charbon européennes, qui ne sont plus compétitives. En Allemagne, où l'on extrait encore 24 millions de tonnes, la fin complète de cette activité est programmée pour 2018.

44. Le but poursuivi est d'améliorer l'indépendance énergétique du pays en investissant cent milliards d'euros dans la liquéfaction industrielle du charbon pour en tirer 30 millions de tonnes de pétrole synthétique en 2020, soit 10 % des besoins d'importation pétrolière attendus à cet horizon. Du point de vue de l'environnement, le gaspillage d'énergie et la pollution supplémentaire que cette transformation implique sont une absurdité.

45. Nous avons vu (page 160) qu'une large extension du piégeage du CO₂ émis par les centrales thermiques n'interviendra sans doute guère avant 2020. Selon un expert comme Peter Schwartz, président du Global Business Network, plus de 85 % des nouvelles capacités prévues d'ici à 2030 utiliseront les vieilles technologies polluantes, sans capture et stockage du carbone.

46. Le kilowattheure nucléaire reste largement le plus compétitif, même à des prix bas pour les hydrocarbures. Sa rentabilité augmente même, grâce aux améliorations récentes (voir page 174). La situation peut être différente dans certains PVD, où de faibles coûts de main-d'œuvre améliorent la compétitivité du charbon – mais au prix de conditions de travail dangereuses et pénibles, et d'une forte pollution.

47. Dans ce scénario « au fil de l'eau », la demande de pétrole progresse de 70 % d'ici le milieu du siècle, et la part des combustibles fossiles reste proche de 80 %.

48. Dans ce scénario volontariste, la demande de pétrole baisse de 27 %. Les 1 000 milliards de dollars d'investissements annuels à consentir représentent environ 2 % de la richesse mondiale.

49. Ces scénarios reposent sur un doublement de la production mondiale d'énergie d'ici 2050, pour atteindre 25 milliards de TEP. Un travail analogue avait été fait précédemment par le Conseil mondial de l'énergie, une ONG basée à Londres : il opposait deux scénarios : un monde invivable, où le pétrole et surtout le charbon continuent à prédominer (78 % de combustibles fossiles), le nucléaire stagnant et les énergies renouvelables progressant peu, et où la croissance est freinée par le manque d'énergie tout en accroissant fortement pollution, inégalités et réchauffement planétaire ; et un monde dit « vivable », avec développement accéléré des énergies nouvelles (qui apporteraient 5 milliards de TEP en 2050, soit près d'un quart des besoins) et construction de trois fois le parc nucléaire actuel d'ici à 2050, apportant 1,8 milliard de TEP contre 0,7 en 2005 ; la part des combustibles fossiles serait alors ramenée à 52 % en 2050.

50. Dans ce marché global, le regroupement de grands acteurs l'interconnexion des réseaux facilitent la construction d'unités de production de plus petite dimension, souples et régionalisées.

51. La fourchette indiquée s'explique par les différences de méthode de conversion de l'apport énergétique de l'électricité. Nous avons vu (note 7) que les méthodes de l'AIE (passant par son équivalent calorifique) réduisent des deux tiers l'apport de l'hydroélectricité et des énergies nouvelles, ce qui explique qu'elle ne leur attribue que 3 % du total mondial. D'autres sources, comme *BP Statistical Review*, indiquent que l'hydroélectricité représente 6 % et l'ensemble des autres énergies renouvelables 2 % – soit au total 8 % de l'énergie primaire mondiale.

52. Ce chiffre représente 2 % des capacités énergétiques mondiales, mais moins de 1 % de la production, car la plupart des sources d'énergies renouvelables sont *intermittentes* (le vent ne souffle pas en permanence, le soleil ne brille pas la nuit ni par mauvais temps, les barrages doivent se remplir avant de fournir de l'eau à turbiner, etc.). De ce fait, elles produisent moins d'énergie en un an, à puissance installée égale, que les combustibles fossiles ou le nucléaire.

53. Même si les politiques incitatives déployées obtiennent actuellement des taux de progression de ces énergies proches de 30 % par an en Europe de l'Ouest comme en Amérique du Nord et au Japon.

54. Greenpeace et le Conseil des énergies renouvelables ont publié 2007 une étude montrant que la moitié de la demande mondiale d'énergie pourrait être couverte par les

énergies renouvelables en 2050, dans l'hypothèse d'un prix du baril de 100 dollars à cette date (le pari paraissait hardi alors, mais ce prix a été dépassé début 2008) et d'une taxe carbone de 50 dollars la tonne (souhaitable, mais fort loin d'être acquise à ce jour).

55. Sondage Eurobaromètre de mai 2007 : la majorité des personnes interrogées considèrent que des types d'énergie plus propres sont nécessaires pour combattre le réchauffement, mais 59 % ne sont pas prêts à payer plus pour en profiter. Concrètement, d'ailleurs, on constate que 30 % en moyenne des permis accordés pour installer des éoliennes en France font l'objet d'un recours en annulation...

56. Le scénario de référence de l'AIE ne donne aux ENR qu'une très faible part dans ses prévisions : elles ne couvriraient toujours, hors hydraulique, que 2 % des besoins énergétiques de notre planète en 2030. Dans ce scénario de poursuite des tendances actuelles, leur essor compense à peine le retrait du nucléaire, ce qui explique la part très lourde et même croissante conservée par les combustibles fossiles. Le scénario alternatif met au contraire l'accent sur les ENR et le nucléaire, qui représenteraient respectivement 26 et 42 % de la croissance de la production énergétique, alors que celle-ci repose à 84 % sur les combustibles fossiles dans le scénario de référence.

57. On distingue toujours aujourd'hui l'hydroélectricité produite par de hautes chutes (les barrages servant à relever le plan d'eau pour augmenter la force motrice) et celle engendrée « au fil de l'eau » par le courant de grands fleuves.

58. La production hydroélectrique mondiale s'est élevée en 2005 à 2 995 TWh, soit 690 millions de TEP (et 6,5 % de l'énergie primaire mondiale mesurée selon l'énergie mécanique et non l'équivalent calorifique ; selon la méthode retenue par l'AIE qui minore des deux tiers le rôle de toutes les ENR, l'hydroélectricité ne représente que l'équivalent de 250 millions de TEP – 2,2 % de l'énergie mondiale). En France, l'hydroélectricité apporte 60 TWh par an (pour une puissance installée de 20 GW, sur 220 barrages).

59. L'hydroélectricité représente environ 12 % de notre production électrique, et le nucléaire 80 % – grâce à quoi la France est au quatrième rang des pays qui émettent le moins de gaz carbonique par unité de PIB (300 grammes de gaz carbonique par euro de produit national, contre 800 grammes pour les États-Unis) et au septième rang pour les émissions par habitant : un Français émet au total 1,8 fois moins de gaz à effet de serre qu'un Allemand, et 2,9 fois moins qu'un Américain.

60. Grâce à l'hydroélectricité, notre pays compense son retard dans les énergies éolienne et solaire et dispose d'autant d'énergies renouvelables que l'Allemagne.

61. Le plan de relance de l'hydroélectricité en France présenté fin 2008 permettra de relever de 30 % la puissance installée des barrages, grâce à de nouvelles turbines.

62. Les 630 GW de puissance déjà en production ne représentent qu'un dixième du potentiel théoriquement exploitable, qui permettrait à lui seul de pratiquement doubler la production électrique mondiale actuelle. En Chine, le gigantesque barrage des Trois-Gorges apportera, à partir de 2009, une puissance électrique de 18,2 GW supplémentaires, soit l'équivalent d'une quinzaine de tranches nucléaires, et une production annuelle de 85 TWh, remplaçant 50 millions de tonnes de charbon par an. Les 11 plus gros projets mondiaux se situent tous en Chine, mais le grand barrage du rio Madeira apportera 3 GW au Brésil en 2013. Cependant, ces capacités sont très inégalement réparties (de nombreux PVD sont des îles ou des régions arides) et toutes ne sont pas économiquement exploitables.

63. La Chine, premier producteur mondial, a tiré 397 TWh (13 % du total mondial) d'électricité de ses barrages en 2005, et le Brésil 337 TWh. L'hydroélectricité couvre 84 % des besoins d'électricité du Brésil.

64. L'un des cas les plus documentés à cet égard est celui du barrage d'Assouan. Tout en apportant un important potentiel hydroélectrique à l'Égypte et en régularisant le cours du Nil, ce grand ouvrage a aussi privé le pays d'une part du limon fertile apporté par le fleuve, tandis que des parasitoses nouvelles se développaient autour du lac Nasser. Le barrage chinois des Trois-Gorges, sur le Yangzi Jiang (Yang-Tse), a entraîné le déplacement de 1,3 million de riverains et la disparition de plusieurs villes, la submersion de 600 km² de terres agricoles et forêts, une érosion préoccupante des berges et des glissements de terrain, et met en danger la faune et de la flore en aval (du fait de la réduction des sédiments) ; mais il a aussi régularisé le cours du fleuve et mis fin à des crues dramatiques (300 000 morts en 1998).

65. Il existe pourtant des programmes hydroélectriques importants en Inde, au Brésil (où le seul site de Belo Monte donnera une puissance de 11 GW), au Niger, en Namibie, en Turquie, au Laos. La Banque mondiale, qui avait cessé de financer les grands barrages dans les années 1990 du fait de leurs inconvénients écologiques, contribue dans ce dernier pays au barrage de Nam Theun 2, mais avec un luxe de précautions.

66. Une centrale de 1 MW, produisant 5 GWh annuels, évite chaque année l'émission de 5 000 tonnes de CO₂ par rapport à une centrale thermique. En France, les pouvoirs publics ont imposé à EDF de racheter le courant aux créateurs de ces microcentrales à un prix intéressant (6 centimes par kWh pour les plus petites, 5,4 centimes au-delà).

67. Ce délai bref de remise en route est celui de la centrale la plus puissante de France, le barrage de Grand-Maison, d'une puissance de 1 800 MW, mis en service en 1988. Lors de la grande panne européenne de novembre 2006, c'est la remise en marche rapide de 5 GW de production hydraulique qui a permis de rétablir la situation en France en reconnectant 5 millions de foyers.

68. Le Portugal a démarré un premier parc commercial en 2007 au nord de Porto avec le système de surface Pelamis, d'une puissance de 2,25 MW ; le coût de revient est encore de 24 centimes d'euros le kWh. Le système à colonne d'eau oscillante est, lui, mis en œuvre en Écosse depuis sept ans, à la centrale d'Islay. Une installation à technique améliorée de 500 kW devrait fonctionner à partir de fin 2008 au large de Papeete. Un prototype pendulaire appelé SEAREV, dont on espère une réduction du coût par kWh fourni, serait aussi testé au large de l'île d'Yeu en 2009. Les États-Unis testent le système de leur côté, sur la côte Pacifique (Oregon).

69. Ces turbines sous-marines captent l'énergie des courants lorsqu'ils sont suffisamment forts (plusieurs mètres par seconde). Un premier prototype, Seagen, a été installé au large de l'Irlande du Nord en 2008, avec une capacité de 1,2 MW ; un projet de 10 MW suivrait au large du pays de Galles. Après un projet expérimental lancé en avril 2008 par Sabella dans l'estuaire de l'Odette, EDF installera une première « ferme sous-marine » d'hydroliennes, d'une capacité de 4 à 6 MW, au large de Paimpol, en 2011. Les potentialités seraient beaucoup plus importantes, jusqu'à 50 GW capables de fournir 150 TWh annuels pour l'Europe occidentale, dont près d'un tiers en France (côtes de la Manche), pour un coût de 5 à 7 centimes d'euros le kWh. Jusqu'à 10 % de l'électricité écossaise pourraient, à terme, être fournis par les vagues et les courants.

70. On peut regretter l'abandon de la filière marémotrice en France, car notre potentiel serait dix fois supérieur à celui de la Rance ; mais il est vrai que cette énergie,

outre ses incidences sur l'écosystème, a l'inconvénient d'être intermittente (quoique prévisible). Un nouveau site, d'une puissance analogue à celle de la Rance (250 MW, qui fournissent 630 GWh annuels) va être mis en service en Corée en 2009, et un autre est en projet en Chine.

71. Par exemple, Shell soutient des projets d'éoliennes, mais a aussi créé un fonds pour l'alimentation en énergie solaire des villages ruraux africains, tandis que BP aide des installations solaires en Espagne et en Australie.

72. J'ai montré plus haut la flambée quelque peu irrationnelle des cours des sociétés du secteur, que les grandes entreprises se bousculent désormais pour racheter. La surchauffe s'exprime aussi par des pénuries de main-d'œuvre spécialisée ou d'équipements. Le secteur reste très concentré, 85 % du marché mondial étant entre les mains des cinq principaux producteurs, menés par le danois Vestas, l'Espagnol Gamesa et l'allemand Enercon.

73. Chiffres communiqués par le Conseil mondial de l'énergie éolienne lors de la Conférence européenne de Bruxelles, en avril 2008. La capacité installée mondiale n'était encore que de 7,6 GW en 1997 et 31 GW en 2002. Elle atteindrait 240 GW en 2012, ce qui représentera alors environ 3 % de la puissance, mais seulement 1 % de la production électrique mondiale.

74. L'Allemagne compte déjà plus de 20 000 éoliennes, qui couvrent 8 % de sa consommation, mais elle voudrait tripler cet apport, notamment en implantant des fermes marines et compte en construire autant d'autres, plus puissantes ; elles représenteront donc la majeure partie de l'effort consenti pour porter la part des énergies renouvelables à 30 % en 2020. En particulier l'installation d'au moins 30 champs d'éoliennes en mer du Nord et mer Baltique, fournissant une puissance de 25 GW, est prévue.

75. Les 15 GW éoliens installés en Espagne (environ 12 000 machines sur 400 sites, en 2007) situent ce pays juste derrière les États-Unis (16,8 GW) ; un programme complémentaire de 9 GW est en cours, qui portera la part de l'énergie du vent à 15 à 20 % de l'électricité espagnole. Le Danemark a une capacité éolienne de 3 GW, qui fournit près de 20 % du courant du pays.

76. Ce projet présenté en décembre 2007 prévoit d'installer 2 turbines par mile le long de toutes les côtes du Royaume-Uni. La puissance installée atteindrait 25 GW, s'ajoutant aux 8 GW déjà prévus pour 2014 pour couvrir la quasi-totalité des foyers (25 millions) en 2020, soit 20 % des besoins totaux du pays. La construction d'une première ferme offshore de 504 MW démarrera dès 2009 dans l'estuaire de la Tamise ; mais le retrait de Shell, annoncé en mai 2008, compromet le projet London Array, dans l'estuaire de la Tamise, qui devait apporter 1 000 MW.

77. Et 3 % seulement de la capacité productrice d'électricité (en 2007).

78. Notre pays, très venté dans certaines zones, est de fait le deuxième « gisement » européen, avec un potentiel cinquante fois supérieur à la puissance actuelle. La première région productrice est le Languedoc-Roussillon, mais les côtes de la Manche offrent également d'importantes possibilités.

79. EDF, par exemple, compte investir plus de 3 milliards d'euros dans des parcs éoliens en France d'ici 2010. Selon le gouvernement, les budgets de recherche ENR seront portés « au même niveau que ceux dévolus au nucléaire civil ».

80. Soit près de vingt fois plus qu'en 2005, année où la puissance éolienne installée n'était encore que de 400 MW.

81. En puissance nominale, cela représente 25 GW – l'équivalent d'une quinzaine de centrales nucléaires. Cependant, s'agissant d'une source d'énergie intermittente, la contribution réelle à notre approvisionnement en électricité devrait rester limitée à 10 %, même à cet horizon. L'objectif de 23 % d'énergies renouvelables assigné à la France par Bruxelles pourrait contraindre à relever la puissance éolienne installée jusqu'à 35 GW.

82. La France ne comptait fin 2007 que 2 000 éoliennes (600 engins nouveaux ont été installés en 2008), dont la puissance électrique moyenne est inférieure à 2 MW ; les progrès techniques devraient faire augmenter ce chiffre de moitié d'ici quelques années : 8 000 éoliennes de 3 MW = 24 GW supplémentaires.

83. Cette politique de prix majorés pour l'électricité éolienne, compensés par un supplément imposé au consommateur, a été lancée en Allemagne dès 1989. En France, elle est organisée par un arrêté de juillet 2006 : le tarif, garanti pour quinze ans, est fixe pendant dix ans (à 8,2 centimes le kWh – 13 centimes pour les engins offshore, alors que l'électricité n'est revendue au prix de gros que 6,5 centimes le kWh en 2008) et décroît ensuite en fonction de la productivité constatée. Ces tarifs élevés, réservés aux seules « zones de développement éolien » (voir note 91) assurent une forte rentabilité – de 20 à 30 % – aux investissements, qui bénéficient aussi d'un régime fiscal favorable.

84. Il pourrait s'agir d'énergie solaire plus souvent dans leur cas que dans celui des pays du Nord, obligés par la nature à préférer l'énergie éolienne. Mais, comme nous l'avons vu, le captage de cette énergie par les procédés actuellement disponibles reste très coûteux, donc souvent hors de portée financière pour eux.

85. La capacité installée en Chine a déjà triplé depuis 2005 ; elle serait portée à 30 GW en 2020, selon les plans gouvernementaux. D'ici 2020, 70 % des composants des éoliennes, dont la plupart sont actuellement importés, devront être fabriqués sur place.

86. Avec 7,8 GW en 2006.

87. Une éolienne ne fonctionne, par nature, que quand il y a suffisamment de vent, soit moins de 3 000 heures par an en moyenne (1 850 heures par an en Allemagne, 2 200 en France, jusqu'à 4 530 heures par an pour des installations en Nouvelle-Zélande). De ce fait, la part de cette énergie dans la consommation d'électricité d'un pays (mesurée en térawattheure) est généralement inférieure à sa part dans la puissance installée (mesurée en gigawatt). Une centrale thermique ou nucléaire fonctionnant quasiment en continu fournira du courant 7 000 à 8 000 heures par an, arrêts pour entretien déduits, soit 7 à 8 TWh pour 1 GW, alors que 1 GW d'éoliennes ne donnera en moyenne que 2 à 3 TWh annuels. Il est frappant de voir que nos 63 GW nucléaires ne représentent que 56 % de la puissance électrique installée en France (qui est de 112 GW) alors qu'ils fournissent 79 % du courant.

88. Cette démonstration est faite notamment dans le rapport d'orientation sur les enjeux énergétiques remis en novembre 2007 par la commission Syrota. D'autres auteurs, comme C. Gérondeau, auteur de *L'Écologie, la grande arnaque*, estiment que l'énergie éolienne *augmente* en réalité les émissions de CO₂, du fait des centrales thermiques qui doivent l'accompagner (seules les centrales au gaz ou au fuel – et l'hydroélectricité, mais ses capacités sont déjà presque saturées en France – peuvent réagir assez vite pour compenser les brusques variations de l'apport d'énergie éolienne). À l'inverse, l'ADEME fait observer que les appels de pointe de puissance électrique, en hiver, coïncident assez bien avec les périodes les plus ventées.

89. Plus de la moitié de la production électrique allemande vient du charbon et du lignite, encore plus polluant ; tout en étant leaders mondiaux de l'éolien, nos voisins d'outre-Rhin ont ainsi vu leurs émissions de CO₂ par habitant venant de l'énergie croître de 1,2 % entre 2000 et 2005, au lieu de baisser. L'Espagne, deuxième grande puissance éolienne mondiale, a connu une augmentation de 10,4 % sur la même période ; seul le Danemark a réussi à obtenir une baisse de 11 %, mais en doublant ses importations d'électricité. Ces éléments figurent dans une étude publiée début 2008 par la Fédération de l'environnement durable, qui rassemble des associations hostiles aux éoliennes, mais ils sont confirmés aussi bien par RTE, agence officielle français du réseau de transport d'électricité, qui note que « les excursions de puissance à satisfaire par les équipements thermiques [sont accrues] de manière de plus en plus conséquente quand le parc éolien s'étoffe », que par des experts indépendants.

90. Une éolienne de 3 MW atteint 100 mètres de diamètre (125 mètres à La Chaussée-sur-Marne) et les implantations tendent à se situer sur des points hauts. La puissance unitaire limitée de ces engins oblige à les installer en série, multipliant les nuisances visuelles et sonores. Il est vrai que le problème du bruit a largement été atténué dans les nouvelles installations – celui d'une éolienne située à 300 mètres ne dépasserait pas 45 décibels, soit l'équivalent d'un bureau calme... L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement (AFSSET), tout en préconisant des études préalables systématiques, a montré, dans un rapport de mars 2008, l'absence de conséquences sanitaires sur l'audition. L'Académie de médecine recommande cependant d'installer les éoliennes puissantes (plus de 2,5 MW) à au moins 1 500 mètres des habitations et voudrait en faire des installations classées. Certains écologistes s'inquiètent aussi d'effets négatifs sur les oiseaux migrateurs, rapaces et chauves-souris ; ces effets semblent cependant limités. Mais l'effet sur les paysages demeure.

91. La loi française impose un permis de construire dès 12 mètres de hauteur, une étude d'impact et une enquête publique pour les projets de plus de 50 mètres de haut et une garantie financière pour la remise en état des sites après exploitation. La puissance des fermes éoliennes a pendant des années été plafonnée à 12 MW. Depuis juillet 2007, les engins doivent, pour bénéficier des tarifs publics avantageux, être installés sur des « zones de développement de l'éolien » réservées ; le gouvernement a précisé que les éoliennes de l'ambitieux programme issu du Grenelle de l'environnement seront réalisées en priorité sur des friches industrielles et loin des sites emblématiques. Enfin, une proposition de loi cosignée par plus de 70 sénateurs, déposée en avril 2008, soumettrait à une consultation par référendum l'implantation de tout engin de plus de 50 mètres de haut !

92. Les premiers promoteurs de cette méthode ont été les Danois, à Vindeby en 1991. Ils disposent maintenant de plus de 500 MW de puissance éolienne offshore ; il faut dire que leurs capacités d'accueil au sol tendent à la saturation, avec plus de cinq mille engins déjà en place, soit un tous les 8 km²... L'Allemagne, qui a déjà exploité la plupart des sites disponibles à terre, prévoit d'installer jusqu'à 25 GW de puissance éolienne en mer d'ici 2020 (cf. note 74) ; un projet démarre en 2009, en mer Baltique. Les Britanniques, en attendant de couvrir toutes leurs côtes (note 76 ci-dessus). Le premier parc éolien marin français, d'une puissance de 105 MW, a été installé en 2005 en Seine-Maritime ; deux nouveaux projets de plus grande puissance (700 MW chacun) sont annoncés au large du Tréport et de Cherbourg.

93. Le kilowattheure nucléaire français coûte 2,6 centimes d'euros à la production (chiffre officiel publié au JO du 27 juillet 2006) et même 1,2 seulement en cas de prolon-

gation de la durée de vie des réacteurs, une fois l'investissement initial amorti, mais 5,5 centimes pour le nouvel EPR ; le kWh thermique (venant de combustibles fossiles, comme une centrale au gaz à cycle combiné) 4 à 5 centimes, voire plus avec la récente hausse des prix, alors que l'énergie éolienne terrestre coûte 5 à 8 centimes par kWh (50 à 80 euros par MWh), l'éolien offshore 13 centimes et le solaire 25 à 50 centimes par kWh.

94. Les cellules photoélectriques installées sur les toits, par exemple, convertissent la lumière en courant électrique continu, lui-même transformé en courant alternatif consommé sur place ou vendu au réseau à prix subventionné.

95. Chaque mètre carré orienté face au soleil à midi par ciel bleu reçoit du soleil une puissance de 1 kW – chiffre à réduire de moitié en hiver à nos latitudes, du fait des brumes et de l'épaisseur plus importante de l'atmosphère traversée.

96. Couvrir 2 % seulement du Sahara suffirait à alimenter toute l'Europe en électricité ; l'exploit paraît tentant, mais ces 2 % représentent tout de même 100 000 km², soit 100 milliards de m² de panneaux, chiffre sans commune mesure avec les capacités de production actuelles (quelques millions de m²) ou même à venir ! Cependant, un programme dit TREC, conçu par des ingénieurs allemands, a reçu le soutien de parlementaires européens ; la production électrique serait assurée dans le Sahara par des centrales à concentration de lumière (100 GW au total !) et transportée par une ligne électrique sous-marine entre l'Algérie et l'Europe ; le financement reste à trouver...

97. Chacun comprend qu'elle est plus facile à mobiliser dans les pays chauds et secs que dans les pays du Nord qui, paradoxalement, en sont les grands promoteurs !

98. Il n'y a en effet pas d'économie d'échelle : un générateur de 100 kW coûte autant que 10 unités de 1 kW. La plupart des 2 millions de systèmes installés dans le monde actuellement sont de petites installations techniques, allant des satellites au balisage maritime (la quasi-totalité des phares et balises en fonctionnement dans le monde sont déjà photovoltaïques) et aérien au mobilier urbain et à l'électrification rurale.

99. L'énergie photovoltaïque reviendrait quatre fois moins cher, dans les régions sous-développées et isolées, que le recours à des générateurs thermiques classiques ; elle devrait être encouragée par la mise en place de microcrédits, qui s'amortiraient en trois à quatre ans. Le coût total d'équipements solaires pour tous les foyers non desservis (1,6 milliard d'humains) ne dépasserait pas 150 milliards d'euros, qui peuvent être étalés sur trente ans par « générations » successives de prêts. Environ 1 million de maisons sont déjà alimentées de cette façon dans divers PVD : Inde, Indonésie, Philippines, Chine, Mexique, Bolivie, Kenya, Maroc...

100. Le rendement énergétique le plus élevé actuellement atteint est de 16 à 17 %, mais il nécessite l'emploi de technologies coûteuses (cellules monocristallines) ; des rendements autour de 10 %, soit une puissance fournie d'environ 100 W/m², sont plus courants ; les cellules les moins onéreuses (en silicium amorphe, voire en matière plastique – voir chapitre IV, page 84 et annexe 8) ont un rendement de 6 %, suffisant par exemple pour des installations en toiture qui servent en même temps de couverture.

101. Il s'agit là d'une estimation faible : le coût du kWh fourni se situe en fait actuellement dans une fourchette de 25 à 60 centimes sans stockage, et 1 à 1,50 euro avec stockage. Même à ces prix élevés (en réduction rapide toutefois : chaque watt de puissance solaire photovoltaïque coûtait plus de 20 euros en 1980, et 3 seulement en 2006), le solaire devient parfois compétitif, par exemple au Japon, où le kilowattheure courant est vendu depuis 2006 à 25 cents aux particuliers, qui du coup trouvent avantage à s'équiper en solaire photovoltaïque dans les régions sud.

102. La difficulté du processus de fabrication explique d'ailleurs que le bilan carbone de cette technologie soit assez médiocre. La fabrication industrielle du silicium très pur utilisé pour les cellules photovoltaïques nécessite un chauffage à haute température (1 500 °C), gourmand en énergie ; paradoxalement, le solaire émet donc du CO₂ – bien moins que les combustibles fossiles, mais plus que les énergies éolienne ou nucléaire ou l'hydroélectricité (*cf.* note 13). Le « temps de retour » (nombre d'années mis pour récupérer la quantité d'énergie consommée pour fabriquer un panneau solaire) est de deux ans à Marseille, mais quatre à Paris.

103. Les cellules à couches minces économisent le silicium, matériau onéreux (les prix ont flambé, atteignant 300 dollars le kilo courant 2007) et dont les fournisseurs peinent à suivre la demande. On espère parvenir à un coût de 5 centimes d'euros seulement par kWh d'ici 2030, grâce aux nouveaux matériaux, aux films ultra-minces à jonctions multiples et à la technologie des systèmes complets. Une autre technique, développée par le CEA, sera d'utiliser du silicium de qualité métallurgique (et non plus électronique) purifié par une torche à plasma, ramenant le coût à 40 dollars le kilo.

104. Avec des batteries classiques au plomb, le coût actuel du stockage de 1 kWh s'élève à 1 euro. En outre, la durée de vie de ces batteries est limitée. Mais les procédés innovants de stockage liquide ou sous forme d'air comprimé pourraient ramener ce coût à 3 ou 4 centimes par kWh ; voir chapitre IV, page 84.

105. Accumulateurs à sels liquides ou à air comprimé, économie hydrogène...

106. 70 % de ce total se situent en Europe (4 700 MW de puissance en 2007 sur un total mondial de 7 000), surtout en Allemagne (3 800 MW) et en Espagne (630 MW). Mais les nombreux projets en cours devraient doubler cette capacité en deux ou trois ans. La production mondiale de nouvelles cellules photovoltaïques a dépassé 3 000 MW en 2007.

107. 33 milliards d'euros de chiffre d'affaires mondial en 2007. On parle pour la première fois, en 2008, de crise de surproduction, mais la croissance attendue reste supérieure à 30 %, et ce ralentissement tout relatif va faire baisser les coûts, notamment ceux du silicium.

108. L'ONG Greenpeace espère que la puissance installée mondiale en énergie solaire atteindra 205 GW en 2020 ; Les prévisions, peut-être plus réalistes, publiées en août 2007 par Eurostaf portent sur une capacité de 65 GW, ce qui ne représenterait que 4 % de la puissance (et environ 2 % de la production) mondiale à cet horizon. Plus optimiste, l'Union européenne estime que la puissance installée dans le monde pourrait atteindre 1 000 GW en 2030 et couvrir alors 5 % de la consommation électrique totale.

109. La température du sol augmente avec la profondeur sur tout notre globe, de 3,3 °C par 100 mètres en moyenne, mais avec de fortes variations locales : 10 °C par 100 mètres en Alsace.

110. En 2005, on ne comptait que 450 000 pompes à chaleur en Europe, dont près de la moitié en Suède, la France venant au second rang avec 70 000 installations. Ces chiffres, très en deçà des possibilités, ont beaucoup progressé depuis grâce aux incitations fiscales ; *cf.* annexe 22.

111. La production mondiale d'électricité d'origine géothermique a été de 55 TWh en 2004 (pour une puissance installée de 9 GW, répartie entre 23 pays), soit 0,3 % du total ; sa part est encore plus faible en Europe : 5,5 TWh sur un total de 3 267 TWh produits en 2006, soit à peine plus d'un millième, selon Eurostat. La production directe de chaleur est plus importante : 80 TWh (pour une capacité de 26 GW, répartie entre 72 pays), venant pour moitié des nappes aquifères et pour moitié des pompes à chaleur.

112. Sa part est encore plus faible en Europe – à peine plus d'un millième.

113. Les principaux réservoirs géothermiques nationaux se trouvent en Île-de-France (réservoir du Dogger) et en Aquitaine. La seule centrale électrique géothermique française existante est celle de Bouillante, en Guadeloupe, qui fournit 100 GWh annuels, soit 8 % de la consommation d'électricité de ce département. La géothermie nous a fourni en 2007 l'équivalent de 715 000 tonnes de pétrole en énergie thermique et 95 000 TEP en énergie électrique. On en attend une contribution supplémentaire de 1 million de TEP à l'objectif d'économie de 20 millions de TEP retenu pour 2020.

114. Le « taux de charge » (proportion d'heures productives) annuel des centrales électriques à source géothermique s'établit au niveau élevé de 70 % en moyenne mondiale.

115. Il faut en revanche tenir compte d'une contribution indirecte relativement élevée au réchauffement climatique à travers l'énergie dépensée pour l'installer et la faire fonctionner. Ces émissions indirectes sont estimées à 55 grammes de CO₂ par kWh produit (soit 15 grammes de carbone contenu), ce qui est cinq fois moins que les centrales au gaz les plus modernes, mais trois fois plus que le nucléaire.

116. La photosynthèse réalisée grâce à la chlorophylle des plantes permet de transformer la lumière du soleil en hydrates de carbones (sucres) en absorbant du gaz carbonique et de l'eau et en rejetant de l'oxygène. Une tonne de biomasse (bois ou paille) sèche fournit une énergie équivalant au tiers de 1 tonne de pétrole.

117. 10,4 % selon l'AIE. Cet apport dépasse de loin celui de l'ensemble des autres énergies renouvelables, qui ne serait que de 2,7 % (mais, comme je l'ai dit plus haut, les statistiques de l'AIE sous-estiment l'apport de l'hydroélectricité et des ENR).

118. Et à la cuisine, sous forme de charbon de bois. Le brûlage du bois pour obtenir ce combustible très pratique (sa densité énergétique est double de celle du bois et il dégage moins de fumée) est une des grandes causes de la déforestation dans le tiers-monde.

119. La façon la plus efficace de produire de l'électricité à partir de la biomasse est son utilisation après gazéification dans des centrales à cogénération d'électricité et de chaleur. Cet apport représente un peu plus de 1 % de la production électrique mondiale.

120. D'après l'INRA, la France produit 4 millions de tonnes de paille utilisable, ce qui donnerait l'équivalent de 1,5 million de TEP.

121. Voir le rapport *Renewables in Energy Supply* de l'AIE. La contribution de la biomasse est difficile à évaluer compte tenu de son caractère très dispersé ; comment, par exemple, mesurer sérieusement les déjections animales, très utilisées comme moyen de chauffage en Asie du Sud ? En tout cas cet apport, estimé à un peu plus d'un milliard de TEP, se fait essentiellement sous forme de chaleur directe ; sa part dans la production mondiale d'électricité n'est que de 1,2 % (220 TWh sur un total de 18 000 TWh).

122. L'agglomération de Londres a dû, en 2008, suspendre les programmes en faveur de l'utilisation du bois comme source d'énergie, en raison d'un rapport montrant un accroissement des émissions de microparticules.

123. Le rapport du GIEC (groupe III) montre bien cette ambiguïté : pour lui, une large utilisation de la biomasse comme source d'énergie « peut avoir des effets environnementaux positifs ou négatifs ».

124. La biomasse a produit 11,2 millions de tonnes d'équivalent-pétrole en France en 2006 (soit 4 % de notre consommation énergétique globale, qui est de 275 millions de TEP), dont 9,3 apportées par le bois combustible, 1 million de TEP par les biocarburants et un peu moins de 1 million de TEP par la valorisation des déchets urbains. Elle devrait

fournir plus de la moitié du progrès attendu des énergies renouvelables à l'horizon 2020, qui est d'économiser 20 millions de TEP supplémentaires : la forêt existante en France (15,3 millions d'hectares) mieux exploitée – par exemple avec des cultures de peupliers à croissance rapide, qui peuvent produire trois fois plus de bois qu'une forêt classique – pourrait apporter au moins 6 millions de TEP de plus, sous forme de bois de chauffe pour les chaudières individuelles ou collectives et, avec les déchets végétaux, dans des systèmes de cogénération. La France dispose en outre de 500 000 hectares de terres peu propres à des cultures alimentaires, qui peuvent être plantées en sorgho ou en taillis à courte rotation, très productifs. Les biocarburants apporteraient 3 millions de TEP supplémentaires (voir note 126).

125. 6 millions de foyers français, soit près d'un quart du total, utilisent déjà le bois de chauffe ; il faudrait doubler ce chiffre, ce qui suppose la rénovation thermique de 6 millions de logements en une dizaine d'années. Les poêles modernes (il s'en est vendu 570 000 en 2007) sont perfectionnés, allégeant les contraintes de rechargement en bûches. Certaines chaudières sont alimentées automatiquement par des granulés ou « pellets » faits à partir de sciure de bois, très utilisés dans les pays nordiques. Un label « flamme verte » élaboré par l'ADEME avec les constructeurs garantit efficacité et sécurité.

126. Le bois apporte à l'UE près de 60 millions de TEP ; en Finlande, il couvre à lui seul la moitié des besoins de chauffage. Si on y ajoute les autres formes de biomasse, l'apport énergétique total pourrait dépasser 150 millions de TEP en 2020. Les forestiers appellent cependant l'attention sur la nécessité, pour protéger les sols et la biodiversité, de laisser au sol une partie des déchets verts.

127. Le biogaz, constitué d'un mélange de méthane (50 à 80 %), de CO₂ et d'autres gaz, est obtenu par fermentation anaérobie de matière organique (déchets urbains ou agricoles, boues d'épuration) dans de grands digesteurs ; 30 % environ du biogaz produit sert à maintenir la température du digesteur, le reste peut alimenter réseau de chaleur et turbine électrique.

128. 1 300 MW, au lieu de 580 actuellement ; ces apports s'ajouteront aux 700 MW qu'il est prévu de fournir en 2010 à partir de bois, de paille et divers résidus ; 22 centrales de ce type sont en construction, grâce à l'engagement gouvernemental de racheter cette électricité pendant vingt ans à un tarif de 12,8 centimes par kWh. L'UE produit déjà 5 millions de TEP annuelles à partir de biogaz.

129. Il s'agit d'oxyder le carbone et l'hydrogène de la biomasse pour obtenir de l'oxyde de carbone (CO) et de l'hydrogène (H₂), plus facilement combustibles.

130. À l'inverse, le rapport Stern attribue un rôle important à la biomasse, dont il voit la contribution presque tripler pour atteindre 2,6 milliards de TEP vers 2050, soit 15 % de la consommation énergétique mondiale.

131. Le bioéthanol est obtenu par fermentation alcoolique puis distillation des sucres ou amidons venant de céréales (maïs, blé), de la betterave ou de cannes ; il peut être utilisé quasiment pur, comme au Brésil, ou comme additif à l'essence – choix européen évitant la modification des moteurs et la mise en place de pompes spéciales – sous forme d'éthyl-tertio-butyl-éther (ETBE), dans une proportion qui peut atteindre 15, voire 20 %. Le biodiesel (diester) est obtenu à partir des graines de plantes oléagineuses – colza, coton, tournesol, palme ; il peut être utilisé directement comme carburant, ou en mélange – jusqu'à 30 % – avec du gazole classique. Les résidus (mélasse pour la filière alcool, tourteaux pour la filière huile) sont utilisés pour l'alimentation animale. Les agriculteurs peuvent même utiliser directement de l'huile non raffinée pour alimenter leurs tracteurs :

il suffit de disposer d'une simple presse. Ce procédé, utilisé en Allemagne depuis 2000, est licite en France depuis 2006, et l'huile utilisée est totalement détaxée. Mais les moteurs tendent à s'encrasser assez vite.

132. Le Brésil est le producteur d'éthanol le plus efficace dans le monde : le rendement obtenu, à partir de la canne à sucre, est maximum (près de 7 tonnes par hectare) et le coût de revient minimum : 0,25 dollar le litre, soit le tiers du coût européen. Il a réussi à imposer l'utilisation massive de ce biocarburant en incorporant 23 % dans l'essence et surtout en mettant en place un réseau de pompes à éthanol, si bien que la quasi-totalité des nouvelles voitures immatriculées fonctionnent désormais à l'alcool pur (voir chapitre VI). Une alliance commerciale et technologique sur ce sujet – considérée par certains comme l'amorce d'une « OPEP verte » – a été conclue en mars 2007 avec les États-Unis. Selon le président Lula da Silva, cette politique a permis au pays de réduire de 40 % la consommation de carburants fossiles et d'éviter d'émettre plus de 120 millions de tonnes de CO₂ en quatre ans (2003-2007). Depuis 2008, le gazole doit aussi incorporer obligatoirement 2 % de carburant d'origine végétale (soja, palme et bientôt jatropha).

133. La production mondiale d'éthanol s'est élevée à 51 millions de m³ en 2007 (36 millions de TEP), dont 21 millions aux États-Unis et 18 au Brésil (24 millions de m³ prévus en 2008), 3,8 millions en Chine, 2 en Inde et 2,5 en Europe. Celle de biodiesel est plus faible : 8,5 millions de TEP, essentiellement en Europe.

134. Le bilan écologique est cependant positif – sauf en cas de mise en culture de prairies ou de marécages, qui risque de libérer des GES accumulés dans le sol – car une grande partie du CO₂ émis lors de la combustion des biocarburants a été absorbée pendant leur croissance ; en net, le gain serait de 40 à 60 % pour le biodiesel et 70 % pour l'éthanol. Les biocarburants ne contiennent ni plomb ni hydrocarbures aromatiques (HAP) et peu de soufre et de particules ; mais ils peuvent conduire à une acidification des sols et à la formation d'aldéhydes (à l'origine du *smog* urbain) et d'oxydes d'azote. Tout dépend en fait de la quantité d'engrais et de pesticides utilisés pour les produire.

135. Une équipe de chercheurs pilotés par Paul Crutzen, prix Nobel de chimie 1995 (cf. page 131), réévalue à la hausse les émissions de protoxyde d'azote, GES trois cents fois plus puissant que le CO₂, liées aux engrais azotés utilisés pour produire des biocarburants ; le taux de conversion de l'azote de ces fertilisants en NO₂ serait de 3 à 5 % et non de 1 %, chiffre retenu par le GIEC, ce qui conduirait à attribuer au litre de biocarburant un effet de serre allant jusqu'au double de celui du carburant fossile (*Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, septembre 2007). Une autre étude (*Science*, février 2008) obtient le même résultat (pour l'éthanol à base de maïs), mais en se fondant sur le défrichage de forêts et de prairies. Toutefois, les marges d'erreur sont importantes ; et tout dépend des lieux et des techniques de production ; la canne à sucre, notamment, offre toujours un bilan écologique positif.

136. Le patron de Nestlé, P. Brabeck, leur a emboîté le pas, déclarant (en mars 2008) qu'avec les biocarburants « il n'y aura plus rien à manger ». Ce propos rejoint celui de l'économiste français B. Parmentier, pour qui « soit on mange, soit on roule » ; il n'est pas réellement fondé, ne serait-ce que parce qu'il suppose un objectif de 20 % (au lieu de 10 %) de biocarburants et néglige l'apparition des biocarburants « de seconde génération ».

137. Le rapport rédigé par D. Mitchell, senior économiste de la Banque mondiale, et en principe confidentiel, a largement « fuité » dans la presse en juillet 2008. Il considère les biocarburants comme responsables d'une hausse de 75 % des prix d'un panier de

produits alimentaires entre 2002 et 2008 (contre 15 % seulement pour la hausse des prix de l'énergie et des matières premières) ; épargnant le bioéthanol brésilien, il met en cause les productions faites à partir de colza et de tournesol en Europe, et de maïs aux États-Unis. Les Américains considèrent, eux, que les biocarburants n'expliquent qu'une hausse de 3 % des prix alimentaires...

138. Notamment en Indonésie, aux Philippines, en Thaïlande, au Yémen, en Bolivie, à Haïti, en Égypte, au Maroc, en Éthiopie et dans toute l'Afrique occidentale et centrale au printemps 2008. Ce sont des signaux graves, mais on ne peut sérieusement en attribuer toute la responsabilité aux biocarburants.

139. Les 80 millions d'Égyptiens sont les plus gros consommateurs de pain du monde : 400 grammes par jour et par personne. Par rapport au niveau de fin 2004, les prix du riz et du maïs à la Bourse des matières premières de Chicago ont été multipliés par 2,8 et ceux du blé par 3, après avoir même atteint un multiple de 4 en mars 2008.

140. 0,6 % seulement de la récolte mondiale de blé est distillée. L'argument de la concurrence biocarburants/cultures alimentaires est plus convaincant dans le cas du maïs, dont un dixième est transformé en éthanol ; ce prélèvement est substantiel, mais pas ingérable : il n'a pas entraîné de baisse des exportations des États-Unis, premier producteur et distillateur mondial, et il reste des terres libres en Amérique du Nord (voir note 147). La flambée des prix de la traditionnelle « tortilla » (galette de maïs) nourriture de base de la population, a provoqué des manifestations au Mexique, en 2007, aux cris de « sans maïs, pas de pays ! ». Mais le pays, autosuffisant en maïs jusqu'au milieu des années 1970, s'en est détourné en raison de son industrialisation ; la forte hausse du prix des céréales fait suite à des années d'importations à bas prix.

141. Voir annexe 35 : les prix sont retombés de moitié entre leur pic du printemps 2008 et l'automne de la même année.

142. L'Inde, le Brésil, l'Indonésie, l'Égypte, le Kazakhstan et le Cambodge ont suspendu en 2008 leurs exportations de riz pour préserver leur marché intérieur, et le Vietnam a plafonné les siennes. L'Ukraine et l'Argentine ont bloqué ou plafonné leurs livraisons de blé, la Russie surtaxé ses exportations.

143. Un Lester Brown, président de l'Earth Policy Institute, estime que « nous entrons dans un nouveau monde, où le prix du grain sera guidé par celui du pétrole ». En réalité, c'est la demande *globale* de céréales, influencée par de multiples facteurs (choix économiques des agriculteurs, politiques publiques, évolution de la consommation, climat), qui détermine les prix. Mais ceux-ci sont aussi conduits par les anticipations des marchés des matières premières, sur lesquels les *hedge funds*, échaudés par la crise des marchés financiers et la baisse du dollar, se sont reportés...

144. Faut-il au demeurant se plaindre que les producteurs agricoles, qui forment encore la masse des pauvres dans les PVD, soient mieux rémunérés ? La FAO, responsable de la situation alimentaire dans le monde, a d'abord vu dans les biocarburants, à juste raison, une opportunité de développement pour les pays du Sud. Le rapport conjoint qu'elle a publié avec l'OCDE en juillet 2007 notait que l'augmentation des prix, due en partie seulement aux biocarburants, apporte un complément de revenu précieux aux agriculteurs pauvres et que, pour ce qui concerne nos pays, les matières premières pèsent peu dans le prix de vente : 20 % de hausse des prix agricoles génèreraient seulement 1 % de hausse des produits finis. Le nouveau rapport conjoint publié en mai 2008 est nettement plus critique. Il estime que « la conversion de certaines cultures en combustibles peut accroître les prix alimentaires et freiner les efforts de lutte contre la faim dans le

monde » et prévoit que les prix alimentaires se normaliseront, mais à un niveau plus élevé qu'auparavant (+ 20 % pour la viande, + 40 à 60 % pour le blé et le maïs, + 80 % pour les huiles) ; les biocarburants pourraient être responsables pour *un tiers* de la hausse des prix alimentaires dans les dix ans à venir.

145. L'UE verse aux agriculteurs des subventions pour les encourager à laisser une partie des terres (1,5 million d'hectares en France) en jachère. Le comble est atteint lorsqu'on se trouve, comme à l'automne 2007, face à une surproduction de betteraves sucrières – qui pourraient pourtant fournir des biocarburants – et à un plan de réduction de 6 millions de tonnes de la capacité de production européenne, imposé par Bruxelles ; pour l'UE, tout est donc une question de prix et de volonté et non de capacité...

146. Selon les autorités américaines, les exportations de blé atteindraient 35,5 millions de tonnes pour la campagne 2007-2008, soit 42 % de plus que l'année précédente, celles de riz 3,5 millions de tonnes (+ 17 %) et celles de maïs 63 millions de tonnes (+ 16 %).

147. Aux États-Unis, 16 millions d'hectares en friche sont subventionnés par le gouvernement. De grandes surfaces (23 millions d'hectares) restent aussi disponibles en Russie, en Ukraine et au Kazakhstan ; de vastes terres sont encore disponibles au Canada, et même dans les pays en développement, notamment en Afrique (voir chapitre VIII, note 63).

148. Les cultures actuellement dédiées aux biocarburants représentent une dizaine de millions d'hectares, soit moins de 1 % des terres arables de la planète. L'AIE estime que les objectifs annoncés par les différents pays feront passer cette part à 2,5 ou 3,8 % du total, selon les scénarios.

149. Le président brésilien souligne que la canne à sucre (dont, de plus, la fibre est brûlée pour fournir de l'énergie renouvelable) ne prend pas la place de cultures alimentaires et que la production croissante de biocarburants n'a pas empêché le pays de devenir l'un des principaux exportateurs agricoles. Les 3 millions d'hectares consacrés par le Brésil à la production de biocarburants ne représentent que 1 % des terres arables – 5 % des terres effectivement cultivées ; mais ils devraient passer à 15 millions d'hectares d'ici dix ans ; selon les autorités, les surfaces dédiées seront augmentées par substitution à l'élevage et à la culture d'oranges et non par prélèvement sur la forêt amazonienne, dont le climat serait peu propice. Ce n'est pas impossible, mais une réelle vigilance sera nécessaire.

150. Le diesel représente la moitié de notre parc automobile et les trois quarts des nouvelles immatriculations.

151. Les rendements énergétiques sont très différents selon les cultures : le plus bas est celui du colza (1 TEP par hectare) ; les céréales sont plus efficaces (1,5 TEP par hectare pour le blé, 2 pour le maïs) ; la plus productive en Europe est la betterave (3,3 TEP par hectare), et dans le monde la canne à sucre brésilienne (près de 5 TEP par hectare, étant rappelé que 1 tonne de biocarburant = environ 0,7 TEP). On voit aisément que même en y consacrant toute la surface de notre pays (55 millions d'hectares), aucun biocarburant ne pourrait fournir toute l'énergie consommée actuellement en France, soit environ 275 millions de TEP. Si l'on voulait seulement couvrir toute notre consommation pour les transports, il faudrait 40 millions de tonnes de biodiesel et 13 millions de tonnes d'éthanol (nos véhicules brûlent chaque année 30 millions de tonnes de gazole et 10 millions de tonnes d'essence) ; les surfaces à cultiver dépasseraient encore largement la totalité de nos terres arables (environ 20 millions d'hectares).

152. Ce *prix de revient* n'est que de 25 *cents* pour la canne à sucre brésilienne, 35 pour la canne australienne, mais il monte à 40 *cents* le litre pour le maïs américain, 50 pour le maïs chinois et 70 pour la betterave européenne. Le prix de vente sur le marché de Londres est voisin de 40 *cents* le litre. Compte tenu d'une surconsommation d'un tiers environ par rapport aux carburants classiques, une détaxation partielle est souvent nécessaire. On considère en général que la compétitivité économique des biocarburants est atteinte avec un baril de pétrole à plus de 60 dollars ; à 100 dollars le baril, le pétrole coûte 63 *cents* le litre avant raffinage et taxes, ce qui rendrait les biocarburants européens rentables même sans aides. Par ailleurs, une mesure pertinente du point de vue écologique est le coût de la tonne de CO₂ évitée : ce coût s'établirait, selon l'INRA, à 300 euros par tonne, soit un niveau bien supérieur à celui d'autres filières.

153. C'est ce que conclut le rapport FAO/OCDE précité : « la capacité des agrocarburants à couvrir une part importante des besoins énergétiques des transports sans nuire aux prix alimentaires ou à l'environnement est très limitée. »

154. Les vrais successeurs du pétrole seraient alors le bois et la culture à grande échelle, avec très peu d'engrais et aucun pesticide, de nouvelles plantes : le jatropha – arbuste qui a le grand avantage de pousser en zone semi-aride, évitant d'empiéter sur les terres fertiles – qui donnera du biodiesel, et le panic qui donnera de l'éthanol ou de l'hydrogène.

155. Telle est aussi la position du commissaire européen à l'énergie, A. Piebalgs (déclaration de janvier 2008). N'oublions pas qu'il faut des millions d'années et 200 tonnes de matière végétale pour produire un litre de pétrole, contre 15 kilos de matière pour produire 1 litre de biocarburant de façon renouvelable... Un bilan écologique et énergétique complet des biocarburants de première génération a été demandé à l'ADEME fin 2007 pour éclaircir ces points.

156. Les prévisions de l'AIE sont beaucoup plus prudentes : pour elle, les biocarburants ne dépasseraient pas 4 à 7 % de la consommation mondiale de carburants en 2030. La part des terres arables qui leur serait consacrée passerait de 1 % actuellement à 2,5 (hypothèse basse) ou 3,8 % (hypothèse haute).

157. Une centrale nucléaire civile est construite autour d'une « pile atomique » utilisant l'énergie de fission de l'uranium comme une bombe A, mais de façon contrôlée et non explosive. L'uranium doit d'abord être enrichi en isotope U235, le seul fissile ; il est ensuite stocké dans des barres de combustible et placé dans le réacteur avec un modérateur ; la chaleur provoquée par cette fission contrôlée est récupérée par un liquide (de l'eau pressurisée, dans le modèle en usage en France) et transformée en vapeur pour faire tourner les alternateurs et produire de l'électricité.

158. Comme l'a dit le président Sarkozy à la tribune de l'ONU lors du sommet sur le changement climatique organisé par les Nations unies en septembre 2007, « le nucléaire n'est pas un gros mot ».

159. Exactement 18 235 TWh en 2005 contre 6 121 en 1973, soit un triplement en trente-deux ans – 1 térawatt (TW) correspond à 1 000 milliards de watts, unité de *puissance* électrique, alors que le wattheure mesure la *production* et la consommation sur la durée. Par exemple, une centrale de 1 000 MW (soit 1 GW, ou milliard de watts) fonctionnant 24 heures sur 24 produirait en un an (8 760 heures) le maximum théorique de 8,76 TWh. Une centrale moderne a une puissance de 1 450 à 1 650 MW (1,45 à 1,65 GW) et peut fournir 10 à 13 TWh annuels, soit la consommation électrique de plus de 1 million de Français. Les particuliers comptent plutôt en kilowattheure (kWh) : 18 000 TWh équivalent à 18 000 milliards de kWh.

160. En puissance installée, trois mille éoliennes de 2 MW chacune en moyenne, soit 6 GW, sont nettement supérieures à une centrale de 1 600 MW ; mais il ne faut pas oublier qu'une éolienne ne tourne que 2 200 heures par an en moyenne, contre 7 000 à 8 000 pour une centrale nucléaire, qui produit en continu à part les arrêts pour entretien ; la fourniture annuelle de courant est donc analogue dans les deux cas. Le raisonnement est le même pour le solaire.

161. Aux États-Unis, en Italie, en Allemagne, en Grande-Bretagne. « L'une des raisons pour lesquelles nos émissions de dioxyde de carbone remontent est que nous subissons déjà le freinage du nucléaire », expliquait le conseiller du gouvernement britannique pour l'énergie, D. King, fin 2005.

162. Notre pays construira 7 à 10 GW d'éoliennes dans les prochaines années, mais dans le même temps le parc de centrales thermiques à gaz augmentera de 9 GW : le programme d'EDF prévoit en effet la mise en service d'ici 2010 d'une dizaine de turbines à gaz et la réactivation de quatre unités fonctionnant au fuel... S'y ajoutent deux centrales de 800 MW chacune au charbon, le combustible le plus polluant (environ 900 grammes de CO₂ par kWh produit – voir note 164), projetées par Endesa et Poweo près du Havre. Aucun de ces projets ne captera à la source le gaz carbonique. Le gestionnaire du réseau de transport électrique français, RTE, demande dans son rapport de juillet 2007 une augmentation de puissance de 23,5 GW d'ici 2020 : le solde serait apporté par 7 GW d'éoliennes et une seule centrale nucléaire, l'EPR de Flamanville ; ce scénario conduirait la part des ENR dans la production totale à 15 % (11 % d'hydraulique + 4 % d'énergies nouvelles) – donc, encore loin de l'objectif – avant 2020.

163. Projections de la DGEMP sur la base des politiques en place au 1^{er} janvier 2008, en supposant une prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires actuelles, sans nouvelles constructions. La mise en service de nombreuses centrales électriques à « cycle combiné » (gaz) pour répondre aux besoins en « semi-base » conduirait les rejets de CO₂ à augmenter de 2,7 % par an d'ici à 2030.

164. Tous frais de construction et de transport inclus, une centrale nucléaire n'émet que 6 grammes de CO₂ par kWh produit, contre 30 grammes par kWh pour l'énergie éolienne, 400 pour le gaz, 800 pour le fuel et 900 pour le charbon.

165. Grâce au nucléaire et à l'hydroélectricité, EDF n'émet *en moyenne* que 103 grammes de CO₂ par kWh produit, contre 410 pour le Suédois Vattenfall, 518 pour l'italien ENEL, 550 pour l'espagnol Endesa, et 457 et 761 respectivement pour les Allemands E. ON en RWE (selon une étude Price Waterhouse de 2005). L'Européen moyen rejette seulement 353 grammes de CO₂ par kWh produit, contre 720 grammes pour l'Américain moyen.

166. Par exemple, les 58 réacteurs en service dans notre pays permettent d'économiser plus que le total du quota national d'émissions alloué à nos industriels. Sans l'électricité d'origine nucléaire, l'Europe émettrait chaque année 700 millions de tonnes de CO₂ supplémentaires et le monde 2 milliards de tonnes, soit 7 % du total actuel.

167. Voir note 93. Le prix de 5,5 centimes par kWh tient compte de la réévaluation du coût de l'EPR (4 milliards d'euros d'investissement au lieu de 3,3 milliards) annoncée par EDF en décembre 2008 ; le prix précédemment annoncé était de 4,6 centimes par kWh.

168. L'uranium est assez abondant dans la nature et quasi inépuisable si l'on l'extrait de l'eau de mer. Les seules réserves *prouvées* atteignent 3,3 millions de tonnes (en 2006), pour une consommation annuelle de 64 000 tonnes, soit cinquante ans au niveau actuel. Mais la hausse du prix de ce minerai – tombé à environ 30 dollars la livre pendant vingt

ans, il a triplé de 2005 à 2007 (atteignant même 130 dollars sur le marché spot, avant de retomber à moins de 70 dollars en 2008) – rend économiquement exploitables des gisements qui ne l'étaient pas ; les réserves réelles (1,5 million de tonnes supplémentaires probables, 15 millions de tonnes à découvrir, 20 millions de tonnes à tirer des gisements de phosphate) représentent plusieurs siècles de consommation. De plus, les réacteurs récents consomment de moins en moins d'uranium ; cf. annexe 9.

169. L'Australie détient à elle seule le quart des réserves mondiales, le Kazakhstan 15 %, le Canada 13 %. En production effective, c'est le Canada qui vient en tête avec 9 800 tonnes extraites en 2005, devant l'Australie (7 600 tonnes) et le Kazakhstan (5 300 tonnes).

170. On peut se réjouir de voir un pays très démuni comme le Niger disposer là d'une richesse en cours de revalorisation, puisqu'il est actuellement le quatrième producteur mondial (avec 3 400 tonnes extraites en 2005), après les trois pays précités : l'accord conclu en août 2007 avec Areva relève de 46 % le prix du minerai, à 61 euros le kilo.

171. Areva a conclu en 2007 un accord avec le Maroc pour extraire de l'uranium de ses vastes gisements de phosphates (ils recèleraient 6 millions de tonnes de ce métal).

172. Le thorium pourrait être une source complémentaire de diversification, dont la mise en œuvre débute en Inde. Pauvre en uranium, ce pays dispose, dans le Kerala, de 25 % des réserves mondiales de ce combustible d'avenir : il engendre de l'uranium 233, matériau fissile très énergétique ; la filière produirait deux fois moins de déchets et serait peu propice à des usages militaires. L'Inde a lancé début 2008 un prototype à eau lourde alimenté au thorium.

173. Nous importons trois quarts de notre énergie il y a trente ans. Malgré les hausses récentes, notre facture énergétique (45 milliards d'euros en 2007, dont 36 milliards d'euros pour les 80 millions de tonnes de pétrole importées) reste inférieure à 3 % du PIB, au lieu de 5 % en 1981. L'énergie fournie par les centrales nucléaires françaises équivaut à 30 millions de TEP non consommées, soit 20 milliards de dollars pour un baril à 100 dollars.

174. Malgré des exportations représentant encore 10 % de sa production en 2007, EDF doit désormais faire appel aux pays voisins pour couvrir l'appel de puissance lors des pics de consommation (elle a atteint 89 GW en décembre 2007, obligeant à importer en net 1 600 MW) ; les tarifs sont malheureusement bien plus élevés en période de pointe : ils ont atteint 23,7 cents le kWh le 17 décembre 2007. En hiver, une baisse de température d'un degré entraîne un appel de puissance supplémentaire de 1,7 GW. La demande croît pourtant beaucoup moins vite qu'avant dans notre pays (+ 1,3 % par an), mais la capacité maximum (112 GW dont 97 pour EDF, auxquels s'ajoutent les potentiels, limités, de Suez et d'Endesa) est proche d'être saturée : l'appel de puissance de pointe prévu pour EDF est de 95 GW en 2010 (soit un tiers de plus que la puissance mobilisable de nos 58 réacteurs nucléaires en service) et 103 GW en 2020. En outre, selon l'étude précitée de la DGEMP (note 163), la construction des nouvelles centrales thermiques conduira nos importations de gaz naturel à augmenter de moitié dès 2020.

175. L'explosion de la centrale de Three Mile Island, aux États-Unis, qui a fait craindre la fusion du cœur du réacteur, date de 1979. Celle de Tchernobyl en Ukraine, qui a causé des milliers de morts par irradiation, entraîné des retombées radioactives sur toute l'Europe et durablement contaminé son entourage, date de 1986.

176. Les électriciens allemands vont devoir investir 30 milliards d'euros d'ici 2020 dans des centrales conventionnelles brûlant des combustibles fossiles, pour obtenir une puissance supplémentaire de 31 GW. Est-ce là une politique écologique ?

177. Ces deux pays risquent de manquer d'un bon tiers les objectifs de réduction des émissions de GES par rapport à 1990 fixés à Kyoto, bien que chacun d'eux dépasse 20 % d'énergies renouvelables dans son « bouquet énergétique ». Ils vont devoir recourir massivement au rachat de permis d'émissions. Le Danemark en est d'autant plus gêné qu'il accueillera, fin 2009, le prochain sommet des Nations unies sur l'environnement. La campagne d'opinion « une tonne de CO₂ (par habitant) en moins » lancée par le gouvernement risque de ne pas suffire...

178. En effet, un scénario de sortie du nucléaire accroîtrait ces émissions de 12 % ; à l'inverse, tenir les engagements de Kyoto supposerait *à la fois* le doublement de la part des énergies renouvelables et le lancement rapide d'une centaine de tranches nucléaires, au lieu des deux seuls projets finlandais et français en cours...

179. Un sondage publié en mars 2007 par la Commission européenne indique que 61 % des Européens souhaiteraient que la part du nucléaire dans la production électrique diminue...

180. Cette puissance nucléaire civile mondiale de 370 GW (chiffres de 2006) est concentrée pour 56 % dans trois pays seulement : États-Unis (98 GW) ; France (63 GW) ; Japon (48 GW). Les autres puissances nucléaires civiles significatives sont la Russie (22 GW), l'Allemagne (20 GW) et la Corée (17 GW) ; 31 pays ont actuellement au moins un réacteur.

181. Contre 17 % dans les années 1990. Cette régression est due au sous-investissement. En 2005, le nucléaire fournissait encore 15 % des besoins : 2 768 TWh sur 18 235 TWh d'électricité produits dans le monde, selon l'AIE.

182. Cela n'a rien d'impossible : dans les années 1980, un réacteur nucléaire était mis en route tous les 17 jours dans le monde.

183. Comme l'a relevé le Congrès mondial de l'énergie, réuni en novembre 2007 à Rome, il faut aussi former de nouveaux ingénieurs et cadres spécialistes de cette filière, car une bonne part des formations ont été abandonnées au cours des dernières décennies, ce qui risque de freiner un redémarrage indispensable. La moitié des écoles formant des opérateurs spécialisés auraient arrêté ces formations au cours du dernier quart de siècle, selon Cap Gemini ; aux États-Unis, le nombre d'universités formant des ingénieurs nucléaires est tombé de 65 dans les années 1980 à 29 aujourd'hui. Et les équipes vieillissent : 40 % des spécialistes d'EDF partiront à la retraite d'ici 2015.

184. Le tiers de ces projets (115) se situe en Chine, 32 aux États-Unis, 28 en Russie, 25 en Afrique du Sud et 19 en Inde, selon la World Nuclear Association.

185. 290 d'entre eux atteindront quarante ans d'ici 2025.

186. Cette décision date de novembre 2002. L'UE suit en cela notre modèle : l'Autorité de sûreté nucléaire (rendue indépendante du gouvernement et fusionnée avec l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire par la loi de 2006), dispose de pouvoirs réglementaires, de police et de sanction ; elle exerce un contrôle sévère sur la sécurité des centrales en fonctionnement et sur le traitement des déchets. Ses 2 000 experts contrôlent l'exposition des personnes à toute forme de radioactivité ; ils doivent surveiller les risques réels de retombées... et calmer les imaginations. On oublie que les roches granitiques ou volcaniques, dont sont bâties bien des maisons bretonnes ou auvergnates, contiennent cent à mille fois plus radioactivité (le radon) que les rejets des installations nucléaires !

187. La durée de vie du parc est progressivement prolongée jusqu'à soixante ans aux États-Unis et quarante-cinq ans en Russie (pour les 12 usines de technologie UVER, différente de celle de Tchernobyl). En France, cette durée, initialement limitée à trente ans, est progressivement allongée à quarante ans. Il serait même envisageable d'aller jusqu'à cinquante ans, tant par souci d'économie (1 kWh produit par une centrale amortie ne coûte qu'1,2 cent – voir note 93) que pour étaler la charge du renouvellement.

188. Westinghouse propose l'AP 1 000 et General Electric l'ABWR.

189. Ils vont être suivis par un programme en Chine et peut-être en Grande-Bretagne.

190. Le nouveau réacteur à eau pressurisée (EPR), développé en coopération franco-allemande (Siemens détient 34 % d'Areva NP, qui le construit), devrait démarrer sur le site d'Okiluoto en Finlande en 2011 et à Flamanville vers 2012. La Chine en a commandé deux exemplaires en 2007. D'une puissance de 1 600 MW, il produit quinze fois moins de déchets nucléaires que la deuxième génération, consomme moins d'uranium (- 17 %) et est conçu pour durer soixante ans avec un taux de disponibilité de 91 %. Il offre une sécurité très renforcée, prévenant tout risque de fusion du cœur et permettant de résister aux explosions, aux séismes et même à la chute d'un avion en plein sur la centrale.

191. Cette remarque est faite par l'expert climatique J.-M. Jancovici. Les déchets nucléaires ultimes à longue vie et haute activité (après retraitement à La Hague, où ils restent stockés pour le moment) s'élèvent à 240 tonnes par an, soit 600 colis de déchets vitrifiés de 400 kilos chacun ; leur volume accumulé est de 2000 m³. Le volume des déchets à faible ou moyenne activité est beaucoup plus important – plus de 1 million de m³ – mais ils peuvent plus facilement être stockés en surface ; c'est déjà le cas dans la Manche et dans l'Aube.

192. Selon l'ASN (voir note 186), les rejets radioactifs de toutes provenances (centrales, mines d'uranium, industrie, médecine, retombées de Tchernobyl et des essais nucléaires) ont globalement diminué en France depuis 1995.

193. Et, selon l'AIE, 70 % des investissements nécessaires d'ici 2050.

194. Il semble établi que l'Iran a acquis des milliers de centrifugeuses destinées à enrichir l'uranium et a dissimulé à l'AIEA une partie de ses activités nucléaires – d'où un interminable conflit, risquant parfois de dégénérer en guerre ouverte, avec la communauté internationale. Hésitant entre sanctions et négociations, les pays avancés s'efforcent, comme dans le cas coréen, de convaincre le pays de renoncer à son programme militaire contre des fournitures garanties de combustible pour ses centrales civiles. Quant à la Syrie, l'installation mystérieuse bombardée par Israël en septembre 2007 serait une usine nucléaire militaire construite avec une aide technique nord-coréenne.

195. Le président de l'Autorité de sûreté nucléaire française, M. Lacoste, estime qu'il faut dix à quinze ans pour constituer une autorité suffisamment compétente et indépendante pour assurer la sûreté d'une filière nucléaire civile.

196. J'ai parlé plus haut de la Corée du Sud, pays très industrialisé, membre de l'OCDE, qui ne fait plus partie que nominalement du tiers-monde ; le nucléaire civil y est déjà très présent. Le cas de Taïwan est analogue.

197. La déclaration de N. Sarkozy à l'ONU date de septembre 2007. En fait, il est clair que nombre de PVD, par exemple en Afrique, n'ont actuellement pas les capacités techniques et sociétales nécessaires pour gérer un programme nucléaire civil aux normes très exigeantes – même s'il est vrai que beaucoup d'entre eux connaissent une société « duale » où des ingénieurs et experts de très haut niveau et des entreprises technologiques de pointe coexistent avec une paysannerie misérable et peu éduquée.

198. Il faudrait par exemple réunir les besoins en électricité d'une dizaine de pays d'Afrique de l'Ouest subsaharienne pour justifier la construction en commun d'une seule centrale nucléaire civile de bonne taille.

199. Plus difficile est le cas intermédiaire de pays de taille moyenne d'Asie du Sud-Est, du Maghreb ou du Proche-Orient, dont les capacités et les besoins justifieraient l'implantation de centrales nucléaires civiles, mais dont la stabilité interne, actuellement bonne, pourrait se trouver menacée. Il serait très souhaitable de favoriser des coopérations régionales, garantes de sûreté, entre ces pays.

Le programme le plus ambitieux est celui de l'Égypte, signataire du TNP, qui projette 4 réacteurs avant 2020 (pour 4 GW – la capacité actuelle du pays est de 21 GW et la consommation devrait tripler en quinze ans) ; ce programme, approuvé par toutes les grandes puissances, nécessitera la réorganisation de l'Autorité de l'énergie atomique. Le Maroc et la Tunisie ont conclu des accords sur la conception d'une filière nucléaire civile avec la France, et l'Algérie avec les États-Unis. La Libye, qui a renoncé, en 2003, au nucléaire militaire et ratifié en 2004 le protocole additionnel de l'AIEA autorisant les visites-surprise de ses inspecteurs (régime du « contrôle intégral ») projette la construction avec la France ou les États-Unis d'une centrale. Au Proche-Orient, l'Arabie Saoudite – en coopération avec les autres monarchies du Golfe et le Pakistan –, la Jordanie, qui compte inaugurer sa première centrale en 2015, et même le Yémen cherchent à se doter d'un programme nucléaire civil.

200. Ce risque n'a pas toujours été évité dans le passé. Outre les cas de la Corée du Nord, de l'Iran et de l'Irak, on peut s'interroger sur l'opportunité qu'il y avait à vendre – comme l'a fait la France elle-même – des équipements nucléaires « civils » au Pakistan, ou sur les projets actuels d'un État aussi instable que le Nigeria.

201. L'accord, certes fragile, conclu en février 2007 avec la Corée du Nord pour qu'elle renonce à son programme nucléaire militaire en échange de garanties et de fourniture d'énergie montre une issue possible. La Corée du Nord s'y est engagée à mettre fin à ses activités nucléaires militaires en neutralisant la centrale de Yongbyon (elle produisait le plutonium utilisé pour la bombe qui a explosé en octobre 2006), puis en éliminant ses armes nucléaires et les éléments permettant d'en constituer. En échange, les États-Unis fournissent des garanties de sécurité et de l'énergie à bon marché. L'application de l'accord se heurte à bien des difficultés – par exemple l'appui apporté à la Syrie par les Nord-Coréens en matière de nucléaire militaire.

202. L'explosion de la première bombe atomique indienne date de 1974. Le pays n'a jamais accepté de ratifier le TNP.

203. Les 45 pays membres du groupe des fournisseurs du nucléaire refusent par principe de commercer avec un pays n'acceptant pas les normes de contrôle international. L'Inde aurait pu contourner cet obstacle, grâce à ses vastes ressources en thorium (voir note 172). Mais le feu vert donné en 2008 (*cf.* note suivante) l'en dispensera sans doute.

204. L'accord nucléaire conclu en mars 2006 entre l'Inde et les États-Unis, qualifié des deux côtés d'« historique », autorise l'Inde à garder 8 réacteurs (sur 23, y compris ceux en cours de construction) à destination militaire et à laisser ses surgénérateurs – qui peuvent produire du plutonium militaire – en dehors des inspections de l'AIEA. Les États-Unis se sont engagés à fournir en permanence du combustible aux réacteurs indiens, malgré la non-ratification du TNP. Cet accord a été confirmé et complété en août 2007 par l'« accord 123 » ; les deux textes ont été ratifiés depuis par le Parlement indien (en juillet 2008, non sans vifs débats), et par le Congrès américain en octobre.

205. Cet accord conclu avec les 45 pays participant au commerce des technologies nucléaires permettra à l'Inde de se procurer tant le combustible que les investissements technologiques nécessaires à ses nouvelles centrales. En contrepartie, elle s'engage à maintenir son moratoire sur les essais nucléaires militaires et à respecter toutes les obligations du TNP.

206. Tel est le sens du Global Nuclear Energy Partnership proposé depuis 2006 par les Américains. Les Russes ont conclu un accord du même type avec l'Iran pour alimenter le réacteur civil de Bouchher et retraiter ses déchets.

Chapitre VIII

COMMENT PROTÉGER DURABLEMENT NOTRE PLANÈTE ?

1. Voir le rapport annuel *Planète vivante*, publié par le WWF. L'« empreinte écologique » correspond à la surface nécessaire pour produire les ressources pour la consommation d'une personne et absorber ses déchets. Les 11,4 milliards d'hectares de terres productives et d'espaces marins disponibles pour ces usages (1,8 hectare par Terrien) seraient, aux rythmes de croissance mondiaux actuels, insuffisants de moitié en 2050. Cette méthode, élaborée en 1992 par M. Wackenagel et W. Rees (Université de Vancouver), est reprise aujourd'hui par l'ONU comme par Eurostat.

2. Il semble difficile d'obtenir un net « découplage » entre croissance économique et augmentation de l'empreinte écologique, même si celui-ci s'amorce : selon l'OCDE, (*Perspectives environnementales pour 2030*) entre 1961 et 2003 le PNB mondial a quadruplé et l'empreinte « seulement » triplé.

3. Le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) confirme que « la quantité de ressources nécessaires pour faire vivre la population humaine dépasse les ressources disponibles ». Le surcroît d'empreinte écologique par rapport aux ressources de la planète serait de 30 % (*GEO-4*, novembre 2007). Selon son directeur, A. Steiner, « la facture que nous laisserons à nos enfants pourrait être impossible à régler ». Cette surconsommation est illustrée par le « jour du dépassement global », publié par l'ONG canadienne Global Footprint Network : les besoins de l'humanité ont commencé à excéder les capacités productives de la Terre en 1986. Depuis, le jour où elles sont totalement absorbées avance de plus en plus : en 1996, il tombait en novembre ; en 2007, c'était le 6 octobre ; en 2008, le 23 septembre...

4. Ce jugement figure dans le rapport des sénateurs Laffitte et Saunier sur la biodiversité de décembre 2007.

5. Les habitants des Émirats ont l'empreinte écologique la plus élevée du monde (12 hectares), ceux du Bangladesh, de la Somalie ou de l'Afghanistan la plus faible : moins de 0,5 hectare.

6. Une approche complémentaire est celle de chercheurs autrichiens, qui ont mesuré la part des ressources végétales appropriées à son profit par l'homme : elle atteindrait 24 % du potentiel végétal planétaire en moyenne, mais 63 % en Inde, 52 % en Europe du Sud-Est, 30 % en Chine, contre seulement 18 % en Afrique saharienne. Cette étude réévaluée à 15,6 milliards de tonnes l'appropriation humaine de carbone, au lieu de 11,5 milliards de tonnes (*PNAS*, juillet 2007).

7. Ce chiffre est confirmé par toutes les sources officielles : PNUE, PNUD, Banque mondiale, OMS et Unicef. Selon le rapport conjoint publié par ces deux dernières institutions pour la Journée mondiale de l'eau de mars 2007, le nombre d'humains ayant accès à l'eau potable (ce qui ne veut pas dire l'eau courante à la maison, puisqu'au total 3 milliards d'humains doivent se déplacer pour aller chercher de quoi boire ou se laver !) est passé de 4,1 milliards en 1990 à 5,3 milliards en 2004 ; mais, du fait de la croissance démographique, le nombre de personnes ne pouvant boire sans risques est resté quasiment stable : 1 070 millions en 2004 contre 1 190 quinze ans plus tôt.

8. 400 millions d'Africains manquent d'accès à l'eau potable – un chiffre en augmentation de 60 millions depuis 1990. Selon la Banque mondiale, seule une minorité accède à l'eau potable dans 10 pays d'Afrique subsaharienne, les taux les plus bas étant enregistrés en Éthiopie et au Tchad ; mais c'est l'Afghanistan qui détient le record mondial de la plus mauvaise performance, 13 % seulement de sa population en bénéficiant. Le Conseil mondial de l'eau confirme que 26 pays sont confrontés à une pénurie dramatique, disposant de moins de 20 litres d'eau buvable par jour et par personne, voire moins de 10 pour la moitié d'entre eux.

9. Les causes directes sont les dysenteries et diarrhées variées (3 millions de morts par an à elles seules, selon les *World Development Indicators* de la Banque mondiale, 4 à 5 selon l'OMS), ainsi que la fièvre typhoïde, le choléra, et autres maladies dues à l'ingestion d'eau polluée. Mais la présence d'eaux stagnantes permet la prolifération de moustiques ou autres vecteurs, causant indirectement des maladies telles que le paludisme, la dengue, et autres arboviroses. L'Unicef estime que, dans les pays pauvres, 80 % des maladies sont dues à de l'eau contaminée.

10. Selon les rapports donnés à la Journée mondiale de l'eau, le chiffre exact est de 2 612 millions, dont 2 milliards de ruraux. Ce chiffre n'a guère changé en quinze ans : il était de 2 710 millions en 1990.

11. *Nature*, novembre 2005. Selon les auteurs, un monde plus chaud signifie moins de chutes de neige en hiver et une fonte plus précoce, d'où un déficit d'alimentation en été et en automne, quand la demande est la plus haute, même si le volume global des précipitations était inchangé. L'exemple le plus fort est celui de l'Indus, le grand fleuve pakistanais, dont le débit provient à 70-80 % des glaciers de l'Himalaya. Leur recul compromet gravement l'alimentation de ce cours d'eau, qui souffre déjà de prélèvements excessifs et de pollutions d'origine agricole. Ces conclusions sont reprises par le GIEC, qui estime que plus d'un sixième de la population mondiale est menacé.

12. D'après le GIEC, les disponibilités en eau augmenteront de 10 à 40 % aux hautes latitudes (nord des continents européen, asiatique et américain) et dans les zones équatoriales (bassins de l'Amazonie, du Congo...) ou tropicales humides (Amérique du Sud), mais baisseront de 10 à 30 % dans les régions déjà peu arrosées.

13. Ces projections du groupe de travail II du GIEC, publiées en mai 2007, sont affectées d'un degré de confiance élevé (8 chances sur 10 de se produire) ; l'extension des surfaces touchées par la sécheresse n'est que « probable ». L'évaluation élevée du nombre de personnes qu'une disponibilité décroissante d'eau douce « pourrait affecter défavorablement » tient compte de la demande due à la hausse de la population et du niveau de vie.

14. Dans le bassin du Rhin, les variations seraient plus fortes, avec des crues plus hautes, mais des étiages plus bas et plus prolongés.

15. Selon les constats publiés à la Journée mondiale de l'eau en 2007. Pour le GIEC, jusqu'à 3,3 milliards d'humains seront exposés à des pénuries d'eau sévères en 2080.

16. Le PNUE définit le stress hydrique comme la situation d'un pays ne disposant pas globalement de ressources en eau atteignant 1 700 m³ annuels par personne ; selon cette définition, issue de la FAO et bien plus large que l'absence d'accès à l'eau potable, près de 40 % des hommes sont déjà actuellement dans cette situation, et cette proportion passerait à 55 % en 2030. La prévision avancée ici est celle du scénario Marchés d'abord. L'autre scénario présenté par le PNUE, dit « durabilité d'abord », suppose des actions volontaristes et une adaptation des modes de vie ; mais même dans ce cas, la proportion des personnes habitant des régions en manque relatif d'eau resterait proche de 40 %. Les perspectives environnementales de l'OCDE estiment le nombre de personnes vivant dans des régions sous « stress hydrique sévère » à 3,9 milliards en 2030, soit la moitié de l'humanité.

17. La liste complète comprend le Yangzi Jiang (Yang-Tse) en Chine (25 milliards de tonnes d'eaux souillées urbaines et industrielles y sont déversées chaque année, avec des conséquences très sérieuses sur la santé des riverains, mais aussi sur la biodiversité, comme on le verra plus loin), le Salouen et le Mékong en Asie du Sud-Est, l'Indus, le Gange indien, dont le débit se réduit de jour en jour, le Nil, dont 90 % des eaux sont déjà soutirées, le Rio Grande et le Parana-rio de la Plata en Amérique, le Murray-Darling en Australie (fin 2006, les débits de ces deux rivières, vitales pour tout le sud-est du pays, étaient réduits à 10 % de la normale), et le Danube en Europe.

18. On peut ajouter à cette liste des grands fleuves les plus en danger le fleuve Jaune (Hoang Ho) chinois ainsi que l'Amou Daria et le Syr Daria en Asie centrale – un pompage excessif pour l'irrigation dans ces deux fleuves entraînait la disparition progressive de la mer d'Aral. Si ce problème semble en voie d'amélioration (voir page 185), leur niveau de pollution reste préoccupant –, le Niger en Afrique et même le Colorado américain, surexploité.

19. Ce fait figure dans le rapport *GEO-4* du PNUE. Selon lui, l'utilisation d'eau augmenterait de moitié d'ici 2025 dans les PVD, et de 18 % dans les pays développés.

20. On estime par exemple que la Chine a déjà tiré les trois quarts de sa nappe phréatique : 103 milliards de tonnes, sur 130 de réserves présumées, qui ne se renouvelleront que lentement. Cette surexploitation s'est déjà traduite par des effondrements. Le Nord chinois est au total particulièrement mal loti : avec 60 % des surfaces cultivables et 45 % de la population, il dispose seulement de 15 % des ressources en eau du pays. L'épuisement de la nappe phréatique menace aussi les pays sahariens et sahéliens d'Afrique, et même le sud des États-Unis (Arizona).

21. Trente millions de personnes seraient exposés à des taux d'arsenic supérieurs à la norme de 0,01 milligramme par litre admise par l'OMS. Dans certaines régions au sud de Dacca, 80 % des nappes phréatiques connaissent des taux cinq fois supérieurs au maximum admis. Ce problème est d'autant plus préoccupant qu'il résulte en partie de l'effort fait par l'Unicef et d'autres organisations pour creuser des puits afin de fournir une eau propre aux habitants ; des solutions pourraient être apportées par des techniques de filtration, par des bactéries actives ou même par des plantes capables d'accumuler l'arsenic dans leurs feuilles (voir chapitre IV, page 94 et note 148).

22. Commentaire de David D. Zhang, de l'Université de Hong Kong. Les auteurs de l'étude parue dans *Human Ecology* en juillet 2007 montrent que les cycles de guerre dans l'histoire chinoise sont étroitement liés aux « oscillations de la production agricole

provoquées par les changements climatiques de long terme ». Dès 1995, un article d'Ismail Serageldin, alors vice-président de la Banque mondiale, exposait ce souci : « Les guerres du prochain siècle seront pour l'eau. » Le baromètre des crises publié par l'Institut spécialisé d'Heidelberg recense 278 conflits dans le monde en 2006, dont 52 liés à l'accès aux ressources naturelles.

23. Un tiers des frontières internationales longe un cours d'eau. Un rapport du PNUE, *Le Changement climatique, risque sécuritaire*, publié en décembre 2007, souligne le risque de conflits politiques ou même militaires dans des régions comme l'Afrique du Nord, l'Afrique australe, l'Asie du Sud – touchée à la fois par le retrait des glaciers himalayens, les changements de la mousson et les cyclones –, la Chine et les Caraïbes. Pour tempérer les passions, les Nations unies ont créé auprès de l'Unesco un Service de coopération de l'eau.

24. Voyez les problèmes d'accès aux eaux du Jourdain entre Israël et ses voisins, ou à celles du Tigre et de l'Euphrate entre Turquie, Syrie et Irak. La construction du barrage Atatürk sur l'Euphrate pour irriguer le sud-est de l'Anatolie est par exemple un point de conflit avec la Syrie et l'Irak, qui dépendent aussi largement de ce fleuve. Le partage des eaux du Nil suscite des tensions entre l'Égypte, le Soudan et l'Éthiopie, comme celles du Niger et du Sénégal entre les pays riverains.

25. Le rapport 2007 du GIEC prévoit une aggravation de la sécheresse dans l'Ouest américain et les Rocheuses, « intensifiant la compétition pour des ressources en eau surexploitées ».

26. Le traité international conclu en 1944 avec le Mexique sur les eaux du Rio Grande n'est plus honoré, asséchant une partie du Texas (il engageait les Mexicains à alimenter les affluents de ce fleuve frontalier, les Américains s'engageant de leur côté à laisser couler le Colorado). Il n'est plus appliqué normalement depuis 1992.

27. Le barrage d'Assouan, en Égypte, a été construit il y a un demi-siècle pour régulariser le cours du fleuve et l'approvisionnement en eau tout en produisant de l'électricité ; le gouvernement actuel songe se servir de cette retenue pour gagner sur le désert quatre cent mille hectares de nouvelles terres irriguées (projet du Toshka). Le transport d'eau par tuyaux géants sur des milliers de kilomètres dans la Libye voisine a été réalisé au cours des années 1990. Le grand barrage des Trois-Gorges sur le Yangzi chinois entrera en service en 2009. Celui d'Itaipu entre Brésil, Argentine et Paraguay date des années 1970.

28. La Chine construit un gigantesque système de transport des eaux du sud vers le nord-est du pays (région de Pékin). Ce programme de 64 milliards de dollars, approuvé en 2002 et en cours de réalisation, comporte trois réseaux : la « route de l'Est », suivant l'ancien Grand Canal impérial, reliera Nankin à Pékin et Tien-tsin en captant au passage les eaux du Shantung ; la partie centrale, la plus avancée, transportera de l'eau depuis le bassin du Yangzi, dans le Hubei – la « province des mille lacs » – vers la région de la capitale ; la partie orientale, encore dans les limbes (le programme s'étale jusqu'à 2050), relierait les vallées du Hoang Ho et du Yangzi plus en amont.

29. L'Inde est déjà au bord du stress hydrique, puisque chaque habitant dispose aujourd'hui de 1 800 m³ d'eau, à peine plus que le minimum de 1 700 m³ par an. En 2050, la population du pays aura augmenté de moitié. Le pays a donc mis au point un projet colossal de construction de 10 000 kilomètres de canaux, reliant 46 rivières, qui permettra d'acheminer l'eau des régions très arrosées du Nord-Est vers les régions sèches et de doubler les surfaces irriguées (35 millions d'hectares) ; la première tranche de ce gigantesque projet, d'un coût de 200 milliards de dollars, devait démarrer fin 2008.

30. La conférence réunie à Madrid en septembre 2007 pour relancer la convention des Nations unies contre la désertification a dû constater que le budget nécessaire ne pouvait être réuni.

31. Il faudrait pour parvenir à ce but ambitieux – complété fin 2002 au sommet de Johannesburg par la diminution de moitié du nombre de personnes n'ayant pas accès à « des installations sanitaires adéquates » – installer en quinze ans, compte tenu de la croissance démographique dans l'intervalle, des adductions d'eau pour près de 1,5 milliard de personnes et des égouts pour 2 milliards, et donc brancher environ 60 000 foyers à l'eau et 80 000 à l'assainissement *par jour...*

32. Même si un raccordement à l'eau ne coûte que 82 dollars en moyenne (mais 265 dollars en Afrique), la Banque mondiale estime le coût du programme précité à 300 milliards de dollars, alors que ses prêts annuels au secteur ne dépassent pas 1,5 milliard de dollars (15 % de ses concours). L'eau ne reçoit toujours pas une vraie priorité dans l'aide publique au développement : 5 % seulement des dons, soit 3 milliards de dollars annuels ; les autres financements apportent une dizaine de milliards de dollars – au total, la moitié seulement du nécessaire.

33. À peine 5 % des infrastructures construites dans le domaine de l'eau de 1990 à 2002 ont été financées par le secteur privé. Le rapport Camdessus sur l'eau de 2003 estime pourtant encore possible un fort développement des partenariats public-privé ; mais cela est surtout vrai en zone urbaine ; par ailleurs, le mauvais souvenir des dévaluations et des blocages de tarifs dans des pays comme l'Argentine freine les initiatives.

34. Les grands travaux d'irrigation lancés par l'Union soviétique à partir des années 1950 ont réduit les apports du Syr Daria et de l'Amou Daria de 60 milliards de m³ annuels à 10 milliards. La mer d'Aral, qui couvrait encore 66 000 km² en 1963, s'est contractée et divisée en deux bassins, l'un de 3 000 km² au nord, l'autre de 13 000 km² au sud ; les surfaces dégagées se transforment en désert salé et pollué par les pesticides et les engrais. Appuyé par un crédit de 85 millions de dollars de la Banque mondiale, le gouvernement kazakh a réussi à renverser la situation dans la partie nord, en construisant une digue et des ouvrages de régulation en amont sur le Syr Daria et en améliorant les techniques d'irrigation. La partie sud, alimentée par l'Amou Daria en territoire Ouzbek, reste hélas sans solution.

35. Américains, Russes et Chinois se sont servis avec succès de ce procédé, dès les années 1950, à usage militaire, agricole ou urbain. Le Pentagone américain aurait utilisé les armes climatiques – avant leur interdiction par la convention de l'ONU du 10 décembre 1976 – au Vietnam : l'ensemencement de nuages par de l'iode d'argent aurait prolongé la mousson de 1967, enlisant l'armée nord-vietnamienne dans la boue. De leur côté les autorités de l'époque soviétique, peu préoccupées par les éventuelles retombées chimiques, s'en servaient pour dégager le ciel avant les parades... De nos jours, des dizaines de sociétés privées américaines pratiquent l'ensemencement des nuages pour faire pleuvoir sur les futures récoltes. En Chine, le « Bureau de modification du temps » – ce nom est tout un programme ! – bénéficie d'un budget annuel de 50 millions de dollars et le XI^e Plan a programmé la fabrication de 10 milliards de m³ de pluie artificielle par an pour soulager l'agriculture. La ville de Pékin a réussi par ce procédé, en 2006, à faire tomber de fortes pluies qui ont lessivé des tempêtes de poussière venues du désert de Gobi.

36. 15 000 sites de dessalement sont déjà en fonctionnement, dans 120 pays ; ils produisent en 2008 52 millions de m³/jour, soit un peu plus de 1 % de l'eau potable

consommée sur la planète. Les principaux producteurs sont l'Arabie Saoudite (7,7 millions de m³ par jour) les États-Unis (7,5 millions) et les Émirats (6,6 millions). La plus grande usine du monde, en construction par Veolia en Arabie Saoudite, produira 800 000 m³ par jour, soit 300 millions de m³ par an.

37. Après Perth en 2007, toutes les grandes villes du pays – Adelaide, Melbourne, Sydney, Brisbane – ont entrepris de construire des usines de dessalement – en principe opérées, sauf à Brisbane, à partir d'énergies renouvelables. En compensation, l'Australie développe aussi de grands projets de recyclage de l'eau.

38. L'Algérie produit déjà 1 million de m³ par jour et construit 13 usines de dessalement, qui apporteront 2,2 millions de m³ par jour dès 2009.

39. L'Espagne produit déjà, en 2007, 3,4 millions de m³ d'eau dessalée par jour (premier rang européen). Le gouvernement Zapatero a en 2004 annulé le plan hydrologique de 2001, qui prévoyait d'alimenter des régions en grave pénurie d'eau du fait des sécheresses, comme Valence, la Murcie et Almeria en dérivant des rivières, pour le remplacer par le programme Agua : une quinzaine d'unités de dessalement seront construites tout au long de la côte méditerranéenne. Cependant, un accord conclu en avril 2008 entre les gouvernements espagnol et catalan rouvre la voie d'un détournement d'une partie des eaux de l'Ebre. On a critiqué les cultures maraîchères intensives d'Andalousie, qui épuisent les nappes phréatiques (l'eau doit maintenant être puisée jusqu'à 600 mètres de profondeur) et ont déjà obligé à construire quatre usines de dessalement.

40. Les deux techniques concurrentes sont : l'évaporation par chauffage de l'eau salée, d'où une dépense élevée d'énergie (même si on jumelle généralement ces usines à des centrales électriques pour récupérer leur chaleur) et un coût très élevé : 65 à 180 centimes d'euro le m³, contre 25 centimes pour l'eau pompée dans la Seine et traitée ; et la technique de l'osmose inverse (filtration retenant le sel), qui se prête mieux à de petites unités et est moins coûteuse (40 à 80 centimes d'euro par m³) et moins gourmande en énergie (3 à 4 kWh par m³) ; mais dans les deux cas se produisent des rejets en mer de saumures, nuisibles pour l'environnement.

41. Il est vrai que notre consommation nationale (40 milliards de m³ par an, soit 2 m³ par jour et par habitant) n'est que du quart des quantités d'eau douce disponibles en France, mais ces ressources ne sont pas équitablement réparties ; l'eau que nous consommons doit souvent être transportée et toujours traitée.

42. Une douche consomme cinq fois moins d'eau qu'un bain (50 litres au lieu de 250), et la pomme de douche peut être équipée d'un économiseur d'eau ; une chasse d'eau à double commande réduit la quantité tirée ; les fuites qui gaspillent l'eau (un robinet qui goutte perd 4 litres par heure, soit 35 m³ par an !) doivent être proscrites : vérifier l'étanchéité des joints.

43. En France, une maison de 100 m² peut de cette façon récupérer plus de 100 m³ d'eau non potable par an.

44. Ce crédit d'impôt, introduit par la loi sur l'eau, couvre jusque fin 2009 le quart du coût de l'installation si elle est faite par un professionnel. L'eau de pluie récupérée peut directement servir pour l'arrosage, mais aussi pour alimenter la machine à laver ou les chasses d'eau. Plusieurs expériences sont en cours en région parisienne.

45. Nombre de villes recyclent leurs eaux usées. Deux seulement, Singapour et Windhoek (Namibie) ont décidé de se servir de ces eaux pour la consommation humaine, mais l'exemple devrait se diffuser. Le coût de l'eau recyclée (30 centimes le m³) par osmose inverse, microfiltration ou traitement aux ultraviolets, est presque double de

celui de l'eau de rivière traitée, mais très inférieur à celui de l'eau dessalée. En revanche, la consommation énergétique reste élevée.

46. L'effort à faire par l'industrie est plus marqué dans les pays émergents : en Chine, elle consomme trois à dix fois plus d'eau par unité produite que celle des pays avancés.

47. Après cinq années de grande sécheresse, l'Australie a vu sa production de grains et de viande se réduire fortement ; des régions entières ont cessé de produire. Voir le livre de Jared Diamond, *L'Effondrement*, qui classe ce pays-continent parmi les plus vulnérables de la planète, du fait de la surexploitation du sol et des eaux.

48. Par exemple, le projet de « ceinture verte » qui devait protéger la capitale mauritanienne, Nouakchott, est aujourd'hui à l'abandon, faute d'eau, tandis que des oasis historiques comme Chingueti sont presque englouties par les dunes. Tout le nord du Sénégal voisin est aussi frappé d'assèchement, malgré les efforts pour préserver l'eau (nouvelles façons culturales, microretenues, etc.) et fixer les dunes par des barrières et des plantations. Selon le PNUE, le Sahara et les autres déserts (sauf celui de Gobi, en Chine) verront leurs maigres précipitations diminuer encore de 5 à 10, voire 15 %, sous l'effet du réchauffement.

49. D'après le PNUE, 250 millions de personnes subissent déjà ses effets. Elle menacerait à terme jusqu'au tiers de la population mondiale, sur tous les continents : d'ici vingt ans, les deux tiers des terres cultivables pourraient disparaître en Afrique, un tiers en Asie – notamment en Chine : une hausse de 2 à 3 °C des températures pourrait faire chuter de 37 % les productions de céréales (riz, blé et maïs) de ce pays durant la seconde moitié du XXI^e siècle, selon une étude parue en janvier 2007. Une récente analyse confirme que les régions d'Asie du Sud et d'Afrique australe et occidentale seront très touchées ; la perte de récoltes céréalières atteindrait 30 % en Afrique australe, 10 % en Inde (*Nature*, janvier 2008). Le Center for Global Development de Washington est encore plus pessimiste : il craint un recul de la capacité agricole en 2080 atteignant 40 % pour l'Inde, 30 % pour l'Afrique et 30 % pour le Brésil – et un cinquième en Amérique du Sud... La production agricole décroîtrait aussi en Australie.

50. Les pluies ont diminué de moitié, la récolte de 40 %, les puits cherchent toujours plus profond une eau rare, les lacs naguère poissonneux disparaissent...

51. La récolte ukrainienne de céréales est tombée, du fait de cette sécheresse, de 38 millions de tonnes en 2006 à 27 en 2007, stoppant net les exportations de céréales, qui avaient atteint 3 millions de tonnes en 2006. Selon *l'Atlas du réchauffement climatique* de F. Denhez, les périodes de sécheresse se multiplieront dans ce pays.

52. Les zones déjà arides ou semi-arides, et les régions qui les bordent, s'assècheront encore plus ; ceci sera particulièrement vrai en Afrique sahélienne, orientale et australe.

53. Le rapport final du GIEC (novembre 2007) prévoit « une croissance de 5-8 % des terres arides et semi-arides en Afrique ». L'élévation des températures, conjuguée à la surpêche, réduirait aussi les ressources des grands lacs africains. « Dans certains pays, les rendements des productions non irriguées pourraient être réduits de plus de 50 % en 2020 », précise le rapport (avec une probabilité de plus de 80 %). Une étude récente de l'Université de Stanford indique que le sud du continent perdrait 30 % de sa principale production, le maïs, d'ici à 2030.

54. Les rendements des cultures pourraient augmenter jusqu'à 20 % dans l'Est et le Sud-Ouest du continent, mais décroître de 30 % au Centre et au Sud d'ici à la moitié de ce siècle, selon le GIEC. Un bilan complet à plus long terme (2080) montre une baisse globale de productivité agricole limitée à 3 %, la présence accrue de CO₂ induisant des

rendements supplémentaires dans les pays industrialisés ou en Chine, mais avec un recul de 17 % en Afrique (plus de 50 % au Soudan et au Sénégal) et 13 % en Amérique latine (W. Cline, septembre 2007).

55. Nos forêts croîtraient nettement plus vite grâce à la surabondance du CO₂ dans l'air (les forestiers ont déjà mesuré un gain de productivité des arbres de 30 à 40 % dû à l'effet de serre) et s'étendraient, gagnant même sur les terres cultivables (en baisse de 6 à 10 %). Les herbages verraient leur rendement à l'hectare s'accroître mais leur valeur alimentaire serait réduite (moindre teneur en protéines). Le décalage déjà largement amorcé des cycles biologiques se poursuivrait, avec des floraisons, des moissons et des vendanges de plus en plus précoces, et avec une élévation de la teneur du vin en alcool, selon les indications données au colloque *Changements climatiques et agriculture* de l'INRA – cf. chapitre I, note 39. Le résultat serait favorable dans les régions les plus nordiques, qui pourraient notamment devenir un producteur significatif de biocarburants, mais ailleurs le raccourcissement de la période séparant semis et récoltes provoquerait une baisse des rendements céréaliers. L'Amérique du Nord serait aussi bénéficiaire : le GIEC juge qu'un changement climatique « modéré » induirait une augmentation de 5 à 20 % des rendements des cultures non irriguées, mais avec une variabilité importante entre les régions.

56. Comme le note le rapport *GEO-4* du PNUE, le nombre *total* – déserts inclus – d'hectares de terre par personne est passé de 7,91 en 1900 à 2,02 en 2005 ; il ne sera plus que de 1,63 hectare en 2050.

57. 11 % exactement. Le reste est composé à hauteur de 25 % de pâturages, 30 % de forêts, et 34 % de terres non cultivables (montagnes, zones urbanisées et déserts) ; voir note 76. Les déserts proprement dits ne couvrent que 10 millions de km², mais une surface équivalente est déjà fortement dégradée par la désertification.

58. Ce chiffre atteint trente à Oman et dépasse dix dans 6 autres pays ou territoires à forte surpopulation rurale : le Bangladesh (12 habitants par hectare cultivable) ; l'Égypte (13) ; la Papouasie (21) ; Porto Rico (27) ; le Sri Lanka (16) ; et le Vietnam (10,4) ; voir les World Development Indicators de la Banque mondiale. Il est vrai que le degré d'utilisation des terres potentiellement cultivables est très variable : proche de la saturation en Asie (75 %) et en Afrique du Nord (87 %), il n'est que de 44 % en Europe, 22 % en Afrique subsaharienne, 19 % en Amérique latine. Mais dégager tous ces espaces conduirait à une déforestation très dangereuse.

59. Un phénomène récent, mais en pleine accélération, qui traduit bien la raréfaction des terres agricoles disponibles est l'achat ou la location de terres arables à l'étranger par des pays qui en manquent. Selon l'ONG Grain, plus de 8 millions d'hectares agricoles ont ainsi été concédés en 2008 à des pays d'Asie orientale (Corée du Sud pour 2,3 millions d'hectares, Chine pour 2,1 millions d'hectares, Japon) ou du Proche-Orient (Arabie Saoudite pour 1,6 million d'hectares, Émirats pour 1,3 million d'hectares), en Afrique, en Amérique latine, en Asie du Sud-Est et en Australie.

60. Selon le rapport annuel de la FAO de décembre 2008, la faim (moins de 2 200 calories par jour) touche 963 millions de personnes dans le monde, dont 212 en Afrique, 350 en Asie du Sud (dont 231 en Inde !) et 193 en Asie de l'Est. En proportion de la population totale des PVD, le fléau recule (18 %, contre 35 % en 1970 et 20 % en 1990), mais pas assez pour atteindre l'Objectif du millénaire de l'ONU – diminuer cette proportion de moitié en 2015 par rapport à 1990. En valeur absolue, le nombre d'affamés tend à remonter, après avoir atteint un étiage à la fin du xx^e siècle ; il s'est notamment accru de 115 millions entre 2003 et 2008, du fait de la flambée des prix.

C'est en Afrique subsaharienne que le fléau est le plus intense : il y touche une personne sur trois. Cette proportion du *tiers* de la population est aussi dépassée dans quelques pays d'Amérique latine (Bolivie, Haïti) au Yémen, et dans une dizaine de pays d'Asie. Dans cinq pays (Érythrée, Congo, Burundi, Sierra Leone et Tadjikistan) la population est *en majorité* sous-alimentée (FAO, *L'Insécurité alimentaire dans le monde*).

61. Le problème n'est pas seulement celui de l'apport calorique global : le manque d'iode, de vitamine A et de fer cause également de graves dégâts physiques et intellectuels. L'ajout d'apport fortifiants dans la farine, le riz et le sel, ou l'emploi de plantes OGM (voir chapitre IV) y remédieraient pour un coût faible : pas plus de 0,25 dollar annuel par personne, selon l'écologiste Björn Lomborg.

62. Selon les Perspectives environnementales de l'OCDE, la demande alimentaire croîtra de 1,8 % par an entre 2001 et 2030, sous la triple pression de l'augmentation de la population, d'une amélioration des rations (3 050 kcal par personne contre 2 800 actuellement) et d'une part accrue de produits animaux dans la consommation. La production suit, pour le moment : la récolte de céréales devrait, selon la FAO, augmenter de 2,8 % en 2008-2009.

63. Sans être énorme, le besoin de terres cultivables est réel : l'OCDE estime qu'elles vont devoir s'étendre de 10 % au niveau mondial, soit environ 150 millions d'hectares, pour couvrir les besoins liés à l'alimentation et aux biocarburants ; cela risque de libérer les masses de carbone stockées dans ces sols.

64. Les experts de la FAO, dans leur étude *World Agriculture : Towards 2030-2050*, estiment en se fondant sur des relevés satellitaires que les terres disponibles notamment en Afrique et en Amérique du Sud permettraient de multiplier par au moins 1,7 la superficie cultivée actuelle (1,5 milliard d'hectares) tout en préservant les forêts. De vastes surfaces (90 millions d'hectares) peuvent être mises en culture au Brésil hors zone amazonienne ; l'Afrique disposerait de 400 millions d'hectares de très bonnes terres à ajouter aux 210 millions d'hectares actuellement cultivés ; la Russie et l'Ukraine pourraient remettre en culture 20 millions d'hectares de céréales ; etc.

65. Cette progression se vérifie malgré les accidents climatiques mentionnés plus haut : selon la FAO, la production mondiale de céréales a augmenté de plus de 2 % en 2007, et progresserait encore de 2,8 % en 2008 (+ 8 % pour le blé) pour atteindre 2 180 millions de tonnes. Le président de la Banque asiatique de développement, H. Kuroda, a souligné en mai 2008 que la crise n'était pas une crise de quantités, car il y aurait assez de riz pour nourrir l'Asie, mais une crise de prix, donc due principalement aux anticipations et à la spéculation.

66. Comme le relève la présidente de l'INRA, Marion Guillou, l'augmentation de l'offre alimentaire et un apport aux besoins énergétiques (à travers les biocarburants) peuvent être assurés « avec une augmentation des rendements du même ordre que celle des vingt dernières années dans le monde et une augmentation des surfaces cultivées de 5 à 10 % », à condition de relancer l'investissement matériel et intellectuel, d'inciter à des pratiques écologiquement soutenables et de diffuser les innovations et les expériences acquises (*Le Monde*, mai 2008).

67. La FAO estime la valeur de la production d'un hectare agricole à 69 dollars seulement en Afrique subsaharienne, 180 en Amérique latine, 437 en Asie de l'Est, contre 1 026 en Europe. On voit que la fourchette est de 1 à 15.

68. La croissance annuelle des rendements céréaliers (quantités produites par hectare cultivé) dans le tiers-monde est revenue à 1,1 % à partir des années 1990, contre 2,5 % au cours des quatre décennies précédentes.

69. D'où une poussée de l'inflation : la hausse de l'indice général des prix en France, limitée à 1,5 % en moyenne sur l'année 2007, a atteint 3,6 % sur les douze derniers mois au printemps 2008. Les prix alimentaires ont, aux côtés des carburants, conduit cette hausse.

70. Selon l'Insee, les prix agricoles ont augmenté de 18 % en un an (octobre 2006-2007). Forte pour les céréales (doublement du blé), la hausse a été plus faible pour la viande et les fruits et légumes (+ 3 %).

71. En revanche, le lait représente environ 30 % du prix de revient d'un yaourt et la moitié de celui d'un fromage.

72. La présidence française de l'UE, au deuxième semestre 2008, a d'ailleurs fait du « bilan de santé » de la PAC (révision à mi-parcours entre les réformes de 2003 et 2013) une de ses priorités.

73. Depuis la réforme de la PAC en 2003, la régulation du marché par action sur l'offre et la demande à travers prix garantis, mécanismes d'intervention, prélèvements à l'importation et subventions à l'exportation, a été remplacée par des aides directes au revenu des agriculteurs (un « droit à paiement unique » à l'hectare) que leur terre soit cultivée ou non. Ce principe du « découplage », conçu en période de surproduction, doit à mon sens être révisé.

74. La Commission européenne a décidé, en septembre 2007, de suspendre l'obligation (en vigueur depuis 1992) de mettre 10 % des terres cultivées en Europe en jachère. La France compte près du tiers des terres concernées : 1,2 million d'hectares sur 3,8 millions. Le déblocage décidé ne devrait cependant libérer pour les cultures céréalières qu'un tiers des surfaces, un autre tiers étant déjà consacré aux biocarburants et le reste devant être affecté à des bandes d'herbage pour protéger l'environnement. La remise en culture des terres en jachère, justifiée par la hausse de la demande mondiale – les stocks mondiaux sont au plus bas depuis trente ans pour le maïs, depuis trente-deux ans pour le blé – devrait permettre d'augmenter la production européenne de 10 millions de tonnes pour une production totale actuelle de 266 millions de tonnes.

75. La hausse décidée en mars 2008 n'est que de 2 %, ce qui devrait apporter 2,8 millions de tonnes supplémentaires. Les quotas laitiers, introduits en 1984 pour limiter les excédents, n'ont plus de raison d'être aujourd'hui, car les montagnes de beurre et de lait en poudre accumulées dans les années 1980 ne sont plus qu'un souvenir... mais beaucoup de producteurs sont favorables à leur maintien – précisément parce qu'ils font monter les prix ! La Commission européenne ne prévoit donc qu'une augmentation progressive (+ 1 % par an) pour les supprimer en... 2015. Les quotas alloués n'étaient d'ailleurs même plus remplis en France, le prix du litre de lait à la production étant tombé de 29,8 centimes d'euro en 2000 à 26,7 centimes en 2006, avant de remonter à 34,5 centimes pour la campagne 2008 ; la hausse est donc seulement de 15 % sur huit ans, ce qui n'a rien d'excessif. L'Espagne nous paie le lait qu'elle importe bien plus cher : plus de 40 centimes le litre.

Il existe aussi des quotas limitant la production de sucre, alors que celui-ci peut utilement aujourd'hui être transformé en biocarburant...

76. C'est en ce sens que tendent les propositions présentées au printemps 2008 par la Commission européenne : fin des jachères et disparition échelonnée des quotas laitiers,

mais aussi réduction des interventions et passage de 5 à 12 % de la part du développement rural.

77. La répartition des 13,3 milliards d'hectares de terres émergées est la suivante : 1,5 milliard d'hectares cultivés ; 3,4 milliards d'hectares de pâturages ; 3,9 milliards d'hectares boisés (soit 39 millions de km²) ; 4,5 milliards d'hectares de déserts, villes, lacs et autres (chiffres de 2005). Les plus grands pays forestiers sont la Russie, avec 850 millions d'hectares, soit 22 % du total mondial, et le Brésil (530 millions d'hectares, soit 14 %) ; puis viennent le Canada (240 millions d'hectares), la Chine et l'Australie (160 millions d'hectares chacune), le Congo (135 millions d'hectares).

78. Une estimation récente de la FAO chiffre le déboisement à 13 millions d'hectares par an en *surfaces brutes*. Mais les replantations ramènent la perte *nette* de couvert forestier à 9 milliards d'hectares par an pour la décennie 1990-2000, et à 7,3 millions d'hectares par an depuis 2000. Le PNUE et la Banque mondiale corroborent ces évaluations, mais l'ONG Worldwatch Institute, pour qui 17 millions d'hectares bruts de forêts – quatre fois la surface de la Suisse – disparaissent chaque année, est nettement plus pessimiste.

79. D'ici 2030, notre monde aura encore perdu 500 millions d'hectares boisés, selon l'OCDE. Cette prévision, figurant dans *l'Environmental Outlook to 2030*, est très supérieure à l'estimation de la FAO : 13 millions d'hectares bruts par an font 325 millions d'hectares en vingt-cinq ans, alors que l'OCDE envisage (dans le scénario sans actions nouvelles) un recul de 13 % de la surface actuelle, soit 520 millions d'hectares.

80. En outre, elles sont deux à trois fois plus efficaces que les forêts reconstituées pour stocker le CO₂, selon un rapport récent du ministère français du Développement durable.

81. Le rapport Stern estime que les États-Unis, l'Europe (la forêt européenne, qui couvre plus de 1 milliard d'hectares, Russie comprise, s'est effectivement accrue de 13 millions d'hectares depuis quinze ans, soit l'équivalent de la Grèce) et la Chine apportent, par leurs programmes de reboisement, une économie d'émissions de CO₂ d'environ 500 millions de tonnes par an, qui restent cependant loin de compenser les 9 milliards de tonnes émises par le déboisement dans les PVD.

82. On pensait jusqu'à présent que les forêts de l'hémisphère Nord absorbaient 2,4 milliards de tonnes de carbone par an sur un total brut de 5,9 milliards de tonnes de CO₂ capturées par les forêts ; après vérification, le chiffre n'est plus que de 1,5 milliard de tonnes. En revanche, les forêts tropicales ont un apport *brut* encore plus positif que prévu ; leur contribution *nette* reste cependant négative, du fait de la déforestation, mais moins qu'auparavant (*Science*, juin 2007).

83. Leurs surfaces boisées se sont réduites de 8 % au cours de la seule dernière décennie. À ce rythme, les forêts tropicales auront régressé de 40 % en 2050. La Banque mondiale indique que, sur une déforestation moyenne de 9 millions d'hectares par an entre 1990 et 2000, 7,3 millions d'hectares ont été perdus par les PVD à bas revenu – ces 73 millions d'hectares perdus en dix ans représentent 8 % de leurs massifs forestiers – et 2,5 par les PVD à moyen revenu, tandis que les pays à revenu élevé en gagnaient 0,8. Les plus touchés par la déforestation sont le Brésil, qui a perdu 2,2 millions d'hectares de forêt par an sur la dernière décennie, l'Indonésie (– 1,3 million d'hectares par an), le Soudan (– 950 000 d'hectares par an) et la Zambie (– 850 000 hectares par an). Les reboisements à but commercial qui commencent à se faire en Chine et en Inde ne compensent pas les pertes en Indonésie et en Papouasie-Nouvelle-Guinée.

84. Le GIEC donne une probabilité d'au moins 80 % à cette occurrence. Il y associe « un risque de perte significative de biodiversité par extinction d'espèces dans beaucoup de régions de l'Amérique latine tropicale ».

85. Le GIEC juge très probable (9 chances sur 10) un « allongement important de la période d'incendies et une augmentation des surfaces brûlées ».

86. Le CEMAGREF a observé que canicules, sécheresse et incendies répétés – une étude américaine récente a montré que la densité des habitations tend à amplifier leur propagation – empêchent la restauration des forêts. Outre le pin maritime, déjà disparu, le pin sylvestre ou le sapin dépérissent ; plusieurs variétés de pins, ainsi que les genêts et les ajoncs, devraient être rayées de la carte méditerranéenne d'ici 2050.

87. Au début des années 1970, le président Suharto a commencé à accorder des permis d'exploitation de la forêt tropicale à l'armée et aux proches du pouvoir. Les produits de la forêt en sont venus à représenter les trois quarts des exportations du pays, hors pétrole et gaz. Faits le plus souvent sans aucune préoccupation de protection de l'environnement ni de renouvellement de la ressource, les abattages ont eu des conséquences désastreuses. À Bornéo, la destruction de la forêt primitive, remplacée souvent par des plantations de palmiers à huile, atteint 85 %. Les bénéfices sont considérables pour les trafiquants : un tronc d'acajou, soit environ 5 m³ de bois précieux, vaut 60 dollars en forêt, mais sera vendu cent fois plus cher aux États-Unis, après découpage. Les réactions de la communauté internationale ont freiné ce mouvement dans les années 1990, mais les nouvelles lois sont souvent violées : l'exploitation illégale représenterait le double de l'exploitation autorisée. L'abattage excessif d'arbres se poursuit, renforcé par les nouveaux besoins de la Chine, et entraînant des dégâts considérables sur tout l'écosystème local.

88. La FAO estime que le Cambodge subit une exploitation forestière plus de cinq fois supérieure à ce qu'il peut supporter.

89. WWF prévoit même que le déboisement et le réchauffement climatique endommageront gravement 60 % de la forêt amazonienne – qui a déjà perdu en un demi-siècle 17 % de son étendue, soit une surface supérieure à celle de la France – d'ici 2030. Or 30 % des espèces animales du monde vivent dans cette Amazonie en péril.

90. Ces chiffres proviennent d'une étude publiée dans la revue *Science* en 2000. Ils prennent en compte la construction de 6 000 kilomètres de routes carrossables permanentes à travers la forêt et d'autres équipements, ainsi que l'incidence du défrichage des lisières sud par les immigrants (venant souvent du Nordeste démunis).

91. Le soja, riche en protéines, est utilisé pour nourrir les animaux. Cette culture de rente, qui rapporte dix fois plus qu'une forêt exploitée, est passée en dix ans de 10 à 21 millions d'hectares au Brésil, dont 1,3 million d'hectares auraient été prélevés sur la forêt primaire, selon les ONG : Greenpeace, auteur d'un rapport au titre éloquent, *Eating up the Amazon*, CCFD, Confédération paysanne, réseau Cohérence, et organisations paysannes latino-américaines. Le même phénomène existe en Argentine, où la culture du soja a fait reculer la forêt de 1,1 million d'hectares entre 2002 et 2006.

92. « 22 millions de Brésiliens habitent en Amazonie... Il serait injuste qu'ils ne puissent pas utiliser la forêt, alors que les pays développés ont décimé leurs propres forêts », déclarait l'envoyé brésilien à la Conférence de La Haye sur la biodiversité, en 2002. Cette position exprime de manière éloquente le problème général du Sud face à l'environnement.

93. Les sols de tourbières qui ont été dégagés sont trop acides pour la riziculture ; en revanche, les tourbières, une fois asséchées, se mettent à émettre du CO₂ (voir note 97).

94. On sait que la photosynthèse transforme l'énergie solaire captée par la chlorophylle en énergie chimique pour assurer la croissance des arbres et autres végétaux : ils absorbent de l'eau et du CO₂ et rejettent de l'oxygène. Sans ce phénomène, il n'y aurait pas d'oxygène dans notre atmosphère.

95. Le bois est constitué pour moitié de carbone. Les 4 milliards d'hectares de forêts renfermeraient 283 milliards de tonnes de carbone, soit moitié plus que l'atmosphère.

96. Certains chercheurs, comme le pédologue A. Ruellan, estiment qu'un sol en bon état absorbe jusqu'à trois fois plus de carbone que la végétation qui le recouvre.

97. 1 hectare coupé dégage 200 tonnes de carbone dans l'atmosphère. Le rapport Stern et le GIEC attribuent au changement d'usage des sols 18 % de l'ensemble des émissions de GES de toute nature (et non des seules émissions de CO₂, ni des seules émissions d'origine humaine), soit plus de 8 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ en 2000 ; ce bilan négatif vient essentiellement de la déforestation, car le brûlage ou le pourrissement du bois libère le carbone qui y est accumulé, et la réduction des surfaces boisées diminue l'absorption de CO₂. Une étude portant spécifiquement sur la transformation de forêts tropicales en terres cultivées évalue l'incidence de ce seul facteur à 1,5 milliard de tonnes de carbone, soit 5,5 milliards de tonnes d'équivalent-CO₂ (*Science*, août 2007).

98. Parmi les sols dégradés par la déforestation, les tourbières doivent être traitées en priorité, car elles causent à elles seules le dixième des émissions mondiales de gaz carbonique (plus de 3 milliards tonnes de CO₂ par an). Ces tourbières, constituées de matière organique accumulée, ne couvrent que 3 % de la surface du globe, mais contiendraient au moins 550 milliards de tonnes de carbone – deux fois plus que tout le carbone stocké par les forêts de la planète. Leur assèchement du fait des plantations voisines dégage des quantités importantes de CO₂, par décomposition bactérienne ou par incendies. Les principales sont situées au Canada et en Russie (120 millions d'hectares chacun), mais aussi aux États-Unis et en Asie du Sud-Est. Les émissions de CO₂ dues aux tourbières feraient de l'Indonésie (qui en compte 22 millions d'hectares) le troisième émetteur mondial de GES, après la Chine et les États-Unis, selon une étude présentée en décembre 2007 par le Global Environment Center de Singapour sous l'égide du PNU.

99. Par exemple, la perte totale des 540 millions d'hectares de forêt brésilienne causerait à elle seule l'émission de 300 milliards de tonnes de CO₂ supplémentaires, selon le rapport Stern.

100. On a montré qu'arrêter la déforestation pourrait représenter jusqu'à 12 % de l'effort total de réduction des émissions de GES à réaliser au cours de ce siècle ; *Science*, étude précitée (note 81). L'hypothèse des chercheurs est une réduction de moitié de la déforestation globale, suivie d'un arrêt complet à un stade où il reste encore la moitié des forêts primaires. Cela représenterait une économie de 50 milliards de tonnes de carbone d'ici à 2100, soit 12 % de l'objectif retenu par le GIEC pour maintenir le CO₂ présent dans l'atmosphère au-dessous du niveau de 450 ppm.

101. Estimation donnée par le rapport Stern à l'horizon 2050 ; cette économie d'émissions pourrait être obtenue pour un coût très bas, inférieur à 5 dollars la tonne de CO₂. Un programme complet de reforestation coûterait, selon Greenpeace, 30 milliards d'euros par an, ce qui donnerait 6 euros (ou 9 dollars) par tonne de CO₂ économisée.

102. On peut y ajouter la recherche de nouveaux médicaments naturels ou la promotion du tourisme (à condition qu'il reste respectueux des populations indigènes).

103. Avec 7 % de la superficie des terres émergées, les forêts tropicales recèleraient la moitié des espèces terrestres. Pour la seule Guyane française, plus de 5 000 espèces de

plantes, dont 1 200 d'arbres, ont été détectées. Cette richesse tient à la constance du climat, à l'étendue et à la forte pluviosité. Hélas, moins de 5 % des forêts tropicales sont gérées de manière durable (voir note 106).

104. Les mangroves sont des zones boisées marécageuses, le plus souvent en bord de mer, où palétuviers et eaux peu profondes s'interpénètrent ; elles constituent un refuge pour de nombreuses espèces terrestres et aquatiques et protègent les côtes. Malheureusement, le tiers d'entre elles ont déjà été détruites par un développement mal encadré ; dans un rapport publié en janvier 2008, la FAO indique que leur superficie totale est passée de 18,8 millions d'hectares en 1980 à 15,2 millions en 2005, soit - 20 % en vingt-cinq ans seulement.

105. Le GIEC souligne que 65 % du potentiel de réduction des émissions de CO₂ par le reboisement et la lutte contre la déforestation sont situés dans les zones en développement tropicales, et que ces actions offrent des retombées significatives en termes de revenus et d'emplois locaux, de préservation des eaux et de la biodiversité, et d'apport d'énergie renouvelable (biomasse).

106. Un exemple : l'aquaculture de crevettes en Thaïlande a été la cause directe de la destruction de la moitié des mangroves de ce pays.

107. Selon l'Organisation internationale des bois tropicaux, seuls 36 millions d'hectares, soit 4,4 % des 814 millions d'hectares de forêt naturelle tropicale (dont 536 en Amérique latine) sont exploités de manière durable.

108. Cette estimation, reprise par l'OCDE, émane de l'ONG WRI ; elle est étayée par la Banque mondiale, qui chiffre les pertes financières dues à ce bûcheronnage occulte à 10 à 15 milliards de dollars par an. Un décret présidentiel brésilien de décembre 2007 alourdit les sanctions contre le commerce et le transport de toute production provenant de déboisements illégaux. Sera-t-il appliqué ? La démission, en mai 2008, de la charismatique ministre de l'Environnement, Marina Silva, peut en faire douter. Dans le même temps, une réforme du code forestier du pays autorise les cultivateurs à arracher la moitié de la végétation de leurs parcelles, contre 20 % précédemment...

109. Les sanctions prises contre les responsables de coupes d'arbres clandestines et du commerce de ces produits parviendraient à réduire la fraude de moitié. C'est ainsi que le Brésil était, selon les chiffres officiels, parvenu à faire reculer la déforestation de 2,7 millions d'hectares en 2003-2004 à 1,12 en 2006-2007 ; mais ce succès reste fragile : 950 000 hectares ont été dévastés par les brûlages entre avril 2007 et avril 2008, notamment dans le Mato Grosso, grande zone de culture du soja, dont les prix ont flambé, et d'élevage (le Brésil compte 80 millions de bovins).

110. Il s'agit du programme FLEGT : Forest Law Enforcement, Governance and Trade. Cette action est d'autant plus utile que, selon Greenpeace, près du quart du bois importé en UE provient de zones d'exploitation sauvage. Le « paquet forêt » proposé en octobre 2008 par la Commission européenne prévoit bien que le bois importé devra respecter la législation locale, mais cela ne garantit pas réellement le caractère durable de l'exploitation. De plus, les importateurs devront seulement prouver le pays d'origine, mais non celui de la concession d'où provient le bois. Il serait bien préférable d'exiger un « certificat de traçabilité » permettant de remonter toute la filière.

111. Comme le suggère le GIEC, la recherche permettra en outre de repérer les essences d'arbres les plus efficaces pour accroître la productivité de la biomasse et le captage du carbone.

112. J'ai montré plus haut que la biomasse fournit actuellement 10 % de l'énergie utilisée par les humains. La moitié des forêts mondiales seulement est exploitée (de façon extensive la plupart du temps, les exploitations intensives en monoculture ne couvrant que 110 millions d'hectares) pour son bois, qui fournit 3,5 milliards de m³ par an. La forêt primitive doit rester à l'abri de cette exploitation, mais les autres forêts pourraient fournir 20 % de plus, selon l'OCDE.

113. Une table ronde réunissant producteurs, pouvoirs publics brésiliens et ONG doit définir les normes d'une production « responsable ».

114. Une espèce se définit en principe par l'interfécondité de ses membres, grâce à un patrimoine génétique presque totalement commun, et par la stérilité des unions avec des espèces différentes ; par exemple le croisement cheval/âne donne des individus stériles (mulet). Elle est la base de la classification (taxinomie), qui regroupe les espèces en catégories plus larges : genre, famille, classe, etc.

115. Ces quatre « lettres » sont les acides nucléiques (adénine, cytosine, guanine et thymine), dont l'ordre de succession dans la molécule d'ADN forme le code génétique qui détermine l'apparence et les fonctions de tous les êtres vivants. Les acides aminés sont les composants des protéines, dont l'expression gouverne la totalité de nos fonctions vitales.

116. La sélection naturelle est le principe, mis en lumière par Charles Darwin, de la survivance des individus les mieux adaptés – « *survival of the fittest* » – à un environnement particulier (qui peut exister à l'échelle planétaire ou dans une « niche écologique » étroite) ; ces individus transmettront préférentiellement leurs gènes à leurs descendants, faisant évoluer l'espèce vers une adaptation plus efficace. Le même processus fait le tri entre les mutations génétiques, « accidents de copie » de l'ADN : celles qui sont défavorables à la survie donneront peu de descendants, celles qui sont favorables seront transmises et deviendront une nouvelle caractéristique de l'espèce.

117. Chacun peut penser au choc de la fin du Crétacé, il y a soixante-cinq millions d'années, résultant probablement de la chute d'une météorite géante dont on a retrouvé les traces au Mexique. Cette catastrophe a entraîné la fin des dinosaures et préparé la voie au triomphe ultérieur des mammifères. Mais il s'est produit à plusieurs reprises dans l'histoire de notre globe d'autres catastrophes aussi radicales, entraînant l'extinction de 90 % ou plus des espèces vivantes. Les survivants les plus adaptés aux nouvelles conditions ont, à chaque fois, repris le flambeau.

118. Par exemple, la recrudescence de peste porcine africaine, mortelle à 90 % pour les animaux atteints, ne peut être combattue par aucun vaccin ou traitement efficace ; le seul espoir réside dans le réservoir de gènes de résistance à la maladie offert par la diversité des races de porcs.

119. Sur 87 anticancéreux mis sur le marché entre 1985 et 1995, près des deux tiers avaient des origines naturelles. La proportion monte à 70 % pour l'ensemble de la pharmacopée, que les substances traitantes soient directement tirées des plantes ou qu'elles soient « bio-inspirées », c'est-à-dire construites à partir de l'étude des molécules naturelles. Un exemple récent est celui de la trabectédine, molécule active contre le cancer de l'ovaire (et peut-être ceux de la prostate et du sein), tirée d'un animal marin (communication du Pr B. Monk, septembre 2008).

120. Le morcellement des espaces traversés par des routes ou d'autres équipements réduit le territoire accessible à chaque espèce et gène souvent la reproduction, du fait de l'endogamie ainsi imposée à des groupes trop restreints.

121. La corne de rhinocéros est avidement recherchée en raison d'une croyance stupide, mais très répandue notamment en Asie, à des vertus aphrodisiaques. D'où un braconnage intensif et un risque de disparition. Les rhinocéros unicomés du Népal ont néanmoins pu être sauvés, alors que l'espèce a disparu du Pakistan et du Bangladesh, grâce à l'action du gouvernement, de WWF et d'ONG locales.

122. Malgré les interdictions et les dangers sanitaires, la viande de brousse vaut encore moins cher, sur les marchés africains, que la viande d'élevage. Le PNUE note que le commerce de viande de brousse dans le bassin du Congo est « estimé comme étant six fois supérieur au taux durable ».

123. Le rapport *GEO-4* du PNUE estime que, sur 1 400 espèces de poissons, les stocks en bonne santé ont été détruits pour 30 % et sont surexploités pour 40 %. Deux études canadiennes montrent une diminution de 90 % en un demi-siècle des populations de grands poissons prédateurs – dont le thon et l'espadon, qui risquent de disparaître « comme les dinosaures » – (*Nature*, 15 mai 2003), et un épuisement rapide de 29 % des 600 espèces les plus pêchées, descendues à un dixième seulement de leur stock de 1950 (*Science*, novembre 2006). Les populations de poissons d'eau douce souffrent encore davantage ; selon le rapport *GEO-4* du PNUE, elles ont diminué presque de moitié en moyenne de 1987 à 2003. Les estimations de la FAO sont plus modérées : un quart seulement des 600 espèces précitées seraient actuellement surexploitées ou en voie de reconstitution ; mais l'organisation ajoute que la moitié des stocks mondiaux sont aujourd'hui exploités au maximum de leur capacité.

124. La consommation mondiale de poisson a quadruplé en un petit demi-siècle – 110 millions de tonnes en 2007, contre 28 millions de tonnes en 1961 –, malgré un déclin des prises depuis les années 1980, suppléé par le développement de l'aquaculture qui fournit aujourd'hui 48 % du total. Le rapport *GEO-4* estime que les capacités de la flotte mondiale de pêche, souvent subventionnées, sont supérieures de 250 % à ce qui permettrait une exploitation durable des océans.

125. Le PNUE retient que « l'extinction des espèces se produit à une vitesse cent fois supérieure à celle indiquée par les fossiles », qui serait d'une espèce sur 50 000 par siècle. L'évaluation d'un taux d'accélération de 260 figure dans l'ouvrage de R. Barbault, *Un éléphant dans un jeu de quilles* (Seuil, 2006). D'autres évaluations sont encore plus pessimistes, jugeant le rythme de disparition actuel *mille fois* plus rapide que durant les grandes périodes d'extinction du passé (voir chapitre I, page 33). Pour certains, un animal ou une plante disparaîtrait toutes les vingt minutes, ce qui semble tout de même surévalué.

126. Sur les 135 espèces d'oiseaux sauvages éteintes depuis cinq cents ans, 103 ont été éliminées au cours des deux derniers siècles. Autre exemple : selon B. Worm, coauteur de l'étude de *Science* sur le recul de la biodiversité marine citée note 122, 7 % des espèces marines ont disparu depuis 1950. Les espèces éteintes sont principalement des mammifères marins et des poissons de grande taille.

127. Le dernier tigre de Tasmanie est mort en captivité en 1936, le dernier tigre de Java en 1980. Les lémuriens géants de Madagascar ont disparu dès 1650, à peu près en même temps que les dodos de l'île Maurice, proies trop faciles pour les chasseurs. Une espèce sœur des dugongs, animaux qui ont inspiré le mythe des sirènes, la rhytine de Steller, a été massacrée dès le XVIII^e siècle, quelques années seulement après sa découverte... Le grand pingouin et la perruche de Tahiti sont éteints depuis 1844, le renard des Falkland depuis 1876, etc. Les musaraignes des Caraïbes ont même disparu depuis l'an 1500...

128. Le phoque moine des Caraïbes, *Monachus tropicalis*, était depuis 1994 sur la liste des espèces éteintes de l'UICN. Une étude américaine de la NOAA a confirmé cette disparition. Les deux autres espèces de phoques moines, les Hawaïens et les Méditerranéens, sont aussi en grand danger. Le dauphin blanc du Yangzi (*Nipotes vexillifer*), déifié par les Chinois sous le nom de baiji, avait été classé sur la liste des espèces « en danger critique » en 1996, sa population étant tombée de 6 000 individus en 1950 à quelques unités seulement. Une équipe internationale de biologistes n'a plus trouvé trace de ce cétacé dans son habitat et le considère comme très probablement éteint (*Biology Letters*, août 2007). Plusieurs autres espèces de ce fleuve très pollué, comme le marsouin d'Asie orientale et l'alligator chinois, pourraient connaître le même sort.

129. L'Union mondiale pour la nature (UICN) est une organisation internationale qui regroupe depuis 1963 scientifiques, gouvernements et ONG ; elle compte aujourd'hui 10 000 scientifiques et experts de 181 pays.

130. 32 % des 6 100 espèces d'amphibiens (grenouilles, crapauds, salamandres, tritons, etc.) évaluées figurent sur la liste rouge de l'UICN ; non moins de 122 espèces se seraient éteintes au cours du dernier quart de siècle. Les causes sont d'une part le réchauffement climatique, d'autre part les attaques d'un champignon parasite (*Science*, octobre 2004).

131. Selon le recensement récent de l'UICN, le déclin touche 23 % des populations de mammifères. En Europe, 27 % sont en baisse, alors que 8 % seulement progressent ; 13 % des espèces européennes actuelles sont menacées, et 6 classées en « danger critique » d'extinction, dont le renard arctique, le vison d'Europe, le lynx ibérique *Lynx pardinus* (150 survivants...) et le phoque moine de Méditerranée. À l'échelle mondiale, les mammifères en voie d'extinction comprennent le diable de Tasmanie (un rongeur), le phoque de la Caspienne et la musaraigne éléphant.

132. La proportion d'espèces végétales menacées est difficile à établir, car si l'UICN parvient à évaluer la totalité des espèces d'oiseaux connues et la grande majorité des mammifères et des amphibiens, elle ne couvre que 10 % des espèces de poissons et 3 % seulement des plantes. Le taux d'espèces menacées, qui est de 70 % sur les seules espèces de plantes évaluées par l'UICN, est donc peu significatif par rapport à un ensemble mal connu.

133. L'UICN surveille 44 800 espèces animales et végétales (sur 1,6 million d'espèces connues). Parmi elles, son recensement d'octobre 2008 cite 16 900 espèces – soit 5 900 de plus qu'en 2000 – comme menacées. Elles sont classées en trois catégories : « en danger critique d'extinction » (3 246), « en danger » (4 770), « vulnérables » (8 912). Il faut y ajouter 804 espèces déjà éteintes et 65 éteintes à l'état sauvage, telle l'oryx algazelle.

134. Nos collectivités d'outre-mer, très riches en biodiversité (elles abritent 4 500 espèces endémiques) ont déjà perdu au moins 70 % des habitats naturels. Mais même en France métropolitaine, les populations d'oiseaux, par exemple, ont baissé d'un quart en milieu agricole et de 18 % en milieu forestier depuis quinze ans. Les autres pays les plus concernés sont des pays du Sud – Mexique, Brésil, Colombie, Équateur, Chine, Indonésie, Malaisie – mais aussi les États-Unis et l'Australie.

135. On pense aujourd'hui que les 1,6 million d'espèces d'animaux et de plantes recensées ne représentent qu'entre le quart et le dixième de celles qui existent. Si l'on inclut les bactéries, on a recensé 3,5 millions d'espèces vivantes alors que leur nombre réel serait supérieur à quinze millions.

136. Le GIEC n'attribue toutefois à cette hypothèse qu'un degré de confiance « moyen » (plus de 1 chance sur 2). Une compilation faite par le chercheur Chris Thomas

montre que 15 à 37 % des espèces animales et végétales de la planète pourraient disparaître d'ici à 2050 du seul fait de la hausse des températures, sans prise en compte des activités prédatrices de l'homme (*Nature*, 2004).

137. Cette prévision sur les zones de montagne est affectée d'un degré de probabilité très élevé (plus de 90 %).

138. Par exemple, une augmentation même faible de la température réduit les quantités de krill (zooplancton) qui nourrit les manchots. Une étude effectuée dans l'archipel antarctique de Crozet, refuge des manchots royaux, montre qu'une hausse de 0,26 °C se traduit pour eux par un taux de survie réduit de 9 % (PNAS, février 2008). En outre, ces régions polaires sont vulnérables aux invasions d'espèces exotiques, selon le GIEC.

139. L'inscription d'*Urus maritimus* en 2006 sur la « liste rouge » des espèces menacées d'extinction s'appuie sur des études de l'US Geological Survey montrant qu'en 2050, si le réchauffement se poursuit au rythme actuel, 97 % de la glace arctique aura fondu et deux tiers des ours polaires disparu d'Alaska. Même G. W. Bush vient de se décider à placer les ours blancs sous la protection de la loi sur les espèces en danger. Cette décision, prise en mai 2008, est pourtant présentée comme n'ayant « aucun rapport » avec le changement climatique ! Et aucune limitation de la prospection pétrolière, autorisée en février 2008 sur 30 000 hectares dans la mer de Chuckchi, n'est prévue...

140. 27 espèces de mammifères ont déjà disparu en deux siècles ; 11 autres espèces, dont le koala et le kangourou arboricole, sont menacées d'extinction par le réchauffement. Le GIEC craint une perte substantielle « très probable » (à plus de 90 %) de biodiversité dans le Pacifique dès 2020, notamment dans les sites écologiquement riches de la grande barrière de corail et les tropiques humides du Queensland, le Sud-Ouest australien, les zones alpines d'Australie et de Nouvelle-Zélande et certaines îles d'Océanie.

141. Le GIEC juge cette hypothèse très probable (à plus de 90 %).

142. Près de 40 % des mammifères chinois sont menacés, ainsi que 70 % des plantes sans fleurs et 86 % des plantes à fleur de ce pays.

143. Rapport de l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques, présenté en décembre 2007 par les sénateurs P. Laffitte et C. Saunier.

144. Il s'agit de races ou sous-espèces ; l'ensemble des animaux d'élevage dans le monde appartient en effet à seulement 14 espèces d'oiseaux (poules, canards, oies, dindes, pintades, etc.) et 16 espèces de mammifères, mais ces espèces se divisent en nombreux rameaux. Les races les plus menacées sont celles du tiers-monde ; l'élevage y est plus diversifié – la FAO estime que les pays du Sud abritent 70 % des races de bétail recensées –, mais elles sont supplantées par des animaux plus productifs ; c'est ainsi que l'on voit de braves laitières holstein remplacer, en Ouganda, les watusi (ou ankolé) locaux, qui supportent pourtant bien mieux les épisodes de sécheresse.

145. Des cas remarquables d'adaptation aux conditions climatiques et sanitaires locales sont par exemple en Afrique la race bovine n'dama, résistante à la trypanosomiase (maladie du sommeil), les vaches yakoutes de Sibérie orientale, capables de supporter les plus grands froids, ou les moutons North Ronaldsay des Orcades, aptes à se nourrir de mousse et d'algues.

146. Cela explique que la FAO ait lancé et soutienne un grand nombre de programmes de conservation de lignages régionaux, pour éviter la perte définitive de leurs caractéristiques génétiques.

147. On estime que 30 variétés seulement fournissent 90 % des calories produites par l'agriculture mondiale (PNUE, rapport *GEO-4*, 2007). En France, 3 à 5 espèces de céréales couvrent les besoins en protéines végétales, contre plusieurs dizaines avant 1939, selon le rapport précité (note 142) du Sénat.

148. Il s'agit du programme de recherches européen Delivering Alien Invasive Species Inventories in Europe, dont les résultats complets ont été publiés en janvier 2008.

149. La jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) a été introduite à dessein pour compléter l'alimentation du bétail, qui l'apprécie en fait peu, mais elle a surtout pour effet d'entraver la navigation et de menacer le fonctionnement de certains barrages. Elle étouffe d'ailleurs aussi bien nos étangs européens. D'autres plantes invasives comme *Spartina alterniflora* menacent les écosystèmes côtiers (*Bioscience*, avril 2008).

150. Résultat d'un sondage Eurobaromètre réalisé dans toute l'UE pour la Commission européenne en 2007.

151. Ce rapport, présenté à la neuvième CDB à Bonn, en juin 2008, par l'économiste indien P. Sukhdev, évalue le coût *économique* réel de la perte de biodiversité ; ce n'est pas un coût monétaire immédiatement visible.

152. Cette notion a été préférée à celle, plus explicite, de « patrimoine commun de l'humanité ». Les Conventions sur la biodiversité visent à concilier l'objectif de conservation des espèces et la protection de la propriété privée de résultats de la recherche biologique, en organisant un mécanisme d'accès et de partage des avantages.

153. Non moins de 130 activités utiles à la connaissance et à la préservation de la forêt tropicale ont été recensées. Cependant l'engagement n'est plus d'arrêter totalement les disparitions d'espèces végétales et animales, comme le prévoyait la version initiale de ce texte.

154. Les études montrent que la réimplantation est en principe moins efficace que la préservation de conditions naturelles favorables à la flore et à la faune, qui leur permettent de préserver leur biodiversité, favorisant les brassages et même les réimplantations naturelles – comme on l'a vu pour le loup dans les Alpes françaises. Cependant, l'exemple concret de la réintroduction réussie d'espèces éteintes à l'état sauvage comme la perruche verte de l'île Maurice, le putois à pieds noirs (*Mustela nigripes*) ou le cheval sauvage (*Equus ferus*) plaide en sens inverse. 5 % des espèces de mammifères menacées suivies par l'UICN connaissent actuellement une amélioration de leur sort grâce à des actions de conservation.

155. L'extension des réserves naturelles se poursuit : des dizaines de millions d'hectares supplémentaires, notamment au Brésil, ont été protégés par la neuvième CDB, tenue à Bonn en mai 2008 ; cette extension laisse cependant sans protection une partie des espèces menacées : « Un peu plus de 20 % d'entre elles ne bénéficient d'aucune couverture spatiale », constatait une étude antérieure (*Nature*, avril 2004).

156. Cet engagement d'apporter 500 millions de dollars d'ici 2012 à un mécanisme international de financement des aires protégées a été pris par la chancelière allemande, A. Merkel, lors de la conférence de la CDB à Bonn (juin 2008).

157. Bien que ne couvrant que 1,4 % de la surface du globe, ces 25 territoires abritent plus du tiers des espèces dénombrées, dont de nombreuses espèces « endémiques », c'est-à-dire qui ne se retrouvent nulle part ailleurs sur le globe : 130 000 espèces de plantes (44 % du total mondial) et 9 500 espèces de vertébrés (35 % du total). Madagascar, les îles de la Sonde (en Asie du Sud-Est), les Philippines, les Caraïbes et la forêt atlantique brésilienne sont les zones de biodiversité maximale. Il est urgent d'agir, car 70 % du

milieu originel de ces régions aurait déjà été détruit par l'homme, et même 90 % dans certains cas (Sri Lanka, Madagascar, Sud-Est brésilien). Leur entretien prioritaire coûterait à peine plus d'un millième des 300 milliards de dollars annuels qu'il faudrait investir pour protéger la totalité de l'environnement terrestre. Les détracteurs de cette approche, proposée par l'ONG Conservation International, lui reprochent cependant de trop se concentrer sur les habitats tropicaux.

158. Le Grenelle de l'environnement posait le principe d'une *continuité territoriale* entre réserves naturelles, permettant aux espèces de circuler et ainsi aux écosystèmes de mieux fonctionner. Les « trames vertes », complétées par des « trames bleues » entre cours d'eau, devaient être juridiquement opposables à tout projet d'urbanisme ou d'infrastructure. Mais la loi Borloo-I d'octobre 2008 renvoie la question à un audit général qui déterminera le statut juridique de ces trames en matière d'urbanisme. Outre les 3 nouveaux parcs naturels, l'acquisition de 20 000 hectares de zones humides est prévue. Les financements publics pour la biodiversité seront portés à 200 millions d'euros par an d'ici à 2013. Un Observatoire de la biodiversité et une Fondation scientifique devraient aussi être créés.

159. Depuis 2006, les zones Natura 2000, qui couvrent environ 10 % du territoire français, et les zones humides bénéficient d'avantages fiscaux : exonération de taxe foncière et partiellement des droits de mutation (comme, dans ce dernier cas, pour les terrains situés dans des parcs ou des réserves naturelles). À l'échelle européenne, 4 255 nouveaux sites ont été ajoutés au réseau Natura 2000 en novembre 2007, couvrant 90 000 km², soit l'équivalent de la surface du Portugal.

160. Une étude de l'Université du Michigan a montré qu'une des zones de protection des pandas chinois ne donnait pas les résultats escomptés du fait qu'aucune compensation économique n'avait été offerte à la population pour les contraintes de protection de la réserve.

161. La CDB de Bonn a établi une « feuille de route » pour parvenir à un nouveau traité international sur l'utilisation des ressources génétiques en 2010. On s'acheminerait vers la création d'un *certificat d'origine* sur les gènes.

162. Cette politique d'ouverture partagée vaut mieux que celle de la soixantaine d'États qui, voulant bloquer la « biopiraterie », ont surprotégé l'accès à leurs ressources génétiques par des lois nationales qui, de fait, freinent la recherche. Elle est pratiquée par des organismes français comme l'IRD (Institut de recherche pour le développement), qui a systématisé les accords de partage de la propriété intellectuelle : les brevets ne sont déposés qu'en copropriété et le pays hôte reçoit la moitié des éventuelles royalties.

163. Par exemple, le partenariat conclu dès 1991 entre le grand laboratoire Merck et le Costa Rica, longtemps cité en exemple pour ses engagements de partage des bénéfices et de formation des populations locales, vient d'être discrètement arrêté par l'Américain, faute de découvertes rentables.

164. Le projet Global Seed Vault, achevé en novembre 2007 près du village de Longyearbyen, capitale de cet archipel norvégien proche du pôle Nord, permet le stockage souterrain de 4,5 millions de graines de plantes diverses (dont 100 000 variétés de riz, 200 000 de blé, 14 000 de légumes...) au fond d'un tunnel à flanc de colline, à - 18 °C, et à l'abri de toute catastrophe naturelle. Certaines plantes tropicales ne sont malheureusement pas couvertes, car elles ne peuvent être conservées que sous forme de boutures, de racines ou de cultures cellulaires, mais d'autres centres de conservation, dont ceux de l'IRD et du CIRAD en France, assurent cette sécurité.

165. Les banques de gènes stockent des graines de plantes, mais aussi les gamètes (sperme, ovules et embryons) des animaux, qui peuvent par ailleurs être conservés dans des zoos.

166. Le trafic d'animaux sauvages pour revente à des collectionneurs, voire à des laboratoires peu scrupuleux, ne le cède en ampleur qu'à ceux des armes et de la drogue. Il toucherait 38 millions d'animaux par an, selon l'ONG brésilienne Renctas.

167. Le sommet des ministres de l'Environnement de Potsdam, en mars 2007, a demandé le lancement d'une grande étude sur la valeur économique mondiale de la biodiversité et le coût de sa disparition. La France soutient par ailleurs la proposition de créer un réseau mondial des experts de la biodiversité, sous l'égide des Nations unies.

168. La CITES protège 33 600 espèces menacées ; l'éléphant et 800 autres espèces animales ou végétales figurent sur la liste rouge (« annexe I ») qui interdit tout échange ; le commerce des autres espèces est autorisé sous réserve du respect d'une réglementation stricte.

169. La convention de la CITES de La Haye, qui a pris cette décision en juin 2007, a cependant autorisé les pays d'Afrique australe à exporter les stocks d'ivoire accumulés depuis 2002 sous son contrôle. La première interdiction du commerce de l'ivoire date de 1989.

170. L'exportation du ramin, feuillu d'Indonésie, et de l'hoodia, un cactus africain utilisé comme coupe-faim, est maintenant réglementée par la CITES, de même que l'if asiatique, fournisseur du taxol, molécule anticancéreuse. Dans le domaine marin, le poisson-scie, l'anguille européenne, les coraux rouges et roses ont été placés sous protection en 2007.

171. Des « totaux autorisés de captures » (TAC) ou des quotas sont fixés pour les principales espèces de poissons et crustacés pêchés dans les eaux communautaires. L'UE s'efforce de les réduire progressivement pour les espèces en surpêche ; par exemple, - 18 % pour le cabillaud, - 15 % pour la sole en 2008. Ces réductions sont d'autant plus nécessaires que 88 % des poissons des eaux communautaires sont surexploités, contre 25 % en moyenne mondiale. La réforme de la politique commune de la pêche, prévue pour 2012, s'orienterait vers des quotas individuels, bien plus faciles à contrôler. Le document du Sénat sur la biodiversité préconise de mettre ces quotas aux enchères.

172. Les professionnels, menacés dans leur emploi et souvent soutenus par les États membres, se plient hélas difficilement aux règles communautaires. Leurs capacités de pêche au thon rouge représentent le double du quota autorisé : 55 000 tonnes contre 29 500 tonnes. Il n'est dès lors pas étonnant que les captures illégales se multiplient, menaçant le renouvellement de l'espèce. Les données officielles de capture ne sont d'ailleurs « ni complètes ni fiables », selon la Cour des comptes européenne. Le quota autorisé est lui-même très supérieur au prélèvement jugé supportable par les scientifiques, qui n'est que de 15 000 tonnes - d'où l'appel au boycott de ce produit lancé par WWF, et suivi par certains grands distributeurs. Une proposition américaine de moratoire de trois à cinq ans sur la pêche du thon rouge en Méditerranée et dans l'Est-Atlantique a malheureusement été repoussée fin 2007.

173. D'utiles décisions ont été prises pour interdire certaines formes de pêche dangereuses pour le vivant (« à la lanterne », aux explosifs, au cyanure...), ainsi que les filets dérivants.

174. L'aquaculture fournit aujourd'hui 45 % des poissons consommés par l'homme. Pour éviter les maladies, les élevages sont traités avec des doses massives d'antibiotiques

et de fongicides qui affectent les milieux naturels ambiants sans toujours empêcher leur diffusion, comme le montre par exemple la prolifération des « poux de mer » qui s'attaquent aux saumons.

175. Le taux de 10 % d'aires marines protégées est celui que recommande la CDB. Il se compare à... 0,19 % en 2007. Le parc naturel de la mer d'Iroise a été créé en septembre 2006 ; les autres parcs en projet sont ceux de la Côte Vermeille (Pyrénées-Orientales), du bassin d'Arcachon, et des estuaires de la Gironde, de la Somme, de l'Authie et de la Canche. À terme, les aires protégées devraient couvrir entre 20 et 30 % du domaine maritime français. La Méditerranée deviendra un site pilote, et un écolabel sera créé pour les produits de la pêche. De son côté, l'Union européenne a étendu aux zones maritimes fragiles (estuaires, îles, bancs de sable, lagunes) le programme de protection *Natura 2000*, initialement destiné aux espaces terrestres.

176. Les coraux sont de minuscules polypes, apparentés aux méduses et aux anémones de mer, qui prospèrent le long des côtes tropicales en eau peu profonde et chaude (de 23 à 33 °C). Ils construisent pour se protéger un exosquelette calcaire ; l'accumulation de ces structures donne les récifs coralliens qui entourent la plupart des îles tropicales et peuvent atteindre de vastes dimensions, comme la Grande Barrière de corail australienne. Un dixième des coraux mondiaux sont sous responsabilité française, dans nos DOM et TOM.

177. L'écosystème corallien est très riche : on compte jusqu'à 600 espèces différentes de corail, et ils abritent des milliers d'autres espèces animales et végétales sous-marines, souvent encore inconnues. En outre, les coraux protègent les côtes de l'érosion et fournissent des données importantes sur l'histoire de notre climat. Dix espèces figurent sur la dernière « liste rouge » de l'UICN.

178. Une étude récente portant sur 709 espèces de coraux constructeurs de récifs indique que 32,8 % d'entre elles courent un « risque élevé » d'extinction (*Science*, juillet 2008).

179. Il s'agit de mieux maîtriser l'urbanisation et de freiner le réchauffement climatique rendant les eaux dangereusement trop acides. L'acidification des océans diminuera le calcaire en suspension et aura, selon le GIEC, des effets négatifs sur tous les organismes qui en utilisent pour former leur coquille. Une concentration atmosphérique de CO₂ de 800 ppm pour 2100 (hypothèse haute, mais pas maximale) induirait le niveau d'acidité des mers le plus élevé depuis vingt millions d'années et diminuerait la vitesse de fabrication des coquilles de 10 à 25 % selon les auteurs d'une étude parue dans *Geophysical Research Letters* en avril 2007, qui notent cependant la possibilité d'adaptation à long terme des organismes à ce nouvel environnement. Au surplus, la probabilité attribuée par le GIEC lui-même à cette hypothèse n'est que de plus d'une « chance » sur deux ; le stress thermique frappant des organismes à faible capacité d'adaptation serait une cause beaucoup plus probable (à 90 %) de mortalité accrue des coraux : une hausse de température du globe d'environ 2 °C entraînerait un blanchissement accru sur la majorité d'entre eux ; si la hausse atteint 3 °C et plus, on assistera à une « mortalité étendue ». Les projections montrent une perte de biodiversité significative dès 2020 dans la grande barrière de corail des côtes du Queensland.

180. Le sujet reste controversé, car deux études (*PNAS*, juin 2002 et *Science*, juillet 2003) attribuent plutôt la maladie qui les blanchit – ils expulsent les algues microscopiques qui leur donnent nourriture et couleurs – à des bactéries issues des eaux usées humaines et à la pollution en général plutôt qu'au climat. On attribue aussi à la pollution

(ainsi qu'à la surpêche de ses prédateurs naturels) la prolifération dans la zone des Célèbes d'une étoile de mer, l'acanthaster pourpre, qui détruit les coraux. En revanche, une récente étude australo-américaine rend le premier rôle à l'acidification des océans, jugeant qu'un réchauffement de 2 °C ne laissera aucune zone propice à la survie des coraux, qui disparaîtraient tous avant la fin de ce siècle (*Science*, décembre 2007).

181. Il s'agit du rapport établi en 1987 pour l'ONU par la Commission mondiale environnement-développement, alors présidée par Mme Gro H. Brundtland, Premier ministre de Norvège. La définition officielle ci-après en provient.

182. Trois exigences constituent les « piliers du développement durable » : croissance et efficacité économiques, sans lesquelles les ressources manqueraient ; protection de l'environnement et des « biens publics mondiaux » devant bénéficier à tous, sans exclusive ; et préoccupations d'équité sociale. La protection de la nature va en effet de pair avec la solidarité entre peuples, et donc la réduction des inégalités entre pays riches et pauvres. C'est dans cet esprit que l'Agence française de développement (AFD) par exemple soumet tout projet qu'elle finance à une évaluation de l'« empreinte carbone », c'est-à-dire du bilan des GES qui seront émis ou évités.

183. Selon Ignacio Ramonet, cofondateur d'Attac, *Sauver la planète, Le Monde diplomatique*, août 2002.

184. L'aide publique au développement ne dépasse pas aujourd'hui 100 milliards de dollars (106 milliards de dollars en 2006, selon le rapport du CAD de l'OCDE), soit moins de 0,3 % du produit national des donateurs ; on reste loin de l'objectif de 0,7 % du PIB fixé par la CNUCED, seuls quelques pays scandinaves et les Pays-Bas dépassant ce niveau.

185. 40 % des céréales récoltées dans le monde servent à nourrir le bétail et non directement les hommes.

186. La production mondiale de viande en 2007 est estimée à 258 millions de tonnes, contre 64 millions de tonnes en 1961, soit un quadruplement. Plus de 10 milliards d'animaux sont consommés chaque année.

187. La FAO indique qu'un Américain moyen consomme 123 kilos de viande par an, contre 5 kilos pour un Indien. Pour stabiliser les émissions de GES de l'élevage à leur niveau actuel avec une population mondiale augmentée de moitié en 2050, il faudrait réduire la ration de viande à 90 grammes par personne et par jour (33 kilos par an) en moyenne mondiale. Un rapport publié en septembre 2008 par l'Université britannique du Surrey donne le même ordre de grandeur : il faudrait limiter la consommation par tête en moyenne mondiale à 500 grammes de viande et un litre de lait par semaine, contre 730 grammes et 1,5 litre actuellement (mais 1,6 kilo et 4,2 litres au Royaume-Uni).

188. La production de 1 kilo de poulet consomme trois fois moins de céréales que celle de 1 kilo de viande de bœuf : 4 à 5 kilos de céréales, nécessitant elles-mêmes 5 à 6 tonnes d'eau, contre 12 à 15 kilos de céréales et donc près de 15 000 m³ d'eau pour 1 kilo de bœuf. Le gouvernement australien suggère même à ses concitoyens, dans un rapport paru en octobre 2008, de préférer la viande de kangourou ! Ces animaux, très nombreux (25 à 40 millions sur le continent) émettent en effet très peu de méthane, et leurs habitudes de pâturage sont adaptées à l'écologie du pays.

189. La consommation de viande en Chine est déjà passée de 20 à 50 kilos annuels par habitant de 1995 à 2005.

190. Selon un rapport de la FAO sur l'impact écologique de l'élevage, publié en novembre 2006, la production de viande passerait de 229 millions de tonnes en 2005 à 465 en 2050. Les auteurs rappellent que l'élevage, seule activité possible pour nombre

de populations pauvres, fait vivre directement ou indirectement 1,3 milliard de personnes et apporte des protéines indispensables à des populations mal nourries ; ils suggèrent en revanche que les pays avancés devraient diminuer leur consommation. Le rapport *GEO-4* du PNUE précise que la « transition continue de la consommation de céréales à la consommation de viande », s'ajoutant à la croissance de la population, va conduire la demande alimentaire globale non pas à « seulement » doubler, mais à tripler d'ici 2050 (la fourchette indiquée est une multiplication par 2,5 à 3,5).

191. Les couverts végétaux laissés en place empêchent l'érosion des sols, améliorent la rétention d'eau, freinent les fuites de polluants vers les rivières et captent du carbone.

192. Ce modèle d'agroforesterie, ou écoagriculture, repose sur la capacité des écosystèmes à se régénérer grâce à des associations de plantes différentes, en faisant se succéder de multiples cultures complémentaires (par exemple, le mil et l'acacia en Afrique) sur des périodes dépassant les assolements classiques (cinq ans par exemple).

193. Le semis direct sur paillage se pratique de plus en plus au Brésil par exemple. Par ailleurs, outre l'utilisation judicieuse des engrais naturels comme le fumier et les déchets organiques, on peut par exemple ajouter dans les sols du bois fragmenté comme compost organique.

194. Le *non-labourage*, dans lequel on se contente de fragmenter la couche superficielle du sol pour le rendre plus perméable à l'eau et aux semis au lieu de le retourner en profondeur, a l'avantage de mieux le protéger de l'érosion. Il progresse beaucoup en France, où un tiers des grandes cultures semées en 2006 l'a été sans retournement du sol, ce qui économise 20 à 40 litres de fuel à l'hectare pour une faible perte de rendement (4 % pour le blé). Mais cette technique n'est pas applicable partout, et suppose un recours accru aux herbicides, les mauvaises herbes n'étant plus enfouies.

195. Les vers de terre, nématodes, termites, fourmis et organismes fousseurs enrichissent les sols tropicaux et favorisent l'absorption des eaux de pluie, limitant ainsi l'érosion due au ruissellement ; acariens et champignons éliminent certains polluants et combattent des germes pathogènes.

196. Ce coût d'investissement est estimé à 300-400 dollars par hectare par an pendant les trois ou quatre premières années.

197. Rapport 2007 du groupe de travail III du GIEC. Le rapport Stern estime de son côté la quantité de CO₂ qui pourrait être séquestrée par de meilleures façons culturales à 1 milliard de tonnes par an à l'horizon 2020.

198. C'est ainsi que le Brésil met en place, dans le cadre d'un « Pacte pour la valorisation de l'Amazonie » élaboré avec la Banque mondiale, WWF et d'autres ONG brésiliennes et internationales, des concessions appelées « unités de conservation » où la forêt est pour partie totalement préservée et pour partie exploitée de manière durable en associant forestiers et populations locales. 24 millions d'hectares devraient être couverts à terme. Le gouvernement de l'État d'Amazonas distribue une bourse mensuelle aux familles s'engageant à ne pas déboiser, avec le soutien d'un fonds financé par des entreprises et pays volontaires, en échange de crédits carbone.

199. Le Forest Stewardship Council, ou Conseil de bonne gestion forestière, créé en 1993 à la suite du sommet de la Terre de Rio, est un organisme indépendant composé d'ONG (WWF, Greenpeace, Rainforest Alliance) et de forestiers. Pour obtenir son label, il faut respecter 10 principes d'exploitation « environnementalement responsable, socialement bénéfique et économiquement viable ». Il existe trois autres labels, dont le principal

est le PEFC, soutenu par France nature environnement et plus spécialement destiné aux forêts européennes.

200. Fin 2006, plus de 250 millions d'hectares, soit 7 % des superficies forestières totales et 20 % de celles dédiées à la production, bénéficient de ces labels, mais moins de 10 % de ces exploitations certifiées se situent en zone tropicale.

201. L'Agence française de développement (AFD) a mis en place une enveloppe de 60 millions d'euros pour accorder des prêts bonifiés aux forestiers du tiers-monde, prêts à inventorier leurs ressources et planifier les coupes sur trente ans au minimum, avec une gestion bloc par bloc pour permettre la reconstitution du capital naturel.

202. Il s'agit du Maritime Stewardship Council, basé à Londres.

203. Parmi ces grandes marques figurent les thés Lipton et Kraft France (cafés Jacques Vabre, Carte noire...). Le cahier des charges de Rainforest Alliance comporte des directives détaillées et des critères éliminatoires ; il exige la traçabilité des produits phytosanitaires, le traitement des eaux usées, l'absence de cultures transgéniques, etc.

204. Les 8 Objectifs du millénaire adoptés en septembre 2000 visent notamment l'obtention en 2015 d'une diminution de moitié de la proportion d'humains souffrant d'extrême pauvreté (moins de 1 dollar par jour) et de la faim, d'une très forte baisse de la mortalité juvénile et maternelle (deux tiers et trois quarts respectivement), la généralisation de l'éducation primaire, le renversement du cours des grandes épidémies, et l'assurance d'un développement plus durable en intégrant cet objectif dans les politiques nationales, en inversant la tendance à la perte de ressources naturelles, et en diminuant de moitié la part d'humains n'ayant pas accès à l'eau potable ou à l'assainissement ; le huitième objectif, qui regroupe les précédents, est la construction d'un « partenariat global pour le développement ».

Chapitre IX

COMMENT DÉPOLLUER INTELLIGEMMENT LA TERRE ?

1. Le PNUE le dit sans détours dans son rapport *GÉO-4* : « certains des progrès accomplis pour réduire la pollution dans les pays développés l'ont été aux dépens des PVD, vers lesquels la production et ses impacts sont maintenant exportés » (voir aussi page 228).

2. L'OMS estime que les enfants et les adolescents sont les plus touchés par la pollution. Cela est vrai en milieu urbain comme en milieu rural, où le danger vient surtout de l'utilisation de la biomasse traditionnelle (charbon de bois, tourbe, déjections animales...) pour la cuisine et le chauffage, qui causerait à elle seule jusqu'à 1,3 million de décès prématurés par an ; ces décès proviennent il est vrai plus de mauvaises pratiques (locaux mal aérés...) que de la pollution atmosphérique. Celle-ci serait cependant la cause directe de 500 000 décès annuels, dont 100 000 enfants.

3. Selon le rapport *GÉO-4* du PNUE, « la production chimique mondiale devrait augmenter de 85 % au cours des vingt prochaines années ».

4. Confortant une étude du même type déjà menée à Orléans, l'étude de l'ONG Airparif, publiée en juin 2007, montre qu'une trentaine de pesticides, herbicides et fongicides sont présents dans 5 sites de la région (dont 19 aux Halles, à Paris). Elle est confortée par des travaux de l'Ineris publiés en mai 2008 montrant la présence d'au moins un pesticide dans 94 % des foyers analysés en Île-de-France.

5. La part de la population urbaine dans la population mondiale est majoritaire depuis 2008 (contre 10 % seulement un siècle plus tôt) (voir chapitre III, note 13). L'OCDE estime qu'elle dépassera 60 % du total en 2030. Selon l'ONU, elle devrait atteindre 80 % en 2050 – chiffre déjà observé dans les grands pays d'Amérique latine, alors que l'Inde et la Chine sont encore loin de ces niveaux, avec des taux d'urbanisation de 30 et 40 % respectivement. 3 milliards de personnes vivent actuellement dans des villes, contre 150 millions – vingt fois moins – il y a un siècle.

6. Déjà, 19 des 28 agglomérations de plus de 10 millions d'habitants se situent dans les pays en développement, selon le rapport publié en octobre 2008 par ONU-Habitat.

7. En 1950, une seule des 7 agglomérations dépassant alors 5 millions d'habitants se situait dans le tiers-monde. Sur les 61 agglomérations de cette taille aujourd'hui, 41 appartiennent aux pays du Sud, et une quinzaine d'entre elles comptent de 12 à 22 millions d'habitants : il s'agit de Mexico, Buenos Aires, São Paulo, Le Caire, Téhéran, Karachi, Mumbai (Bombay), Delhi, Calcutta, Dacca, Chong Qing, Pékin, Shanghai, Djakarta, Séoul et Manille. D'ici une trentaine d'années, plusieurs cités dépasseront 30 millions d'habitants, voire 40 millions pour Bombay ou Lagos (qui ne compte encore que 11 millions d'habitants, mais dont la croissance est exponentielle) ; c'est la population actuelle de l'Espagne ou de la Pologne.

8. Dans la vaste agglomération de Pékin (12 millions d'habitants) par exemple, la quantité de polluants est quintuple des normes de l'OMS, causant des milliers de décès. Les gaz toxiques émis par les véhicules (plus de 3 millions dans la capitale chinoise), les complexes industriels de la région capitale et de la province proche du Hebei et les centrales au charbon produisent un mélange particulier d'oxydes d'azote, d'ozone, de dioxyde de soufre et de particules dont la densité est entre trois fois (les meilleurs jours) et huit fois supérieure à celle de l'air parisien, pourtant lui-même vicié, selon une étude du LESCE français et du centre de l'environnement de Pékin publiée en mars 2008. Cela accélérerait le décès de 25 000 personnes par an, selon une évaluation faite par des chercheurs de l'université de la capitale chinoise, à partir de chiffres de l'année 2002.

9. Le dioxyde de soufre, l'ozone et les particules en suspension sont les principaux responsables d'une crise sanitaire qui, selon le Pr A. Hendley, de l'Université de Hong Kong, tue directement 2 000 personnes chaque année – alors que le SRAS, qui a frappé spécialement la ville en 2003, n'a causé « que » 299 morts. La facture annuelle (frais médicaux et baisse de productivité) serait de 230 millions d'euros. Les autorités locales minimisent, mais admettent des concentrations maximales de 180 microgrammes de particules et 350 µg de dioxyde de soufre par m³ (contre 20 pour la norme de l'OMS).

10. Sur les 342 villes régulièrement auditées par la SEPA, un peu plus d'un tiers seulement remplissent les normes de qualité de l'air requises pour les zones résidentielles. Un rapport de l'OCDE paru en juillet 2007 le confirme : « la pollution de l'air dans certaines villes de Chine atteint des niveaux parmi les plus élevés du monde, l'intensité énergétique est supérieure d'environ 20 % à la moyenne des pays de l'OCDE et environ un tiers des cours d'eau sont gravement pollués » ; la Chine continue à produire des « substances qui appauvrissent la couche d'ozone » ; 10 % des villes pâttissent de précipitations très acides ; la production totale de déchets – dont moins de 5 % sont incinérés ou recyclés – a augmenté de 80 % en quinze ans. « Pour quadrupler le PIB entre 2000 et 2020 comme prévu, il faudra augmenter dans les mêmes proportions le financement de la

gestion de l'environnement, faute de quoi la croissance ne saurait être économiquement viable », conclut fort raisonnablement ce rapport.

11. Voir les constats du World Resources Institute et de la Banque mondiale. Le gouvernement chinois, qui s'efforce de minimiser ces problèmes dans sa communication, en est en même temps fort conscient. Des campagnes périodiques de propreté sont lancées, et la préparation des JO de Pékin en 2008 a suscité des efforts pour améliorer la situation. La qualité de l'air et le nombre de jours où le ciel est clairement visible s'amélioreraient... selon les statistiques officielles.

12. Ce rapport de la Banque mondiale, paru en version préliminaire en mars 2007 et si sensible qu'il a été partiellement censuré ensuite sur demande du gouvernement chinois, dénombre 350 000 à 400 000 victimes de la pollution de l'air ambiant (surtout urbain), 300 000 d'atmosphères toxiques dans leur intérieur et 66 000 (ruraux) liés à la pollution de l'air et des eaux. D'autres sources, américaines, attribuent 400 000 décès annuels au seul dioxyde de soufre émis par les 2,5 milliards de tonnes de charbon brûlées chaque année en Chine (voir chapitre VII). Une étude parue en octobre 2008 dans la revue médicale *The Lancet* porte même à 2 millions par an le nombre de décès (par bronchopneumonies chroniques, cancers broncho-pulmonaires et tuberculoses) dus à la conjonction du tabac et du recours massif au charbon pour le chauffage et la cuisson. On constate en tout cas une recrudescence alarmante des cancers dans les zones à développement industriel intense de la côte Est.

13. Ce nuage toxique apparu dès les années 1970, épais de 3 kilomètres et aussi grand que les États-Unis, est un aérosol formé de cendres, de soufre, d'oxydes de carbone et d'azote, de poussières et autres particules ; il résulte tant des feux de forêt que de la combustion des déchets agricoles, des industries, des véhicules, des centrales électriques, et des millions de chauffages individuels utilisant charbon de bois ou déjections animales.

14. Dans la capitale de la Côte-d'Ivoire, près de 1 500 personnes ont été intoxiquées, en septembre 2006, par 400 tonnes de déchets toxiques contenant des agents organochlorés et du soufre, et émettant de fortes quantités d'hydrogène sulfuré (H_2S), qui avaient été déversées plus ou moins clandestinement à ciel ouvert ; l'affaire a causé plusieurs décès et entraîné la démission du gouvernement.

15. Ces éléments sont donnés par le rapport 2006 de l'Institut français de l'environnement (IFEN). Le nombre de jours où l'indice Atmo de qualité de l'air, qui va de 1 (excellent) à 10 (très mauvais), est supérieur à 5 dépasse 120 dans la plupart des grandes villes des régions Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur. Les dépassements de la limite admise pour la protection de la santé humaine sont nombreux pour l'ozone et les particules fines.

16. Une étude sur cinq ans publiée en 2006 par l'Institut national de veille sanitaire montre un lien significatif entre pollution atmosphérique et hospitalisations pour causes cardio-vasculaires dans 8 villes françaises. Quant aux cancers, l'Appel de Paris contre la pollution chimique, lancé en mai 2004 par de nombreux médecins et chercheurs, va jusqu'à attribuer les trois quarts d'entre eux à des facteurs environnementaux, le quart restant étant dû au tabagisme ; mais ce point de vue est contesté (voir annexe 2). L'AFSSET évalue la part des cancers directement dus à la pollution à 5 % seulement. Selon l'enquête européenne *Pollution et santé*, près de 2 000 décès annuels pourraient être évités si la pollution était réduite d'un quart dans 23 villes de l'UE.

17. Cette évaluation figure dans le plan national santé-environnement de 2004. Elle est sans doute un peu exagérée : selon l'Institut de veille sanitaire, le taux annuel de décès

précoces évitables en supprimant la pollution serait de plus de 30 pour 100 000 habitants à Paris mais aussi de 28 à Lyon, 25 à Marseille, 24 à Strasbourg et au Havre, etc. (chiffres de 2003 et 2004), ce qui donnerait un chiffre, encore impressionnant, d'environ 10 000 décès prématurés en moyenne nationale.

18. Baisse de la fertilité, accroissement des malformations, naissances plus fréquentes de jumeaux ou altération du rapport de naissances filles/garçons. Selon une étude publiée en 2004 dans *Environmental & Occupational Medicine Journal*, certains polluants agissant comme perturbateurs endocriniens seraient à l'origine de naissances plus fréquentes de jumeaux. L'étude, portant sur plus de 20 000 accouchées, montre que celles vivant à moins de 20 kilomètres d'un incinérateur de déchets industriels en Hesse ont eu plus de deux fois plus de jumeaux que les autres (5,6 pour 100 naissances contre environ 2 en général). Elle confirme des résultats analogues obtenus dans les années 1980 en Écosse, et en 2000 en Belgique. Par ailleurs, des études menées en Russie et au Groenland par le Programme de surveillance de l'Arctique associent le bouleversement du rapport des sexes à la naissance (dans certaines communautés, il naît 2 filles pour 1 garçon) à la forte présence de POP dans le sang des femmes inuits. Les atteintes aux fonctions reproductives sont aussi dues au contact avec des produits contenus dans des matières plastiques comme les phtalates et le bisphénol ; voir annexe 41, note 5.

19. L'usage trop fréquent de produits ménagers domestiques (désinfectants, aérosols, désodorisants...) par des femmes enceintes ou peu après leur naissance nuirait à la santé des enfants, exposés à des sifflements et à une baisse de leur capacité respiratoire à l'âge de 8 ans, selon une étude de cliniciens anglais (*Journal européen de pneumologie*, mars 2008).

20. Le radon est principalement produit par la désintégration naturelle de l'uranium présent dans les sols granitiques et volcaniques (Bretagne, Auvergne, Vosges, Savoie, Corse...). Il cause un tiers de l'exposition totale de la population française aux rayonnements ionisants (les expositions médicales comptent pour un autre tiers, les rayons cosmiques pour 11 %, etc.) ; l'exposition venant de l'industrie et des centrales nucléaires est bien plus faible : moins de 1 % au total. Les recherches ont établi une relation linéaire entre la quantité de radon accumulée dans l'organisme et le risque de cancer du poumon. Le radon serait à l'origine de 9 % des cancers du poumon et de 2 % de tous les cancers en Europe (*Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, mai 2007).

21. Il s'agit des diphényléthers polybromés (PBDE), qui remplacent les PCB interdits pour la fabrication des tableaux de bord, accoudoirs, tapis, mousses, etc. On en trouve aussi beaucoup dans les ordinateurs. Deux de ces substances, le penta- et l'octa-BDE, ont été interdites en 2004 en Europe du fait de leur toxicité sur les animaux.

22. Il est interdit de produire, d'utiliser ou de vendre ces produits. Le DDT avait été interdit dès les années 1960, notamment à la suite de l'alarme lancée par la zoologiste américaine Rachel Carlson dans son livre *Silent Spring*, mais des exceptions ont dû être faites et maintenues pour certains pays en développement afin de combattre le paludisme ; il en est de même pour le mirex, insecticide très efficace contre les termites, et pour certains PCB.

23. Ces quatre produits, retenus par la conférence des parties à la convention de Stockholm réunie en mai 2005 à Punta del Este pour étude sur trois ans avant inclusion dans la liste des POP interdits, sont : l'insecticide lindane, le pesticide chlordecone, et deux produits ignifuges, le penta-BDE et l'hexa-BB (hexabromobiphényle). On soupçonne ce dernier d'être responsable de la disparition de la moitié de la population des diables de

Tasmanie : le corps de ces petits marsupiaux carnivores, vivant pourtant relativement à l'abri dans une île peu industrielle, en contient des quantités élevées dans ses tissus gras. Les retardateurs de flamme sont aussi accusés de provoquer des maladies de la thyroïde et de perturber le système reproducteur ; ils induisent même des cas de cancer chez les rongeurs.

24. Les émissions européennes de dioxyde de soufre (SO_2 , qui se transforme ensuite en acide sulfurique H_2SO_4 en se combinant avec l'eau et l'air) se sont élevées en 2004 à 15 millions de tonnes, soit 65 % de moins qu'en 1990.

25. Les rejets chinois de dioxyde de soufre dus à l'activité charbonnière et industrielle ont encore augmenté de 1,8 % en 2006 malgré un objectif officiel de baisse de 2 %. Selon le *World Energy Outlook 2007* de l'AIE, les rejets mondiaux de SO_2 passeraient de 26 millions de tonnes en 2005 à 30 millions de tonnes en 2030.

26. L'industrie chimique de l'UE produit le tiers du total mondial et emploie directement 1,7 million de travailleurs. L'enjeu économique est donc important.

27. À la différence de la terminologie juridique française, un règlement européen n'est pas un décret mais bien une loi, votée par le Parlement ; le règlement est d'application directe, alors que la directive européenne (= loi-cadre) doit être « transposée » par des lois nationales.

28. 100 000 substances chimiques de synthèse ont été répertoriées en Europe, dont 30 000 seulement sont couramment utilisées. Depuis 1981, toutes les nouvelles molécules introduites – 200 chaque année, 4 300 en tout – devaient être déclarées et testées. Mais cette obligation ne s'étendait pas aux produits déjà existants...

29. Ces substances sont classées CMR 1&2 (cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction), PBT (persistantes, bioaccumulables et toxiques) ou vPvB (les mêmes, en plus intense). Leur autorisation, pour une durée limitée, supposera d'avoir démontré que tout est mis en œuvre pour les rendre moins dangereuses et que les risques associés sont valablement maîtrisés ou, à défaut, que les avantages socio-économiques l'emportent sur les risques ; les industriels devront substituer des produits plus sûrs aux leurs, dès qu'ils existeront.

30. Cette réglementation concerne les molécules de l'industrie chimique, qu'elles soient incorporées dans les produits ou rejetées au cours de leur fabrication, mais pas celles utilisés en pharmacie, dans l'alimentation ou comme pesticides, qui relèvent de réglementations spéciales.

31. Toutes les substances manipulées doivent être enregistrées par Internet auprès de l'agence européenne Echa, avec les informations sur leurs propriétés physico-chimiques et écotoxicologiques et une évaluation des risques pour la santé et l'environnement tout au long du cycle de vie du produit. Des tests toxicologiques doivent être effectués dans des laboratoires certifiés ; les tests de base sont obligatoires au-dessus d'une tonne annuelle ; au-delà de cent tonnes, les essais s'allongent à des expositions de vingt-huit jours, et au-delà de 1 000 tonnes à une durée de trois mois.

32. Si le Conseil des ministres souhaite ne pas suivre une recommandation d'interdiction formulée par l'Echa, il devra en saisir la Commission européenne, qui seule aura le pouvoir de décider éventuellement de faire prévaloir un intérêt économique et social sur l'avis scientifique.

33. Les préenregistrements débutent dès juin 2008 ; toutes les substances nouvelles restent contrôlées d'emblée, et les composés existants seront couverts progressivement : l'Echa se donne jusqu'à fin 2012 pour les produits les plus abondants (plus de

1 000 tonnes par an), touchant les organes aquatiques (dès 100 tonnes par an) ou CMR (dès 1 tonne par an) ; l'évaluation des autres produits fabriqués en quantité supérieure à 100 tonnes pourra s'étaler jusqu'à mi-2016, celle du reste jusqu'au 1^{er} juin 2018.

34. Les moyens de l'Agence resteront toutefois trop limités pour contrôler tous les tests qui lui seront soumis. Elle reconnaît qu'elle ne pourra en fait vérifier que... 5 % des dossiers, mais espère qu'un bon ciblage permettra à ce contrôle d'être efficace. Son action sera relayée au niveau national. En France, c'est le BERP, géré en commun par l'Ineris et par l'INRS en liaison avec l'AFSSET, qui coordonnera la mise en œuvre de Reach.

35. Le Pr D. Zmirou, de l'Inserm, dénonce ainsi « l'écart considérable qui sépare les récentes recommandations de l'OMS sur la qualité de l'air et les arbitrages sur le point d'être rendus... sur les futures "normes" de qualité de l'air au prétexte de ne pas nuire à la compétitivité des entreprises » (*Médecine-Sciences*, juin 2007). Un nouvel appel a été lancé en avril 2008 par un groupe de chercheurs européens s'appuyant sur un rapport du service de toxicologie de l'Université de Londres qui souligne le lien entre cancers du sein et polluants chimiques : pesticides, pyralène, dioxines mais aussi conservateurs et anti-oxydants émulerait l'hormone sexuelle féminine œstradiol, dont le lien avec le risque de cancer du sein a été établi.

36. Il existe même des machines à laver fonctionnant sans lessive, par un système d'électrolyse. Le fabricant chinois Haier en propose.

37. La Suisse a interdit les lessives aux phosphates depuis 1986, la Belgique depuis 2002.

38. Certains nettoyeurs ménagers banals ont par exemple été accusés d'émettre des quantités élevées de formaldéhyde, un gaz irritant pour le système respiratoire et cancérigène. Les produits pour les vitres dégagent des éthers de glycol ; les parfums d'ambiance et désodorisants dégagent des composés organiques volatils ; etc.

39. Un décret de mai 1999 prévoit la collecte, le tri et le retraitement de tous les accumulateurs. Malheureusement, un tiers seulement des 20 000 tonnes de piles vendues en France chaque année finit actuellement dans un centre de recyclage, où l'on récupère les métaux réutilisables (fer, zinc, acier inoxydable, nickel...) ; le reste se retrouve dans les décharges. Les organismes spécialisés ont pourtant organisé 30 000 points de collecte, et 87 % des Français déclarent les utiliser, selon un sondage IFOP de février. La réalité est que les bacs de collecte sont trop peu nombreux, parfois en mauvais état et rarement vidés... La situation est pire à l'échelle européenne, puisque, malgré une nouvelle législation applicable depuis décembre 2008 et obligeant à recycler d'ici à 2012 un quart au moins des piles et accumulateurs portables, 27 000 tonnes seulement sur 200 000 ont été traités en 2007 dans l'UE.

40. Ces cours d'eau souffrent d'une pollution de niveau 4 sur une échelle internationale allant de 1 à 5, et dans la moitié des cas elle est telle qu'elle rend l'eau impropre même à l'arrosage. Les lacs rétrécissent, comme le Poyang, dans le Jiangxi (le plus grand de Chine, tombé fin 2007 au dixième de son étiage normal) ou disparaissent, ou meurent : en mai 2007, le blocage de l'écosystème du lac Taihu (le troisième de Chine par la taille), asphyxié par la pollution de 2 000 usines chimiques s'ajoutant à celle qui est apportée par les rivières de cette province proche de Shanghai, a privé d'eau deux millions d'habitants pendant des semaines.

41. Une étude portant sur plus de 400 nappes phréatiques aux États-Unis a montré que 1 sur 5 était polluée par des solvants chlorés probablement cancérigènes : 17 % par du perchloréthylène, et 10 % par du trichloroéthane. En France, le rapport 2006 de l'IFEN

estime que près d'un tiers des nappes souterraines françaises contrôlées et la moitié des cours d'eau sont contaminés de façon significative par des pesticides.

42. Après des mesures successives d'interdiction (définitive depuis 1987), on espérait l'éradication de ces polluants organiques persistants. Des taux « préoccupants » de PCB (pyralène) ont pourtant été trouvés dans 40 % des cas sur 850 relevés effectués en 2007. De nombreux fleuves, rivières ou canaux sont touchés. La cause serait une accumulation ancienne de PCB, très peu solubles, dans la vase où ils sont ensuite absorbés par les poissons.

43. On a constaté en août 2007 une forte pollution du Rhône : des prélèvements ont affiché sur 6 espèces de poissons des taux de pyralène allant jusqu'à 59 picogrammes par gramme, dose sept fois supérieure au maximum fixé par l'OMS ; la pêche destinée à la consommation humaine a dû être interdite sur une bande de 300 kilomètres de long de l'Ain à la mer ! Mais des taux excessifs de PCB ont aussi été trouvés dans la Seine (en aval de Rouen) et la Somme, amenant à des interdictions temporaires. En tout, 13 départements ont été touchés.

44. Une étude de l'Association santé-environnement et de WWF, publiée en mai 2008, fait ressortir un taux de PCB dans le sang des consommateurs réguliers de poissons pêchés dans la Seine ou le Rhône cinq fois supérieur à ceux d'un groupe témoin ; cependant, l'échantillon est étroit et la fiabilité de cette étude incertaine. L'AFSSA et l'InVS ont lancé une enquête plus approfondie, dont les résultats seront connus en 2010.

45. Rapport de l'OCDE sur *La Performance environnementale de l'agriculture depuis 1990*, juin 2008. Cette pollution des eaux demeure malgré une légère diminution de l'utilisation de pesticides depuis dix ans (- 5 % en moyenne européenne, mais - 10 % en France). Aux États-Unis, la consommation de pesticides n'a baissé que de 4 %, malgré un recours important aux OGM.

46. Selon le rapport 2004 de l'Institut français de l'environnement, 75 % des eaux contrôlées en rivière et 57 % des eaux souterraines étaient contaminées par au moins un produit phytosanitaire, désherbant ou pesticide le plus souvent. La norme européenne pour la présence de pesticides dans l'eau est de 0,5 µg par litre ; or le chiffre atteint dans l'estuaire du Rhin 2 µg par litre ; dans celui de la Vilaine bretonne, il oscille entre 0,1 et 7 µg par litre.

47. Les nitrates, provenant des engrais azotés et des déjections animales (notamment à travers l'épandage du lisier comme fertilisant) rendent l'eau impropre à la consommation et provoquent, notamment en Bretagne (région qui, avec 6,5 % de la surface agricole française, concentre 56 % des élevages de porcs et plus du tiers des volailles), des invasions d'algues vertes dans les rivières et sur les côtes.

48. Dans 26 départements du Nord-Ouest français, la pollution de l'eau atteint même les couches profondes.

49. Les autres zones principalement touchées sont la mer de Chine (selon le Bureau océanique d'État chinois, 169 000 km² de zones maritimes côtières ne répondent plus aux normes sanitaires minimales), l'océan Atlantique au long des côtes américaines, et l'océan Indien autour du Sri Lanka (*Science*, février 2008).

50. La zone morte – due à un excès d'azote et de phosphore charriés par le fleuve, qui nourrissent des algues absorbant tout l'oxygène disponible – qui se forme chaque été au débouché du Mississippi s'étendra en 2008 sur 23 000 km², selon l'Agence nationale des

océans (NOAA) ; il existe, d'après le PNUE, 146 zones de ce type dans le monde, y compris en Baltique et dans l'Adriatique, et parfois dans les estuaires de la Seine et de la Loire.

51. Un peu plus de 2 milliards d'euros seront investis par la BEI d'ici 2020 dans 44 projets prioritaires pour le traitement des eaux urbaines (57 % du total), des déchets municipaux et des émissions industrielles. Bien que 200 000 navires sillonnent chaque année la Méditerranée, 80 % de la pollution maritime vient de la terre. Plus de la moitié des villes de plus de 100 000 habitants de la rive sud sont dépourvues d'installations de traitement des déchets et 60 % de leurs eaux usées sont directement déversées dans la Méditerranée.

52. C'est le cas le long des côtes namibiennes (Atlantique Sud), selon une étude de 2006. Les méduses venimeuses comme *Pelagia noctiluca* prolifèrent en Méditerranée, du fait tant du réchauffement climatique que de la pollution et de la surpêche de leurs prédateurs naturels, thons et tortues ; au Mexique, au Japon, des méduses géantes inquiètent baigneurs et éleveurs de crevettes.

53. Ces espèces invasives – algues, micro-organismes ou mollusques – sont souvent transportées sur les coques ou dans les eaux de ballast des bateaux ; voir chapitre VIII.

54. Même en région parisienne, les résidus de pesticides et de nitrates dus à l'agriculture céréalière du département de Seine-et-Marne ont causé une forte pollution de la nappe phréatique de Champigny, qui alimente 1 million de personnes. L'eau dépasse les plafonds réglementaires de pollution pour 15 % des habitants et des restrictions d'usage doivent être imposées en permanence à un tiers des communes du département.

55. Un plan imposant de notables réductions du cheptel de porcs et de l'épandage de lisier a finalement été mis en place : l'accord conclu à l'automne 2007 entre le gouvernement et la Commission européenne prévoit d'assainir les 9 bassins-versants qui ne respectent pas encore la norme européenne (on en comptait encore 37 en 2001). Quatre captages seront fermés sur les rivières les plus exposées, et des aides apportées aux éleveurs de porcs pour réduire leur cheptel et investir dans des couverts végétaux naturels pour remplacer les engrais azotés. Il n'est pas sûr que le problème soit pour autant définitivement résolu : selon l'association Eau et rivières de Bretagne, la pollution aux nitrates, loin de reculer, augmente de 1 milligramme par litre chaque année ! Les données officielles indiquent cependant une réduction du nombre de points de captage où les normes sont dépassées.

56. La France a été condamnée à deux reprises (en 2001 et de nouveau en janvier 2008) dans cette affaire par la Cour européenne de justice, les plafonds de pollution par les nitrates et les pesticides étant dépassés dans trois départements de l'Ouest. Notre pays risquait une amende de 28 millions d'euros plus une astreinte de 118 000 euros *par jour* jusqu'à mise en conformité. Malgré l'accord de fin 2007, la Commission européenne pourrait reprendre les poursuites en 2009.

57. Le tribunal administratif de Rennes a condamné l'État, en octobre 2007 à verser des dommages et intérêts, en raison de la prolifération de l'algue verte *Ulva armoricana* dans les baies du Finistère et des Côtes d'Armor. La prolifération d'autres algues comme la *Dinophysis* est aussi facilitée par la pollution (notamment phosphates, nitrates et autres engrais) à l'embouchure de nos principaux fleuves.

58. Le coût des travaux de restauration du bon état écologique des eaux de surface et souterraines a été évalué à 20 milliards d'euros pour le seul bassin de la Seine. Ils seront coordonnés par un Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) créé en 2007 et doté d'un budget de 110 millions d'euros alimenté par les redevances sur

l'eau. Il a signé des accords avec le Cemagref, le BRGM, l'Ineris et l'Ifremer. Un réseau de 1 500 sites de surveillance a été établi, mais l'insuffisance des connaissances scientifiques gêne la progression.

Il sera difficile d'atteindre l'objectif, retenu par le Plan national santé-environnement, de porter la proportion des captages d'eau protégés contre la pollution des 37 % de 2004 à 100 % en 2010. Pour y contribuer, un arrêté de septembre 2006 impose désormais aux agriculteurs une bande enherbée de 5 mètres au bord des cours d'eau. Tout traitement phytosanitaire y est bien sûr interdit. Ce dispositif rejoint des règles européennes qui conditionnent l'octroi des subventions de la PAC au respect par les agriculteurs de ces zones enherbées. Des études ont montré que ces bandes de prairie, pour étroites qu'elles soient, parviennent à arrêter 85 % des rejets de pesticides issus des champs voisins.

59. Le niveau très élevé de l'amende s'explique par le fait que la France a déjà été condamnée (en 2004) par la Cour de justice européenne dans ce dossier. La Commission européenne, constatant que nombre de localités, dont Paris, continuent à rejeter des eaux sales, contenant de l'azote et du phosphore, dans des zones sensibles *dix ans* après la date limite fixée (1998) a adressé un « dernier avertissement » à la France en février 2008.

60. On retrouve dans les eaux usées urbaines quantité de médicaments humains ou vétérinaires, des antibiotiques jusqu'aux anticancéreux ! Une étude réalisée à Berlin en 2001 a retrouvé, dans les rivières et nappes souterraines qui alimentent la ville, des anti-inflammatoires, des antiépileptiques, des hypolipémiants, etc.

61. Il faut dire que cela entraînera de coûteux travaux : 800 millions d'euros pour la seule station d'épuration d'Achères, en aval de Paris, où sont traitées les eaux usées de 6 millions de Franciliens. Notre pays compte 15 000 stations qui traitent 3 milliards de m³ d'eaux usées (chaque Français en produit 100 litres par jour).

62. Une enquête de l'IFEN publiée début 2008 montre qu'en 2004, plus de 720 000 logements en France n'étaient raccordés ni à un réseau d'assainissement ni à une fosse septique. 720 000 autres logements étaient raccordés à un réseau dont les effluents, au lieu d'être traités en station d'épuration, étaient déversés un peu plus loin dans la nature... La loi sur l'eau de 1992 imposait pourtant à toutes les communes de se doter avant 2005 d'un service public d'assainissement.

63. Reconnaissant que la France est dans ce domaine « un des mauvais élèves de la classe européenne », J.-L. Borloo a lancé, en application d'une des mesures prévues par le Grenelle de l'environnement, un programme de remise aux normes de l'ensemble des stations d'épuration, complet mais étalé sur quatre ans. Il met en demeure toutes les collectivités gérant des stations non conformes (il en reste 96, contre 123 en 2004) de passer une convention de réhabilitation avec les agences de l'eau, à défaut de quoi les subventions seront réduites puis arrêtées. Le ministre vise à « gagner la bataille » des eaux usées « fin 2011-début 2012 » ; 2 milliards d'euros de prêts bonifiés à trente ans de la CDC seront ouverts à cette fin.

64. Cette loi de juillet 2003 vise entre autres à limiter les inondations, aggravées par l'imperméabilisation des sols, en utilisant des terres comme déversoir en amont des villes, et à restreindre l'érosion par de bonnes pratiques agricoles (maintien des haies, qui sont aussi des refuges pour la biodiversité, labours en courbe de niveau...).

65. Un inventaire scientifique national permanent de la qualité de nos sols, qui couvrira d'ici 2010 l'ensemble du territoire, est réalisé, depuis 2001, par le groupement d'intérêt scientifique Sol. Des pays comme la Grande-Bretagne et la Suisse réalisent déjà de tels inventaires depuis plusieurs décennies.

66. La loi Barnier de février 1995 a créé une Commission nationale du débat public (CNDP) pour organiser des consultations préalables sur ces grands projets d'infrastructures.

67. Toutefois, la règle s'applique à des secteurs industriels définis comme la chimie et la métallurgie ainsi qu'aux décharges et aux incinérateurs d'ordures, mais comporte de nombreuses exemptions, à commencer par les transports et l'agriculture. Dans la loi française, les activités de défense, le nucléaire et le transport d'hydrocarbures seront exclus.

68. Les associations de défense de l'environnement ne pourront plus mettre en cause la responsabilité des exploitants devant la justice ; elles devront saisir le préfet, l'État étant seul à pouvoir exercer l'action en réparation. Mais le long délai de prescription (trente ans après le fait générateur) laisse le temps d'agir... En revanche, les collectivités locales se voient reconnaître le droit de demander réparation des atteintes à leur environnement devant les tribunaux.

69. L'éventualité d'imposer le provisionnement de ces risques et/ou d'introduire un régime d'assurance obligatoire pour les couvrir a été laissée ouverte en vue d'un bilan d'application prévu après six ans. La loi espagnole a introduit cette obligation dès à présent, à la différence de la loi française.

70. La TGAP regroupe cinq anciennes taxes frappant : la mise en décharge de déchets ménagers ; le stockage et l'élimination de déchets industriels dangereux ; la consommation d'huiles ; le bruit généré par le trafic aérien ; et la pollution des eaux (phosphates, produits phytosanitaires, granulats). De plus, depuis 2000, les 10 000 plus gros éleveurs doivent s'acquitter d'une redevance proportionnelle aux dégâts causés à l'environnement ; une taxe forfaitaire est imposée aux agriculteurs sur chaque kilo d'azote (contenu dans les engrais) excédentaire. Il a fallu pour cela que notre pays soit condamné par la Cour de justice européenne en 1998. La loi Borloo-II présentée en 2008 renforce la TGAP sur les décharges, les incinérateurs, l'extraction de granulats et l'étend aux pesticides et aux émissions de poussières.

71. La directive du 21 avril 2004 devait être traduite dans les trois ans dans les lois nationales. Jusque-là, la législation nationale (loi NRE de 2001) prévoyait seulement que les entreprises « rendent compte de l'impact social et environnemental de leurs activités ». Le nouveau texte, promulgué en juillet 2008, formera le titre « Prévention et réparation de certains dommages à l'environnement » du code de l'environnement.

72. La multinationale Metaleurop, filiale du groupe suisse Glencore, avait abandonné en 2003 le site industriel le plus pollué de France et peut-être d'Europe (à Noyelles, dans le Pas-de-Calais), exploité par sa filiale Metaleurop Nord, insolvable, sans aucune mesure de remise en état et sans que l'on puisse la poursuivre. Cinq ans après, 1 100 hectares sont toujours pollués autour de l'usine, après que 190 000 tonnes de déchets toxiques en ont été évacuées !

73. Le président de la République avait pourtant annoncé cette extension de la responsabilité aux sociétés-mères dans un discours du 26 octobre 2007 ; le ministère français du Développement durable a effectivement présenté en décembre 2007 un projet obligeant « l'entreprise dominante du groupe » à « répondre, en lieu et place de l'exploitant défaillant, de ses obligations » ; mais ce sujet sera finalement reporté au niveau communautaire, pour éviter des distorsions de concurrence.

74. Le principe proposé pour insertion dans le code civil est : « Tout fait quelconque de l'homme qui cause à l'environnement un dommage oblige celui par la faute duquel il

est arrivé à le réparer. » Le rapport Lepage propose aussi d'appeler en responsabilité les sociétés-mères (cf. note précédente), et les banques qui financeraient une activité manifestement contraire aux codes de la santé et de l'environnement.

75. D'autant que, selon la Commission européenne, 45 % des sols de l'UE ont une faible teneur en matières organiques et 16 % sont victimes de l'érosion par l'eau ou par le vent.

76. Le projet de directive sur la protection des sols en Europe, qui prévoyait de recenser les zones à risques et de faire l'inventaire des activités « potentiellement polluantes » (ports et aéroports, stations-service, pressings, décharges, mines, usines à risques, élevages de porcs ou de volailles...), avait été voté en première lecture par le Parlement européen. Le Conseil des ministres l'a pourtant rejeté, fin décembre 2007, du fait de l'opposition de l'Allemagne, du Royaume-Uni, de l'Autriche et des Pays-Bas. On peut regretter que la France ait facilité ce rejet par son abstention ; notre gouvernement, qui prône un inventaire « ciblé » plutôt que systématique, reprochait à ce projet, dépourvu d'objectifs chiffrés, de ne pas mettre assez l'accent sur la décontamination des sites pollués.

77. 3 % de la récolte de grains de l'Empire du Milieu sont pollués par des métaux lourds. Cette pollution de la récolte céréalière (12 millions de tonnes touchées) a été admise par le ministre responsable de l'agence de l'environnement (la SEPA), M. Zhou Shegxiang, lui-même, en 2006.

78. Le syndrome d'effondrement – *colony collapse disorder* – est apparu aux États-Unis à la fin de 2006 ; selon le ministère de l'Agriculture américain, il aurait déjà causé la perte de la moitié des ruches du pays, jusqu'à 70 % dans certaines régions de la côte Est et au Texas. Le phénomène n'est pas sans précédent, mais il est d'une ampleur inhabituelle. Sa cause précise n'a pas encore pu être identifiée ; la piste la plus sérieuse semble être une multi-infection microbienne, elle-même liée à des défenses immunitaires affaiblies.

79. Ce n'est pas le cas des céréales, mais de nombreux légumes et arbres fruitiers. Selon une étude présentée en 2008, l'agriculture mondiale pourrait perdre plus de 10 % de sa production en cas de disparition complète des pollinisateurs. Le programme européen Alarm étudie actuellement ces effets.

80. Le Gaucho (dont le principe actif est l'imidaclopride) et le Régent (principe actif : le fipronil), produits respectivement par Bayer et BASF, sont des insecticides chimiques « systémiques » ; mélangés à l'enrobage des semences de maïs et de tournesol, ils sont exprimés par la plante entière, d'où d'ailleurs leur efficacité. Ces deux produits, accusés par les apiculteurs français d'être la cause principale de la surmortalité actuelle des abeilles, ont été interdits par le ministère de l'Agriculture en février et juin 2004.

81. Le fipronil reste utilisé comme antipuces dans le monde entier. Il est aussi autorisé dans de nombreux pays pour protéger toutes sortes de cultures (fleurs, coton, riz...). Des études conjointes de l'AFSSA et de l'AFSSE, publiées en 2005, ont montré son innocuité pour l'homme, même en cas d'exposition répétée.

82. L'affaiblissement des ruches touche d'ailleurs toute l'Europe, y compris des pays où les insecticides visés n'étaient pas utilisés !

83. Une étude réalisée en 2000 par l'AFSSA (Agence de sécurité sanitaire des aliments) montrait déjà que l'exposition répétée de colonies d'abeilles à des concentrations d'imidaclopride analogues à celles qui se trouvent dans les champs traités au Gaucho ne provoquait ni mortalité immédiate ni mortalité différée. Quant au fipronil, un spécialiste

comme P. Ravel (université de Grenoble et CNRS) déclarait en 2004 qu'« aucune donnée scientifique suffisante ne permet d'affirmer qu'il est à l'origine de la mortalité des abeilles ». Ces résultats ont été confirmés par les études ultérieures, notamment la grande enquête multifactorielle publiée en février 2008 par l'AFSSA : elle n'a pas constaté « de mortalités massives telles que celles décrites par plusieurs apiculteurs », et affirme même qu'« aucune relation statistique entre la présence de résidus [de pesticides] et les populations, ni avec la mortalité des colonies, n'a pu être mise en évidence ».

84. Le fipronil a, après des examens approfondis, été réintégré en octobre 2007 dans la liste des substances autorisées en Europe, ce qui oblige normalement la France à se mettre en conformité dans les six mois. Des précautions sont toutefois prévues pour éviter toute diffusion par les poussières : enrobage complet, pulvérisations interdites et enfouissement.

85. Hypothèse présentée récemment (*Science*, septembre 2007) par des chercheurs de l'Université de Pennsylvanie. Le responsable serait l'IAPV (*Israeli acute paralysis virus*), découvert en 2004 : il est présent dans 83 % des essaims affectés par le syndrome d'effondrement, contre 5 % seulement des colonies saines. Cependant, l'étude confirme en même temps que les abeilles sont coïnfectées par de nombreuses bactéries, champignons et virus dans le monde entier, et ceci peut être dû à un affaiblissement de leurs défenses, lié à l'abus d'insecticides. Une autre cause – liée à une agriculture trop intensive – serait l'uniformisation des paysages agricoles et la disette de fleurs sauvages.

86. *Varroa destructor*, un acarien parasite qui étend ses dégâts depuis une vingtaine d'années dans les ruches du monde entier, où il véhicule des virus pathogènes, est une cause directe de mortalité plus vraisemblable que le Gaucho et le Régent. L'étude précitée (note 83) de l'AFSSA a d'ailleurs retrouvé dans certains échantillons des quantités importantes de coumaphos, un antiacarien utilisé pour lutter justement contre le varroa mais qui aurait pu aussi nuire aux reines des abeilles.

87. Le chercheur espagnol M. Higes et une équipe de recherche de la région productrice de miel de Guadalajara ont incriminé le champignon *Nosema ceranae*. Il est effectivement présent dans toutes les colonies malades, mais aussi dans 80 % des colonies saines, ce qui conduit les auteurs de l'étude précitée de *Science* (note 85) à rejeter cette explication.

88. Le décryptage du génome de l'abeille domestique (*Apis mellifera*) a montré que celle-ci est moins bien équipée que d'autres insectes pour résister aux produits toxiques, quels qu'ils soient (*Nature*, octobre 2006).

89. Nos téléphones portables émettent sur la même fréquence que les signaux de navigation des abeilles ! L'hypothèse de la combinaison des facteurs est avancée notamment par le Pr Joe Cummins, de l'Université d'Ontario, dans un communiqué de l'ONG ISIS : les pesticides intoxiqueraient les abeilles directement et indirectement, en les rendant plus sensibles à l'action de parasites. En outre, des chercheurs de l'Université de Caroline du Nord ont montré que l'imidachlopride attaque les zones du cerveau des abeilles liées aux souvenirs récents ; dès lors, elles ne retrouveraient plus le chemin de leur ruche.

90. Un rapport du Fonds mondial de recherche contre le cancer, remis en novembre 2007, confirme qu'une alimentation saine joue, aux côtés de l'exercice physique et de la sveltesse, un rôle déterminant dans la prévention de cette maladie comme des pathologies cardio-vasculaires.

91. Outre un certain nombre de contaminations par la listériose ou les salmonelles, les principaux épisodes récents ont concerné, en Europe, la viande bovine : crise de la « vache folle », affaire de la dioxine en Belgique et en France du Nord en 1999, puis celle de la fièvre aphteuse, en 2001. On a encore trouvé des taux anormaux de dioxines dans du lait en Normandie en 2007. L'opinion devrait se préoccuper tout autant de la qualité des poissons et coquillages, qui accumulent les polluants, et des produits végétaux.

92. L'Autorité, l'EFSA, dotée d'un budget de 40 millions d'euros, doit suivre la traçabilité et la qualité des aliments – ce dernier aspect étant suivi par une filiale située à Parme.

93. Ces normes imposent notamment, pour la viande bovine, un étiquetage précis retraçant les lieux de naissance, d'engraissement et d'abattage des animaux. En France, une Agence pour la sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) a été créée en 1999 ; ses contrôles, ceux des services vétérinaires et ceux de l'Ifremer pour les produits de la mer assurent aujourd'hui une bonne qualité de nos aliments.

94. Le règlement européen impose un plafond de 5 % de sucre pour les aliments « faibles en sucre », de 1,5 % d'acides gras saturés pour la faible teneur en graisses, un plancher de 6 % pour les aliments riches en fibres, une réduction d'au moins 30 % pour les produits déclarés « allégés », etc. Le contrôle *a priori* est assuré par l'EFSA.

95. Des études de la FDA, publiées fin 2001 par le *New England Journal of Medicine*, montrent que 10 % des échantillons de viande achetés dans des supermarchés de Washington contenaient des salmonelles qui, dans 84 % des cas, résistaient au moins à un antibiotique, et à trois dans plus de la moitié des cas. Selon une autre étude, plus de la moitié des poulets achetés dans des épiceries américaines contenaient une bactérie résistante à une combinaison de deux antibiotiques. On a observé, aux États-Unis également, des entérocoques résistants aux antibiotiques dans l'intestin d'humains non traités, qui avaient donc contracté cette résistance par l'alimentation.

96. Ces interdictions ont été édictées dès le début des années 1990. L'UE a banni en 2005 les quatre derniers antibiotiques encore tolérés dans nos élevages. Ils sont remplacés par des probiotiques (bactéries qui fabriquent l'acide lactique dans l'intestin), ou des prébiotiques comme... le « bifidus actif » des yaourts ! L'Europe impose aussi de calculer les risques écologiques dans les dossiers d'autorisation pour tous les médicaments vétérinaires. Les règles du commerce international contredisent parfois ces efforts, aboutissant à des situations choquantes comme l'affaire des *veaux traités aux hormones* (les Américains considèrent notre refus d'importer cette viande comme une discrimination commerciale et ont ouvert un long contentieux devant l'OMC) et celle des *poulets au chlore* (volailles désinfectées avant exportation dans un bain de chlore, de sel, de phosphate trisodique et d'acides peroxydés), refusés par les experts vétérinaires de l'UE en juin 2008 (à l'unanimité sauf le représentant britannique) avec le soutien du Parlement européen et de la majorité des gouvernements. Ce traitement de choc se substituerait au contrôle minutieux de qualité appliqué dans l'UE, de la naissance des poussins à l'abattoir.

97. Les États-Unis importent de Chine 40 % de leur jus de pomme, 19 % du miel, 80 % de la vitamine C et de nombreux compléments diététiques.

98. La mélamine augmente la teneur en protéines des aliments (ce qui peut par exemple cacher le coupage du lait avec de l'eau), mais elle forme de dangereux calculs rénaux. 13 000 nourrissons chinois ont dû être hospitalisés à l'été 2008, et plusieurs sont morts. La mélamine a aussi servi à augmenter la teneur en protéines du gluten, importé

par l'entreprise américaine Chem Nutra. Plusieurs milliers de chiens et chats, mais heureusement, aucun humain, en sont morts.

99. 0,65 % seulement des terres cultivées dans le monde en 2006 appliquaient les principes de l'agriculture biologique. La France compte 15 000 agriculteurs « bio » sur un total de 450 000 ; ils occupent 2 % de la surface agricole utile. À l'échelle européenne, on compte 7 millions d'hectares et plus de 200 000 exploitations bio.

100. Le PNSE relevait que l'incidence des cancers a augmenté de 35 % en France depuis 1980 et attribuait à l'environnement 7 à 20 % des cancers, ainsi que de nombreuses maladies respiratoires et cardio-vasculaires. Les actions prioritaires visaient à déduire de 30 % les émissions de particules fines, protéger 80 % des captages d'eau et évaluer l'impact sanitaire de toutes les substances chimiques.

101. Le second PNSE, proposé à la consultation publique fin 2008, sera conduit par le président de l'Académie de médecine, M. Gentilini ; la généralisation du registre des maladies et la création d'un « Samu de l'environnement » figurent parmi ses priorités. Il devra cibler notamment les « risques émergents » comme les nanoparticules (les entreprises devront dès 2009 déclarer leur présence dans les produits grand public) et les ondes électromagnétiques.

102. Cependant l'Union européenne a mis au point un programme, appelé EDEN, de surveillance des agents pathogènes (moustiques surtout) qui diffusent ces maladies.

103. Le cas particulier de la politique de sécurité des centrales nucléaires et des matières fissiles est traité pages 176-177.

104. Il existe en France 1 250 usines à risque, dont 670 de type « Seveso II », le plus élevé, faisant l'objet d'« études de danger » précises et d'un plan de secours. Les services régionaux de l'industrie et de l'environnement disposent de 1 400 inspecteurs pour le contrôle de ces installations classées.

105. La loi française de juillet 2003 sur la prévention des risques technologiques et naturels (voir page 216) impose la mise en place de « plans de prévention des risques technologiques » autour des usines dangereuses de type « Seveso II » ; ils définissent les zones dangereuses inconstructibles, celles où des travaux de protection des habitations sont nécessaires et celles où les propriétaires peuvent exercer un droit au délaissement, c'est-à-dire faire acquérir leur bien par la commune. Les industriels, les collectivités locales et l'État se partageront les frais.

106. Les articles L.512-17 et suivants du code de l'environnement prévoient qu'en cessant son activité, l'exploitant d'une installation classée « place son site dans un tel état qu'il ne puisse porter atteinte aux intérêts [du voisinage, de la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature et de l'environnement...] et qu'il permette un usage futur du site ». C'est ce principe qui est généralisé par la loi de 2008 sur la responsabilité environnementale (voir page 216).

107. La mesure d'impact sera appliquée, dans un premier temps, aux émissions de composés organiques volatils et de formaldéhyde. La démarche d'affichage des performances a d'abord été volontaire, mais la moitié des nouveaux matériaux mis sur le marché en 2008 doivent avoir fait l'objet d'un examen et d'un étiquetage.

108. Le PNSE estime que les risques professionnels restent très sérieux : près de 1 million de travailleurs français seraient exposés à des substances cancérigènes. Il annonce donc une série de mesures pour « réduire les expositions en milieu de travail aux agents CMR que sont les poussières de bois, le benzène, le plomb et les fibres céramiques

réfractaires » : méthodes de mesures innovantes, guides de bonnes pratiques, abaissement des valeurs limites d'exposition, contrôles de l'Inspection du travail...

109. Le mercure est un métal lourd toxique ; mortel à haute dose, comme l'a montré la tragique affaire de Minamata au Japon, en 1950, il peut endommager gravement le système nerveux à doses même faibles. Selon les experts, 50 millions de personnes dans le monde actuel sont gravement contaminées par le mercure, notamment du fait de l'orpaillage clandestin (les prospecteurs utilisent du mercure pour fixer l'or). Il s'accumule particulièrement dans les gros poissons carnivores (thon, daurade, requin), sommet de la chaîne alimentaire. Malgré son interdiction prochaine en Europe, la quantité totale de ce métal rejetée dans le monde (2 000 tonnes) ne diminue pas, les pays en développement accroissant leurs émissions...

110. Encore produit il y a peu dans des mines en Espagne et en Slovénie, le mercure n'est plus aujourd'hui qu'un sous-produit de la chimie, des cimenteries, des centrales électriques et de l'extraction des métaux non ferreux. Les besoins locaux (pour l'industrie dentaire) étant limités à 80 tonnes par an, ce métal était surtout exporté (100 tonnes par an) vers les pays en développement. Cette exportation sera interdite à partir de juillet 2011 et le métal excédentaire sera stocké « temporairement ». Même la vente d'appareils médicaux et thermomètres d'appartement au mercure sera prohibée dès le premier semestre 2009, selon une directive adoptée en 2007.

111. L'Empire du Milieu compte 26 000 mines de charbon ; plus de 6 000 mineurs y ont péri en 2006, après 5 000 en 2005. Les conditions de sécurité déplorables multiplient les accidents – effondrements, explosions... Le pays, qui dépend à 70 % de la houille pour sa production électrique, commence à réagir : les mines les plus dangereuses et les centrales au charbon les plus polluantes seraient progressivement fermées.

112. Cette pollution était due à une explosion dans une usine de PetroChina à Jilin, sur la rivière Songhua, affluent de l'Amour, à 200 kilomètres en amont de la grande ville de Harbine, capitale du Heilongjiang (Mandchourie). Les taux de pollution au benzène ont atteint cent fois la dose tolérée.

113. Par exemple une pollution au cadmium qui a touché les rizières dans le Guangdong en 2006 et menacé la distribution d'eau au nord de Canton, ou, en 2005, l'empoisonnement des rizières par une usine de pesticides, qui a déclenché des émeutes meurtrières dans la province du Zhejiang.

114. Les États-Unis ont pris des mesures efficaces (exigence d'une double coque pour tout pétrolier pénétrant dans les eaux territoriales et obligation pour l'exploitant du navire d'indemniser les dommages) après la pollution des côtes de l'Alaska sur 1 700 kilomètres par le naufrage de l'*Exxon Valdez* (40 000 tonnes de brut), en 1989. L'affaire a coûté à ExxonMobil plus de 3 milliards de dollars d'indemnisations et frais de remise en état, plus des « dommages punitifs », ramenés à 500 millions de dollars par la Cour suprême des États-Unis en juin 2008.

115. Le nouveau dispositif européen comprend les « paquets » Erika-I, en vigueur depuis juillet 2003 – élimination progressive des pétroliers à simple coque, contrôle partiel (un sur quatre) des navires lors des escales et encadrement des sociétés de certification – et Erika-II, qui renforce la surveillance du trafic dans les eaux européennes et crée une Agence européenne de sécurité. Le paquet Erika-III, qui imposerait le contrôle de *tous* les navires touchant les ports communautaires, un *check-up* semestriel pour les navires de plus de douze ans, un bannissement permanent des navires récidivistes, l'obligation pour

l'armateur de souscrire une garantie financière et pour l'État du pavillon d'accepter des audits réguliers de l'OMI, est en cours d'adoption fin 2008.

116. La loi française de juin 2008 a porté à 15 millions d'euros le montant des amendes visant les capitaines de navire responsables de ces pollutions.

117. Le nombre d'accidents ayant entraîné un déversement significatif (plus de 700 tonnes.) d'hydrocarbures serait revenu de 25 par an en moyenne dans les années 1970 à 3,7 par an depuis 2000.

118. La totalité de la flotte battant pavillon français est désormais composée de navires à double coque récents (huit ans d'âge moyen) ; l'âge moyen des pétroliers dans le monde, qui avait atteint seize ans, est revenu à douze...

119. Les produits chimiques utilisés pour transformer le fuel en émulsions risquent d'être eux aussi dangereux pour l'environnement ; quand à l'ensemencement du milieu marin avec des bactéries capables de digérer les hydrocarbures en excès, avec addition éventuelle de fertilisants, il s'agit d'une piste intéressante mais qui n'a encore jamais été testée à grande échelle. On en est donc venu à imaginer des navires dépollueurs, chargés de ramasser les nappes de pétrole tant qu'elles sont encore au large.

120. Le tribunal correctionnel de Paris a, en janvier 2008, reconnu pour la première fois en France la réparation civile du préjudice écologique : les associations (en l'occurrence, la Ligue de protection des oiseaux) et collectivités locales peuvent obtenir réparation, non seulement des préjudices directs ou indirects causés à leurs intérêts, mais aussi de celui, beaucoup plus large et moral, résultant de « l'atteinte portée à l'environnement ». Total est condamné dans cette affaire pour avoir manqué de prudence et de vigilance dans le choix de son transporteur ; la somme des indemnisations – non prises en charge dans ce cas par le Fonds d'indemnisation international Fipol – atteint 192 millions d'euros.

121. Un arrêt de la Cour de justice en date du 24 juin 2008 confirme qu'en cas de « marée noire » la compagnie pétrolière propriétaire de la cargaison et affrèteur du navire peut être considérée comme producteur des déchets et tenue de financer les frais de nettoyage, sous réserve toutefois de démontrer qu'elle « s'est abstenue de prendre les mesures visant à prévenir un tel événement, telles que celles concernant le choix du navire ». La Cour de cassation a, en décembre 2008, confirmé cette jurisprudence en attribuant à Total la coresponsabilité de la pollution des plages.

122. Les quotas – dont un quart sera mis aux enchères, le reste étant attribué gratuitement – seront limités à 90 % de la moyenne annuelle atteinte entre 2004 et 2006. De surcroît, les compagnies aériennes pourront acquérir des droits auprès des industriels, mais la réciprocité ne sera pas autorisée, ce qui soutiendra les cours de la tonne de CO₂ sur le marché ETS d'échange des droits.

123. Une convention conclue le 28 janvier 2008 entre le ministère français de l'Environnement, les fabricants et les transporteurs organise la mise en œuvre de cet objectif.

124. Elle serait ramenée à 3,7 litres par passager et par kilomètre.

125. Les transporteurs paient déjà la TGAP pour le bruit causé (voir note 70). La nouvelle taxe, qui permettra d'insonoriser 7 000 logements proches des aéroports par an, dépassera 14 000 euros pour l'atterrissage d'un Boeing 747 de nuit à Orly. En outre, de nouvelles procédures d'atterrissage devraient diviser par deux le bruit des avions, conformément à l'objectif européen : les appareils en approche devront voler 300 mètres plus haut et descendre en continu plutôt que par paliers.

126. Ces résultats proviennent de prélèvements systématiques réalisés par C. Moore dans une zone du Pacifique éloquemment surnommée Eastern Garbage Patch parce que

les courants y concentrent les déchets ; on y trouverait plus de 300 000 fragments de plastique par km², soit 5 kilos par km² ; *Maritime Pollution Bulletin*, 2001.

127. Le GIEC (groupe III et rapport final 2007) évalue la contribution du secteur des déchets à moins de 5 % du total actuel des émissions de GES ; mais il juge que ces émissions pourraient être réduites pour un coût faible ; de plus, tant la production d'un complément d'énergie renouvelable que l'économie de matières premières grâce à la récupération et au recyclage et la protection des sols par les composts sont des retombées potentielles positives.

128. Selon le *Panorama mondial des déchets 2006* d'E. Lacoste et P. Chalmin. L'incertitude sur le volume des déchets industriels (en grande partie traités sur place) est grande, ce qui explique l'ampleur de la fourchette donnée dans cet ouvrage : 2,5 à 4 milliards de tonnes. Les déchets des chantiers de BTP et de l'agriculture-sylviculture ne sont pas inclus, faute de données fiables ; ils représentent pourtant la masse principale (en France, 40 % pour le BTP et 43 % pour les déchets de l'agriculture, sur un total de 850 millions de tonnes dont les déchets des ménages représentent seulement 4 %, ceux des collectivités 2 % et ceux des entreprises 11 %), mais ils sont en grande partie recyclables – en remblaiement ou en enrobés neufs pour le BTP, en biomasse pour l'agriculture et la sylviculture.

129. En France, la « production » d'ordures ménagères, plutôt inférieure à la moyenne européenne, s'établit à 351 kilos de déchets par habitant et par an, soit seulement 1 kilo par jour, selon le rapport publié en avril 2008 par le Conseil économique et social sur la gestion des déchets ménagers ; mais elle monte à 480 kilos en Île-de-France. Sa progression semble stoppée, après un doublement en quarante ans (351 kilos par habitant et par an en 2005 contre 353 en 2004, mais 175 kilos seulement vers 1960). Un objectif de réduction de ce chiffre de 5 kilos par habitant et par an pendant cinq ans a été décidé par le Grenelle de l'environnement et confirmé en septembre 2008 par la loi Borloo-I.

Cependant, la gestion de ces déchets reste très coûteuse : 11 milliards d'euros par an. La « production » totale d'ordures ménagères du pays étant de 27 millions de tonnes par an, le coût de la tonne traitée revient à 400 euros ; ce coût a triplé depuis quinze ans.

130. Les États-Unis produisent 250 millions de tonnes de déchets urbains chaque année, soit 830 kilos par habitant par an.

131. La collecte d'ordures municipales s'établit entre 200 et 300 kilos par tête et par an dans les villes d'Amérique latine, 220 kilos à Nairobi (Kenya), 120 kilos à Bombay (Inde).

132. L'OCDE évalue l'augmentation de la production de déchets par habitant d'ici 2020 à 30 % dans les pays avancés, où elle passerait de 500 à 640 kilos par an en moyenne (chiffre encore inférieur au niveau actuel des États-Unis ; cf. note 130), tandis qu'elle doublerait dans les autres pays par rapport à 1995. D'où une « production » globale de 2 milliards de tonnes, contre 770 millions de tonnes en 2005 (chiffre de départ nettement plus bas que celui donné dans l'ouvrage précité, note 128).

133. Cet objectif serait atteint en douze ans. Il suppose, entre autres, une réduction de 60 % de la consommation de papier dans l'administration parisienne.

134. En réalité la ville continue à produire des déchets, dont 70 % sont mis en décharge...

135. Une poubelle type française comprend 40 % d'emballages, 12 % d'autres papiers et cartons, 29 % de déchets organiques, 6 % de textiles et 13 % d'ordures diverses. Le

marché français de l'emballage s'élève à 6 milliards d'euros pour le papier carton, 5,2 milliards pour le plastique, 2,7 milliards pour le verre, 2,7 milliards pour les métaux, etc.

136. Soit par un système de consigne, soit par récupération directe à la livraison, soit par l'intermédiaire d'un organisme agréé (décret d'avril 1992). Cet organisme agréé, Éco-Emballages, est une société anonyme dont les actionnaires sont les 47 000 entreprises qui vendent des produits emballés aux ménages français. Elles ont versé en 2007 une contribution de 0,6 centime par emballage, soit au total 411 millions d'euros, redistribués pour l'essentiel aux groupements intercommunaux d'ordures ménagères pour les aider à assurer une collecte sélective. Ces mesures ont été complétées par un plan national de prévention des déchets lancé en 2004.

137. Selon une étude du cabinet Bio Intelligence Service présentée en février 2008, les quantités de CO₂ les plus importantes (en comptant fabrication, transport et recyclage) sont émises pour le verre (345 grammes de gaz carbonique pour une bouteille, alors qu'il ne faut que 130 à 140 grammes pour la même en plastique) et les plus faibles pour les briques en carton (85 grammes) ; mais la situation est inverse pour le potentiel de recyclage : 72 % des emballages en verre sont recyclés, 66 % de ceux en aluminium, 52 % pour l'acier, mais 31 % seulement des briques en carton ; le taux de recyclage est de 51 % pour les bouteilles en plastique, mais nul pour les films et sacs plastiques.

138. Les campagnes pour les réduire ont déjà permis de diminuer leur nombre des deux tiers en quatre ans, selon la Fédération des entreprises du commerce et de la distribution : 3 milliards de sacs plastiques auraient été distribués en 2007, contre 9,4 milliards en 2003. La même fédération professionnelle estime que les sacs biodégradables reviennent dix fois plus cher qu'un sac de caisse classique, ce qui rendrait cette solution non économique.

139. Très difficilement et lentement (deux cents ans...) biodégradables, ils enlaidissent l'environnement, bouchent les canalisations et étouffent les animaux qui les ingèrent. L'obligation de les remplacer par des sacs biodégradables à compter du 1^{er} janvier 2010 a été introduite par amendement à la loi d'orientation agricole d'octobre 2005. Cependant, les décrets d'application ne sont toujours pas parus.

140. L'Irlande, par exemple, a institué en 2002 une taxe de 15 centimes d'euros sur les sacs en plastique, qui a réduit leur usage à presque rien, en peu de mois.

141. À Bordeaux, par exemple, un label « commerçant citoyen » est donné aux boutiques qui ne remettent plus de sacs en plastique à leurs clients. Outre les raisons écologiques, il s'agit de réduire les besoins de pétrole : les 3 milliards de sacs plastique fabriqués chaque année consomment non moins de 7 millions de tonnes de pétrole.

142. La facturation individuelle en fonction du nombre de bacs à ordures collectés, parfois affinée par une pesée de ces ordures lors du ramassage, concernait environ 600 000 Français fin 2007, répartis dans une vingtaine de collectivités. À Belfort, elle a permis une baisse de 36 % du volume des ordures ménagères résiduelles.

143. La taxe d'enlèvement des ordures ménagères est actuellement fonction du « revenu cadastral » de chaque propriété, donc sans rapport avec le volume de déchets produit par chacun ; une réforme de cette taxe, possible dès la loi de finances pour 2009, introduirait une part variable en fonction du nombre de sacs déposés par chacun, de la taille des conteneurs utilisés ou du nombre de vidage des poubelles (qui devront alors être équipées d'une puce électronique, selon un modèle déjà proposé par des entreprises comme Plastic Omnium).

144. Par exemple, plusieurs cantons font payer une taxe de 1 franc suisse par sac d'ordures de 17 litres collecté ; de ce fait, la moitié des citoyens affirment avoir modifié leur comportement, et les déchets combustibles ramassés ont chuté de 30 %. Le système a toutefois un effet pervers, constaté en Belgique : il pousse une petite partie des usagers, peu scrupuleux, à se débarrasser clandestinement de leurs ordures dans des décharges sauvages...

145. Selon l'ADEME, la poubelle type d'un ménage français renferme un quart de papier et carton (dont une forte part d'emballages), 23 % de déchets organiques, 13 % de verre, 11 % de plastiques, 6 % de textile, 4 % de métaux, 16 % d'ordures diverses...

146. Une enquête publiée en janvier 2007 par le ministère de l'Écologie et du développement durable donnait un taux moyen de 60 %, mais passant à 90 % lorsqu'une collecte sélective est organisée. L'étude publiée en décembre 2007 par l'IFEN sur « les pratiques environnementales des Français en 2005 » indique que plus de 70 % des ménages affirment trier régulièrement verre, piles et emballages. Le tri est moins en faveur chez les célibataires jeunes, en centre-ville et en habitat collectif et tend à s'accroître en fonction du niveau de vie.

147. La proportion des ménages ayant accès à une collecte sélective de leurs déchets est passée de 23 % en 1998 à 61 % en 2005, selon l'enquête précitée.

148. L'eau courante, parfaitement saine dans nos pays (et qui peut être filtrée pour réduire la présence de chlore et de plomb) remplace avantageusement l'eau en bouteilles de plastique, dont la production est énergivore et la récupération ultérieure difficile.

149. Le recyclage permet de réutiliser 93 % d'une ampoule de ce type, qui contient 88 % de verre, 5 % de métaux, 3 % de poudres fluorescentes et une minuscule quantité de mercure. Il est assuré par un organisme agréé, Récyclum, dont le budget de 25 millions d'euros annuels est couvert par les fabricants à partir des recettes de l'écocontribution. D'un point de vue pratique, il faut rapporter les ampoules à son revendeur ou à une déchetterie participante (une sur deux est équipée) ou consulter www.malampe.org pour le point de collecte le plus proche. Les ampoules basse consommation ne représentent encore que 11 % des achats en France, mais leurs ventes s'accroissent de 25 % par an.

150. La communauté internationale s'est saisie de ces questions. Au-delà des recherches de l'OCDE et du PNUE le G8 a lancé en 2004 une initiative pour promouvoir l'approche des 3R : réduire, réutiliser et recycler.

151. La moitié part en décharge, un sixième à peu près est incinéré. Voir tableau page 227. L'ADEME estime cependant que le recyclage progresse rapidement.

152. Soit 20 % de recyclage proprement dit et 10 % d'autres usages économiques. Les Pays-Bas, eux, recyclent 65 % de leurs déchets ménagers, et l'Allemagne 60 % (chiffres de 2005). La loi Royal de juillet 1992 avait pourtant déjà instauré l'obligation de valorisation, mais il reste à généraliser le principe de la récupération et de la gestion des déchets par les producteurs. Le Grenelle de l'environnement, confirmé par les lois Borloo, a retenu l'objectif d'une réduction de 15 % des déchets incinérés ou mis en décharge d'ici 2012.

153. L'objectif de 35 % de recyclage des déchets ménagers est retenu pour 2012 ; il passerait à 45 % en 2015. Pour y parvenir, l'Association des maires de France prévoit de généraliser l'utilisation de déchets recyclés, notamment textiles, pour l'isolation des bâtiments, de récupérer les eaux de piscine, de généraliser l'éclairage basse tension, d'accroître la part des énergies renouvelables et d'éliminer le fuel des bâtiments publics d'ici 2015.

154. Cette taxe dite « pique-nique » aurait été imposée sur les produits jetables comme les briquets, rasoirs ou couverts en plastique ou en carton, voire les couches pour

enfants, pour freiner leur usage (les produits réutilisables sont moins nuisibles à l'environnement) et financer leur recyclage. Instaurée en Belgique depuis juillet 2007 et prévue en France par le Grenelle de l'environnement, elle a été écartée à l'automne 2008.

155. La directive de juin 2008 prévoit des programmes nationaux de prévention révisés tous les trois ans. Elle donne une définition précise des déchets et encourage leur retraitement, puisque, à partir d'un certain stade, les produits recyclés ne sont plus considérés comme des déchets.

156. Des exceptions sont cependant prévues lorsqu'une solution réputée moins favorable à l'environnement est plus adaptée à une certaine filière (bois, pneus, papier, etc.).

157. Veolia environnement ouvre en 2008, à Limay, une usine capable de produire du biodiesel à partir de 60 000 tonnes annuelles d'huiles de friture usagées. La collecte d'huiles usagées en France est de 240 000 tonnes par an. Ces huiles sont pour moitié régénérées ou recyclées ; l'autre moitié est brûlée dans les fours des cimenteries, mais le taux de régénération, à plus haute valeur, pourrait être amélioré.

158. Ces baguettes (200 par an et par Japonais) représentent 90 000 tonnes de bois, qui pourrait être distillé.

159. Pour tout bâtiment construit en Norvège, un plan de démolition optimisant le recyclage futur de chaque partie doit être fourni lors de la démolition.

160. Le secteur du recyclage allemand, qui a connu un boom dès les années 1990, emploie 250 000 personnes et réalise un chiffre d'affaires de 50 milliards d'euros. La loi fédérale a prévu la réutilisation des métaux usagés dès 1986 ; une loi de 1996 fixe des objectifs ambitieux de recyclage, complétés depuis par des actions sectorielles : collecte des véhicules usagés depuis 2002, des appareils électriques et électroniques depuis 2006, etc. En France, le chiffre d'affaires du secteur recyclage/récupération s'est accru de 71 % entre 2003 et 2007.

161. Ce système de séchage autoalimenté en énergie, répandu en Allemagne et en Suisse, a été mis en place par la ville de Laval.

162. Ce système, mis en place à grande échelle à Dacca (Bangladesh, 12 millions d'habitants) et étendu ailleurs avec l'aide de l'Unicef, est aussi utilisé dans des capitales africaines avec l'aide de l'AFD française.

163. Un pays comme la Chine produit pourtant déjà près de 200 millions de tonnes annuelles de déchets solides urbains.

164. *L'ex-France*, devenu le *Blue Lady*, était depuis un an à l'ancre devant le chantier naval d'Alang, sur la côte du Gujrat, après avoir été refoulé du Bangladesh qui jugeait son désamiantage trop dangereux – voir pourtant le rapport *Ces chantiers qui brisent l'enfance* publié par la FIDH en septembre 2008 sur le travail d'enfants sur des navires pollués dans le port de Chittagong (Bangladesh). Une décision de la Cour suprême indienne a, en septembre 2007, autorisé les travaux de démantèlement. Cependant, une étude commandée un an plus tôt par la Cour suprême elle-même montre que 16 % des ouvriers travaillant sur les chantiers de démolition portent des traces d'amiante dans leurs poumons...

165. La convention de Bâle, en 1989, oblige en principe tout propriétaire de bateau à le dépolluer avant de se débarrasser de son épave. Elle a aussi instauré un contrôle des mouvements transfrontaliers et prévu que les pays d'accueil doivent être préalablement informés pour accepter ou refuser les déchets sur leur sol. Ils sont souvent tentés d'accepter...

166. Ce commerce florissant a rapporté aux États-Unis 6,9 milliards de dollars en 2006.

167. Par exemple, la Roumanie n'a pas accepté d'aider à dégonfler la montagne de déchets de la région de Naples en accueillant une partie sur son sol.

168. Le président de la Chambre polonaise de gestion des déchets, D. Matlak, a donné cette estimation début 2008. Les gardes-frontières polonais ont relevé en 2007 1 039 entrées illégales de déchets sur le territoire.

169. Selon l'ouvrage de Lacoste et Chalmin précité (note 128), le pays en développement type place 20 % de ses déchets urbains en décharge contrôlée, en incinère 5 % et tout le reste se retrouve dans des décharges non contrôlées. Par contraste, le Maroc a 70 % de décharges contrôlées. La Chine incinère 20 % de ses déchets urbains et est l'un des seuls PVD à faire un peu de valorisation/recyclage de ses rebuts.

170. Une étude de l'ADEME, portant sur *l'ensemble* des déchets (comme le montre la note 128, la plus grosse part provient non des ménages mais des entreprises et surtout du BTP et de l'agriculture-sylviculture), indique qu'en 2005, 36 % partent en décharge ; un tiers est incinéré, avec valorisation de l'énergie récupérée dans plus de 9 cas sur 10 ; 19 % sont recyclés avec récupération de la matière première, et 12 % font l'objet d'une valorisation organique.

171. Selon cette loi de juillet 1992, dite « loi Royal », seuls les déchets ultimes issus d'un premier traitement doivent (depuis 2002) être mis en décharge ; la durée d'exploitation est limitée à trente ans et encadrée par des plans départementaux ; le terrain n'est ensuite plus constructible, mais peut être boisé. La loi « Borloo-II » en cours de préparation obligera les entreprises du bâtiment, avant de démolir un édifice, à faire un diagnostic sur la manière dont vont être gérés les déchets en résultant, avec pour objectif d'en valoriser au moins 40 %.

172. Les mises en décharges, même autorisées, sont soumises depuis 1999 à la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP), au taux de 9 euros la tonne. Cette taxe (qui frappe aussi les envois à l'incinération) devrait, selon les projets actuels, être doublée en 2009 et triplée d'ici 2012.

173. Alors qu'il faut sept à huit ans pour créer de nouvelles décharges ou de nouvelles installations de traitement.

174. Cette taxe pourrait être relevée à 20, voire à 40 euros.

175. La TGAP est, depuis 2002, doublée pour les déchets mis en décharges non autorisées. Le parc français de décharges illégales est passé de 893 sites en 2005 à 47 en 2007 – dont 15 en Guadeloupe ! La France avait été condamnée par Bruxelles pour non-respect de la directive-cadre européenne sur ce point.

176. Le retard en matière de tri et de recyclage concerne en fait de nombreuses régions du Sud italien (Campanie, Calabre, Pouilles, Sicile), où la gestion des déchets a dû être mise sous administration spéciale. On a recensé, en 2002, 4 866 décharges illégales, dont 705 contenaient des déchets dangereux sans aucun contrôle. Le poids de la criminalité environnementale a été estimé à 23 milliards d'euros par le dernier rapport de l'association Legambiente ; pour tenter de la contrer, une loi de 2007 a, après que l'Italie a été condamnée par la Cour de justice européenne en avril 2007, introduit dans le code pénal italien la notion de délit écologique,

177. Les biogaz issus de la fermentation des ordures (elle dure pendant une vingtaine d'années) comprennent une forte proportion de méthane (CH₄) et de gaz carbonique : l'énergie fournie par une tonne d'ordures peut équivaloir à celle fournie par 200 kilos de pétrole. La méthanisation contrôlée est en usage sur une centaine de décharges aux États-Unis, au Japon et en Suède. Elle les transforme, après un tri poussé et un broyage des ordures, en « réacteur biologique » en y amorçant la réaction par la circulation d'eau

chaude chargée en bactéries. Cela permet de récupérer davantage de biogaz, et surtout de stabiliser les déchets en dix ans seulement.

178. 1 tonne d'épluchures de pommes de terre fournit 200 kWh d'électricité et 250 kWh de chaleur.

179. L'armée américaine dispose même maintenant d'une raffinerie mobile (elle peut tenir sur une remorque) démontable capable de produire de l'électricité à partir de toutes sortes de déchets. Développée par des chercheurs de l'Université de Purdue (Indiana), elle comprend un bioréacteur qui transforme les déchets organiques en éthanol ; une unité transformant les papiers et plastiques en gaz (propane et méthane) ; et un générateur d'électricité de 60 kW utilisant l'alcool et le gaz produits.

180. L'usine inaugurée en septembre 2007 par la Communauté urbaine de Lille à Sequedin – la plus grande d'Europe – valorisera 108 000 tonnes de déchets verts (de cuisine et de jardin) par an ; alimentée par voie fluviale, elle produit, après tri, broyage et passage pendant vingt-cinq jours dans des « digesteurs » sans oxygène à moyenne température (57 °C), 4 millions de m³ de méthane (économisant 4 000 tonnes de gazole), qui alimenteront d'ici 2011 la majeure partie des 450 bus de l'agglomération, et 34 000 tonnes de compost utilisable en agriculture. Une partie des ordures parisiennes est également utilisée pour produire de l'électricité à partir du biogaz, à Claye-Souilly.

181. Cette centrale de biogaz est installée à Penkum, près de la frontière polonaise. Elle fournit une puissance de 20 MW à partir de quarante digesteurs. Les résidus sont transformés sur place en engrais organiques.

182. Le principe de l'économie circulaire est mis en œuvre dans de nombreux « éco-parcs industriels », par exemple dans la province du Guangxi.

CONCLUSION

1. Les rapports du GIEC soulignent l'importance de ces interactions : « La résilience de beaucoup d'écosystèmes sera probablement dépassée durant ce siècle par la combinaison sans précédent du changement climatique, des perturbations associées (inondations, sécheresses, incendies, insectes, acidification des océans) et d'autres facteurs de changement mondial tels que l'utilisation des sols, la pollution et la surexploitation des ressources ». Il en déduit que « l'intégration des politiques climatiques dans des politiques de développement plus larges faciliterait leur mise en œuvre » (rapports des groupes de travail II et III, mai 2007).

ANNEXES

Annexe 1

ENVIRONNEMENT ET RISQUES SANITAIRES

1. Cette analyse maximaliste (car l'environnement n'est la cause directe ni des excès de tabac ni de la tuberculose et du sida) souligne le rôle de la surpopulation, de la

pollution, de la malnutrition et de la contamination chimique des aliments, mais aussi de la déforestation (qui favoriserait l'extension du paludisme en Afrique) et des invasions d'espèces exotiques. Elle considère que les trois quarts des cancers sont attribuables à des facteurs environnementaux (*Human Ecology*, décembre 2007).

2. Les légionelloses causent régulièrement des décès ; une centaine de cas ont été recensés chaque année en France avant 1995, plus de 1 000 à partir de 2002, et 17 personnes sont mortes fin 2003, dans la région de Lens, pour avoir été contaminées par la tour aérorefrigérante d'une unité pétrochimique du groupe ExxonMobil. De nombreux autres épisodes du même type ont été enregistrés, notamment en Europe et aux États-Unis.

3. La réglementation sur la conception et le fonctionnement des tours de climatisation a été renforcée, ainsi que les mesures de prévention liées aux réseaux d'eau chaude sanitaire.

4. Cette proportion est plus faible en Europe, mais s'accroît rapidement, notamment en Grande-Bretagne ; la France paraît un peu plus à l'abri grâce à un meilleur régime alimentaire, mais n'en compte pas moins 2 millions de patients. Si le diabète de type I – 10 % des cas – est lié à une insuffisance ou à la destruction des cellules du pancréas productrices de l'insuline, l'autre, le diabète dit « gras », provient d'une alimentation trop riche en sucres et en graisses et trop abondante par rapport au peu d'efforts physiques fournis. Le diabète est une pathologie dangereuse par ses effets cardio-vasculaires, optiques, rénaux, etc.

5. Une vaste étude (portant sur 165 000 personnes dans 63 pays) évalue l'obésité (indice de masse corporelle = poids en kilos / (la taille en mètre)² > 30) à un quart de la population mondiale, et les surpoids (indice > 25) à 40 % des hommes et 30 % des femmes. Seule l'Asie du Sud-Est serait nettement moins touchée. Le lien avec diabète et maladies cardio-vasculaires est clairement établi (*Circulation*, novembre 2007). Même en Chine, un quart de la population est en surpoids (*Health Affairs*, juillet 2008). En France, l'enquête *Obépi* de 2006 permet d'estimer le nombre des obèses à 6 millions et les personnes en surpoids à 20 millions.

6. L'ennemi public numéro 1 est le staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) qui colonise naturellement la peau et les fosses nasales de plus de 1 humain sur 4. Il peut être à l'origine, dans la vie courante, de simples angines ou de furoncles ; mais certaines souches, exposées très tôt à tous les médicaments utilisés en milieu hospitalier, deviennent particulièrement redoutables – elles peuvent déclencher une septicémie mortelle – car elles ont développé par sélection naturelle des multirésistances à la plupart des antibiotiques en usage. On retrouve désormais dans le monde entier – jusque chez les aborigènes d'Australie ! – des souches MRSA (résistantes à la méthicilline, un antibiotique spécifique contre le staphylocoque ; voir *The Lancet*, juin 2006). Il y aurait jusqu'à 52 millions de porteurs de staphylocoques résistants dans le monde. En France l'étude périodique RAISIN indique des taux de résistance autour du tiers et en progression, pour les staphylocoques, mais également pour d'autres micro-organismes comme les pneumocoques et certaines entérobactéries, qui elles aussi attaquent en masse les malades avec des résistances aux traitements.

7. Les infections nosocomiales touchent environ 7 % de l'ensemble des malades français mais, dans certains établissements, le taux de contamination dépasse 10 %, c'est-à-dire que plus de 1 patient sur 10 va être infecté ! En Angleterre, ce fléau tue plus que les accidents de la route... La fréquence de ces affections est très élevée dans les services de réanimation et de soins intensifs, où elles s'attaquent à des malades déjà affaiblis.

8. Déclaration du Pr Schlemmer (hôpital Saint-Louis), résumant des constatations de l'Institut de veille sanitaire.

9. Il y a également abus d'antibiotiques dans les prescriptions médicales. Malgré des efforts récents, la France demeure malheureusement le pays européen en pointe dans ce domaine.

10. Ce fait a été établi par une étude portant sur la Sibérie, l'Alaska et le nord du Groenland : les déjections des oiseaux contenaient des bactéries résistantes à 14 des 17 types d'antibiotiques courants testés (*Emerging Infectious Diseases Journal*, janvier 2008).

11. Il existe plusieurs types d'hépatites : l'hépatite A (la « jaunisse » traditionnelle), transmise surtout par des aliments ou de l'eau contaminée, est connue depuis longtemps et d'une dangerosité relativement modérée ; l'hépatite B, transmise par voie sanguine ou sexuelle, passe souvent inaperçue – 100 000 Français en seraient pourtant porteurs ; son taux de mortalité est limité (1 à 2 %), mais elle peut présenter des formes chronique ou aiguë ; et l'hépatite C, transmise par les mêmes voies mais plus grave, car elle peut évoluer plus souvent que le type B vers une cirrhose, voire un cancer du foie ; de plus, sa variabilité génétique est forte. Il existe aussi une hépatite de type E, qui peut prendre une forme fulminante chez les femmes enceintes.

12. La première estimation nationale, publiée en juillet 2008 par le *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, impute 1 300 décès annuels à l'hépatite B et 2 650 à l'hépatite C (sans compter les décès « associés »).

13. Cette forme particulière de la maladie de Creutzfeldt-Jacob se caractérise par une dégénérescence des cellules cérébrales, entraînant des pertes de contrôle moteur et un décès assez rapide. L'agent infectieux en cause dans l'ESB n'est pas un micro-organisme, mais le prion, une protéine (PrP) « pliée » anormalement. Ce prion peut être transmis par la cervelle ou la moelle épinière d'animaux malades ou par leurs déjections.

14. Il y a eu 130 décès en Grande-Bretagne depuis 1995 et 6 en France, seul autre pays touché chez l'homme. La longue période d'incubation de la maladie (cinq à trente ans) ne facilite ni le diagnostic ni les prévisions : les fourchettes, révisées en forte baisse, varient de quelques centaines de cas à 7 000 environ. On ne sait actuellement pas traiter les personnes atteintes, le prion et ses modes de transmission restant très mal connus.

15. Rapports du groupe de travail II et rapport final 2007 du GIEC. L'OMS estime à 150 000 le surcroît de décès annuels liés au réchauffement de la planète ; cet impact doublerait d'ici 2030.

16. Plus exactement d'autres arthropodes, car les vecteurs, aux côtés de nombreuses espèces de moustiques, puces et poux, incluent des acariens comme les tiques. On parle d'*arbovirus* pour les virus ainsi transmis.

17. Une partie de la communauté scientifique craint que la disparition de certaines barrières du froid dans les zones tempérées ne favorise l'expansion des moustiques et autres porteurs ; en outre, un environnement plus chaud favoriserait le développement des parasites. D'autres chercheurs pensent en revanche que des obstacles naturels subsisteront.

18. Au moins les trois quarts des maladies émergentes – 35 sont apparues au cours des trois dernières décennies – sont des zoonoses, c'est-à-dire des maladies d'origine animale.

19. 70 % des malades se trouvent dans l'un des 45 pays d'Afrique subsaharienne touchés, où la malaria tue 3 000 enfants par jour et provoque un affaiblissement de l'état général et des capacités de travail des populations et un ralentissement de la croissance,

qui irait jusqu'à 1,3 % par an en moyenne, selon un rapport conjoint de l'OMS, de Harvard et de l'École de médecine tropicale de Londres. Mais elle sévit aussi en Amérique latine, au Moyen-Orient, ainsi qu'en Asie centrale, du Sud et du Sud-Est : depuis dix ans, le parasite a réapparu dans des régions où il avait reculé, comme l'Inde – où il atteint désormais 3 millions de personnes par an. En revanche, le paludisme recule nettement dans les PVD plus avancés d'Asie, comme la Chine – où, naguère omniprésent, il ne subsiste que dans des poches limitées – ou la Thaïlande. D'après l'OMS, le nombre de cas cliniques annuels serait de 300 à 500 millions ; une étude publiée en mars 2005 dans *Nature* a porté le haut de la fourchette à 660 millions.

20. La chloroquine (nivaquine) était naguère un remède efficace et bon marché. Mais le parasite a développé des résistances non seulement à la chloroquine, mais aussi aux autres médicaments (paludrine, méfloquine, etc.), tandis que les moustiques porteurs présentent des résistances aux insecticides. De récents produits actifs dérivent de l'artémisine, une plante chinoise ; des polythérapies les combinant à d'autres remèdes comme l'amodiaquine obtiennent de bons résultats ; enfin, on espère toujours développer un vaccin, comme les MSP3 du Pr Druilhe.

21. Ce constat particulièrement inquiétant est fait par l'ancienne directrice générale de l'OMS, Mme Brundtland, qui ajoute : « Nous perdons actuellement la bataille... »

22. Cette forme aiguë de la maladie est provoquée par l'un des quatre types du parasite, le *Plasmodium falciparum*. Les jeunes enfants, les femmes enceintes et les habitants de zones rurales isolées, les voyageurs, les migrants, les réfugiés et autres personnes déplacées sont les plus exposés.

23. Après être tombé à 3 500 par an autour de 1990, le nombre de cas de paludisme en France a remonté à partir de 1995 pour dépasser 8 000 en 2000 et se stabiliser depuis autour de 6 000 ; il s'agit souvent de la forme pernicieuse.

24. Le moustique recolonise les bords du Danube, vers Belgrade ; et à nos portes, en Turquie, le nombre de cas annuels de paludisme est remonté jusqu'à une centaine de milliers par an.

25. Pourtant, un grand entomologiste comme le Pr Paul Reiter, de l'Institut Pasteur, juge fantaisiste le scénario avancé par le GIEC d'un paludisme gagnant rapidement les régions tempérées à la faveur du réchauffement climatique. Pour lui, « ce n'est pas le climat qui favorise les maladies infectieuses, c'est la misère ». À l'inverse, dans une évaluation publiée en 2005, l'AFFSA considère que le réchauffement climatique accroît bien les risques de transmission de certaines maladies tropicales (notamment les fièvres du Nil et de la vallée du Rift), mais avec, il est vrai, un impact plus sur la santé animale que sur la santé humaine.

26. La fièvre jaune a causé 52 000 décès dans le monde en 2005 et connaît des poussées répétées en Afrique. Transmise par des moustiques de l'espèce *Aedes aegypti* et causée par un flavivirus qui attaque le foie et les reins, elle a été particulièrement redoutée des Européens s'installant en Amérique du Sud ou en Afrique. Vaincue un temps par un vaccin efficace, elle regagne aujourd'hui du terrain et progresse vers l'Inde et les pays du Nord avec l'urbanisation, alors que ses vecteurs restaient en temps normal cantonnés au sud du 35° parallèle.

27. La dengue est une fièvre virale qui peut ressembler à une simple grippe, mais présente aussi des formes graves, hémorragiques ou avec syndrome de choc (1 % de cas mortels). Comme la fièvre jaune, elle est transmise par les moustiques *Aedes aegypti*, mais surtout par *Aedes albopictus*. Présente depuis longtemps en Asie du Sud-Est, elle s'étend

désormais largement dans le monde. Sa diffusion est favorisée par la promiscuité dans des zones périurbaines insalubres, avec des réservoirs d'eau mal protégés. Elle affecterait 100 millions de personnes par an dans le monde (dont 2 000 en Europe), avec une augmentation des cas graves.

28. Comme son cousin *albopictus*, *Aedes aegypti* prospère dans les zones périurbaines négligées (mares, vieux pneus...). Cependant, des experts font observer que la contagion doit reposer sur un foyer d'endémie locale, avec des moustiques vecteurs nombreux et des virus virulents, conditions non réunies dans les grandes villes du Nord.

29. Le Brésil connaît des épidémies sévères, liées à l'insalubrité des *favellas* : près de 400 000 cas en 2002, 43 000 en 2008, provoquant 67 décès ; il a fallu mobiliser l'armée pour des hôpitaux de campagne ! L'Amérique du Nord est atteinte depuis 1972 (sans doute en raison de pneus importés d'Asie), l'Italie depuis 1990.

30. 15 % de la population de la Polynésie française touchés en 2001, 6 500 cas et 19 morts en Nouvelle-Calédonie en 2003 et de nouveau en 2008, 400 à La Réunion en 2004, 800 en Guyane en 2006 (2 décès).

31. Modélisation réalisée en 2006 par des chercheurs de la faculté de médecine de Wellington (Nouvelle-Zélande) conduits par S. Hales : en 1990, près de 30 % de la population terrestre vivaient dans une région à fort risque (plus de 50 %) de transmission de la dengue ; cette proportion passerait à 60 % à l'horizon 2085.

32. Le chikungunya, très proche de la dengue (on a d'ailleurs relevé des cas de coinfection), est aussi transmis par *Aedes albopictus*. Cette maladie émergente, partie du Kenya en 2004, se manifeste par une forte fièvre et des douleurs musculaires et articulaires – le nom vient du swahili, où il signifie « celui qui marche courbé » –, avec parfois des complications, normalement non mortelles, sauf chez des personnes déjà affaiblies. 265 000 Réunionnais ont été touchés en 2005-2006. Selon des spécialistes français, « le virus pourrait s'établir dans n'importe laquelle des zones tropicales ou tempérées » (*New England Journal of Medicine*, février 2007). Il a en tout cas frappé 190 personnes en Italie du Nord, dans la région assez marécageuse de Ravenne, à l'été 2007.

33. Ce nouveau virus (West Nile pour les Anglo-Saxons) transmis par des moustiques *Culex pipiens* – présents dans les zones humides où se trouvent réunis des oiseaux aquatiques, qui en constituent le réservoir – aux chevaux et aux hommes, cause des encéphalites ou hépatites aux conséquences mortelles 1 fois sur 10, surtout chez les personnes âgées. Il a franchi l'Atlantique et tué 7 New-Yorkais en 1999, puis, relayé par les mouvements des oiseaux migrateurs, s'est diffusé à travers États-Unis et Canada, faisant 800 nouvelles victimes (200 000 personnes atteintes) ; il paraît désormais endémique, c'est-à-dire présent en permanence, outre-Atlantique, dans les grandes villes et les zones marécageuses, ce qui est d'autant plus préoccupant qu'il n'existe actuellement ni vaccin ni médicament. En Europe, il a surtout sévi à l'Est, en Tchèque, en Biélorussie, en Russie, en Ukraine et particulièrement en Roumanie : 80 000 infectés et 40 tués dans la seule ville de Bucarest en 1996 ; l'épidémie roumaine s'expliquerait par le fait que les habitants de la capitale élevaient des poulets, porteurs de virus, dans leurs cours et escaliers... Il s'étend sur le littoral méditerranéen, mais la France n'a connu que 7 cas humains (dans le Var, en 2003), qui ne se sont pas renouvelés. Aux États-Unis, 7 espèces d'oiseaux sauvages, notamment merles et corneilles d'Amérique, sont en recul après avoir été décimées par le West Nile (*Nature*, mai 2006).

34. Cette maladie, transmise par les mêmes espèces de moustiques que la fièvre du Nil, paraît en Australie.

35. Apparue en 1931 au Kenya, où elle sévit toujours (encore 200 morts, fin 2006, dans ce pays et ses voisins immédiats), cette fièvre a, depuis, quitté l'Afrique et gagné le Proche-Orient, tuant 150 personnes en Arabie Saoudite et au Yémen en 2000 ; de là, elle pourrait facilement s'étendre à l'Europe. Elle touche surtout les animaux domestiques, ovins notamment ; souvent bénigne chez l'homme, elle peut néanmoins entraîner des complications neurologiques et hémorragiques mortelles.

36. Ces tiques progressent vers le nord aux États-Unis, où la maladie de Lyme qu'elles transmettent pose un problème croissant.

37. Ces maladies, originaires d'Afrique centrale (Ebola est le nom d'une rivière de la région de l'équateur, au Zaïre oriental, où l'agent pathogène a été identifié en 1976, tandis que la fièvre de Marburg, identifiée en Allemagne et à Belgrade en 1967, proviendrait de singes verts importés d'Ouganda) sont souvent mortelles (50 à 90 % des personnes infectées). Il n'existe aucun traitement efficace à ce jour : la seule solution est l'isolement des foyers d'infection par un cordon sanitaire. Le virus de la fièvre de Lassa provoque environ 5 000 morts annuelles en Afrique de l'Ouest. Ces virus se transmettent par contact direct avec le sang ou les sécrétions des personnes atteintes ; le personnel soignant est donc particulièrement exposé.

38. La fièvre hémorragique de Crimée-Congo, transmise par les tiques, est due à un virus à ARN de la famille des bunyavirus, cousin de ceux des autres fièvres hémorragiques. La mortalité des malades est assez élevée (5 à 15 %). Bien que le foyer historique de la maladie se situe au Congo, elle est répandue en Russie du Sud, dans les Balkans (Albanie, Bosnie, Kosovo), en Turquie – où elle a tué 50 personnes depuis quatre ans – et semble gagner la France (plusieurs de nos compatriotes ont été atteints), la Grèce, le Portugal, etc. Selon le Pr Goosens, microbiologiste de l'hôpital d'Anvers, « cela pourrait être dû au changement climatique ».

39. Il est avéré que dans certains cas des Européens ont pu, sans le savoir, rentrer porteurs de ces virus. Cela a été le cas en Allemagne pour un porteur d'Ebola ; 4 autres Européens sont morts de la fièvre de Lassa.

40. Prudents, nos voisins suisses ont dédié un sous-sol entier d'un hôpital Genevois à l'accueil de futures victimes de grippe maligne ou de fièvre hémorragique... « Il faut se préparer comme pour la guerre », commentait en mars 2002 le Pr R. Roué.

41. Le syndrome respiratoire aigu sévère est une affection pulmonaire virale, contre laquelle il n'existe pas actuellement de traitement. Il se transmet surtout par voie orale (expectorations). On a pu retracer précisément son origine sur le continent chinois, dans le Guangdong, en novembre 2002. Il a causé plus de 800 décès en tout – dont un seul pour la France, un médecin demeuré à l'hôpital de Hanoï pour soigner les premiers malades.

42. La grippe aviaire est causée par une des formes de « grippe asiatique », le virus H5N1, devenu mortel chez les volatiles. Difficilement transmissible à l'homme sous sa forme actuelle, cette affection a tout de même entraîné 200 décès à ce jour, dont plusieurs en Turquie, mais, en France, n'a encore touché que des oiseaux.

43. Les spécialistes ont noté que le Guangdong, d'où vient le SRAS (le réservoir de virus pourrait se trouver parmi des petits mammifères sauvages de la région, en vente sur les marchés), est aussi le grand foyer mondial des épidémies de grippe. De même, la grippe aviaire vient probablement de Chine ; dans les deux cas, la forte présence animale aux côtés des hommes facilite l'apparition de nouveaux virus recombinants, d'où le danger d'une grande épidémie chez l'homme. D'une façon typique de l'ère de la mondialisation, ces maladies se sont rapidement étendues à une grande partie du globe, du fait des dépla-

cements des premières personnes contaminées dans le cas du SRAS et des vols d'oiseaux migrateurs pour la grippe aviaire.

44. Plus de 30 pays ont été touchés – en premier lieu la Chine et ses voisins proches d'Asie, mais aussi l'Amérique du Nord et à un moindre degré l'Europe. L'Afrique est restée à l'abri, de même que l'Amérique latine. Les effets économiques du SRAS – plusieurs villes (Hong Kong, Pékin, Canton, Singapour, Toronto...) mises en quarantaine en 2003 – ont pour le moment été plus importants que ses effets sanitaires.

45. La grande crainte est celle d'une série de mutations défavorables – ou d'un « réassortiment génétique » par croisement avec un autre virus grippal, humain ou animal (par exemple chez le porc, génétiquement proche) – qui le rendraient dès lors contagieux d'homme à homme, comme pour la grippe classique dont certaines mutations sont très dangereuses : la grippe espagnole de 1918-1919 a causé 20 millions de morts.

46. L'augmentation prévisible des températures et des précipitations étendrait largement, jusqu'à l'Arctique, la diffusion du West Nile, du chikungunya et de la maladie de Lyme, ainsi que d'infections pulmonaires comme les légionelloses. Les maladies hydriques, diarrhées et choléra, prospéreraient : les chercheurs remarquent que « la plupart des gastro-entérites, en particulier celles dues aux bactéries *campylobacter* et salmonelle, suivent nettement un modèle de survenance estivale » et que « les maladies transmises par l'eau surviennent malgré les technologies de traitement des eaux sophistiquées » (*Canadian Medical Association Journal*, mars 2008).

Annexe 2

LES RAISONS D'UN DOUTE SCIENTIFIQUE

1. Les principales glaciations récentes (il y a cent mille, quarante et un mille et vingt mille ans) ont été précédées et suivies de phases de réchauffement naturel ; les écarts entre périodes chaudes et froides peuvent être de 5 à 8 °C, voire 10 °C, et la fonte de la banquise pourrait n'être que la poursuite du réchauffement entamé depuis la dernière glaciation. L'existence de « petits âges glaciaires » au Moyen Âge, aux XVII^e et XIX^e siècles, connue des historiens, pourrait aussi fausser les comparaisons en abaissant excessivement les températures de référence.

2. Des chercheurs allemands prévoient qu'une oscillation naturelle plus fraîche due aux courants marins se superposera *temporairement* au réchauffement climatique pendant les dix années à venir, notamment en Europe et en Amérique du Nord (*Nature*, mai 2008).

3. On sait que les changements d'étendue des taches solaires, qui se répètent selon un cycle de onze ans, ont une influence sur la luminosité et donc sur la quantité totale d'énergie reçue par la Terre. Pour les sceptiques, les modèles utilisés par le GIEC sous-évaluent l'influence de ces variations d'intensité solaire ; leur thèse ne convainc pas la majorité des experts, qui ont même diminué de moitié l'importance accordée à ce phénomène depuis la précédente version du rapport du GIEC : les calculs généralement admis montrent en effet que les effets de la variation des radiations solaires sont douze à quinze fois inférieurs à la composante humaine dans l'effet de serre : 0,12 W/m² pour le réchauffement solaire naturel, à comparer avec 1,6 W/m² de « forçage radiatif » total d'origine humaine. Sans les activités humaines, « la somme des forçages solaire et volcanique aurait probablement produit un refroidissement au cours du dernier demi-siècle ». Une

nouvelle étude anglo-suisse (*Proceedings of the Royal Society*, septembre 2007) montre même que l'énergie envoyée à la Terre par le Soleil *diminue* depuis 1985, et réfute l'hypothèse selon laquelle les champs magnétiques solaires et le rayonnement cosmique auraient un effet sur le réchauffement climatique. « La tendance à long terme est à la stabilisation de l'éclairement solaire total, seuls les GES étant à la hausse », résume E. Bard (Collège de France), qu'une vive polémique a opposé en 2007 devant l'Académie des sciences et dans les revues scientifiques à V. Courtillot, directeur de l'Institut de physique du globe. MM Courtillot et Le Mouél auraient publié des données tronquées à l'appui de leur thèse liant le réchauffement du globe aux variations de l'éclairement solaire et du géomagnétisme (*Earth and Planetary Science Letters*, décembre 2007) – ce qui, pour le Pr R. Pierrehumbert (Université de Chicago), toucherait à la « tromperie active ».

4. L'effet de ce dérèglement climatique cyclique est particulièrement fort en Amérique centrale et du Sud, mais aussi en Océanie – on lui attribue par exemple les feux de forêt dévastateurs en Indonésie.

5. Une étude parue en juin 2007 dans la revue *Nature* associe la fréquence des cyclones dans l'Atlantique Nord à El Niño et à la force des moussons en Afrique de l'Ouest : se fondant sur cinq mille années de passage de cyclones à Porto Rico, les chercheurs constatent une corrélation « frappante » entre ces phénomènes : les lignes de grains chargées d'aérosols partent d'Afrique et sont poussées, en altitude, par le Jet Stream d'est, atteignant les Caraïbes en quelques jours et faisant le tour de la Terre en une douzaine de jours.

6. Explications avancées par un spécialiste comme J.-C. André, directeur du Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique. Comme souvent, il y a sans doute une multiplicité de causes à ce phénomène. La mise en évidence par des chercheurs français de l'importance de « tourbillons » marins recyclant les eaux à moyenne échelle au sein de cylindres verticaux d'un diamètre de 50 à 100 kilomètres en marge des grands courants marins complique encore les schémas (*Journal of Physical Geography*, fin 2007). Cependant, le lien avec la température de surface des océans paraît évident si l'on se souvient qu'un cyclone ne peut se déclencher qu'à partir d'une chaleur des eaux tropicales supérieures à 26 °C sur une surface et une durée suffisantes.

7. Propos de Marcel Leroux, climatologue CNRS à l'université Lyon-III et auteur d'un ouvrage critique sur le changement climatique, *Global Warming : Myth or Reality ?* Les auteurs de l'étude publiée dans *Science* en 2005 sur la fréquence accrue des ouragans les plus violents, (chapitre I, note 13) font eux-mêmes cette réserve : « attribuer l'intensification de la violence des cyclones au cours des trente dernières années au réchauffement atmosphérique nécessiterait de disposer de données globales sur une période plus longue ».

8. Même en France, les relevés de températures ne sont vraiment systématiques et complets que depuis 1950. C'est la Grande-Bretagne qui dispose du registre de relevés (partiels) de températures le plus ancien : il remonte au milieu du xvi^e siècle.

9. Le recul n'est que d'un demi-siècle pour la mesure de la salinité de l'océan, trente ans pour l'éclairement solaire, quinze pour le niveau des mers (grâce aux satellites) ; deux éruptions volcaniques majeures seulement sont documentées ; au-delà, il faut faire appel aux études de paléoclimatologie, plus incertaines.

10. Par exemple, V. Masson-Delmotte, du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement de Gif, fait remarquer que l'extrapolation à notre siècle des données de la précédente période interglaciaire pour évaluer la montée probable des mers au xxi^e siècle

(voir chapitre I, note 79) est peu convaincante, car « la montée des eaux il y a 120 000 ans s'est effectuée pendant trois millénaires. Et il reste encore beaucoup d'incertitudes concernant le comportement des glaciers arctiques et antarctiques côtiers face au réchauffement, qui reste difficile à modéliser ».

11. Des océanographes comme Paul Tréguer, directeur du réseau de chercheurs Eur-Océans, remarquent notamment que les mesures fondant les célèbres travaux d'Harry Bryden sur le Gulf Stream (cf. chapitre I, p. 28 et note 94) sont très parcellaires : 5 relevés seulement, 1 par décennie ! Le programme Argo d'observation de l'océan, avec ses 1 500 bouées, permet désormais des mesures plus précises de la température et de la salinité des mers ; les relevés continus faits depuis le printemps 2004 indiquent plutôt un plateau dans leur dilatation thermique, mais ne permettent pas de trancher, tant les oscillations sont fortes. Au surplus « le Gulf Stream est loin d'être le seul responsable de la douceur de nos côtes » ; la dominance des vents d'ouest chauds et humides, transférant la chaleur stockée par l'océan en été, jouerait un rôle décisif. M. Visbeck, de l'Institut des sciences de la mer de Kiel, souligne aussi la variabilité du courant et doute qu'un ralentissement du Gulf Stream se soit déjà produit, tout en admettant la vraisemblance d'une baisse future de 30 % au cours du XXI^e siècle ; il juge toutefois que ce facteur ne supplanterait pas le réchauffement en cours en Europe occidentale, sauf en Norvège.

12. Ce fait, documenté, est souvent utilisé par les climato-sceptiques. Mais deux chercheurs de l'équipe de J. Hansen l'ont lié au rétrécissement de la couche d'ozone ; le rétablissement de celle-ci inverserait la tendance... Par ailleurs, la présence d'un volcan souterrain en Antarctique Ouest pourrait expliquer en partie le réchauffement marqué de cette région – contrastant avec le refroidissement de la partie orientale – mais sans rendre compte de la totalité de la fonte constatée (*Nature Geoscience*, janvier 2008 ; voir aussi chapitre I, note 25).

13. P. Huybrechts, de l'Université libre de Bruxelles, estime que « les mesures sont trop récentes pour être sûr que l'accélération de la fonte des glaciers côtiers du Groenland est liée au réchauffement... Il peut très bien s'agir de fluctuations périodiques que l'on ne comprend pas ».

14. Les études publiées dans *Science* en 2006 (voir chapitre I, note 22) montrent une perte nette, due à une fonte accentuée sur les bords, faisant plus que compenser le gain d'épaisseur de la calotte glaciaire centrale.

15. Stephen McIntyre, aidé de l'économiste Ross McKittrick, démonte la méthode d'établissement de la « courbe de Mann », qui permet de modéliser la hausse des températures (*Energy & Environment*, 2003). Pour lui, sa forme « en crosse de hockey » (exponentielle) est un « artefact » dû à des techniques statistiques de reconstruction (« lissage » de données au départ hétérogènes) et reflète bien davantage la méthode suivie que la réalité historique. Son approche a été confortée par plusieurs autres études (*Climate Research*, 2003, *Science*, 2004, *Geophysical Research Letters*, 2005). Les auteurs de la courbe de Mann, proposée pour la première fois dans *Nature* en 1998, ont admis certaines erreurs dans leur approche initiale, mais pour eux (*Nature*, 1^{er} juillet 2004) « aucune n'affecte nos résultats précédemment publiés », qu'ils affinent dans une nouvelle étude récente (*PNAS*, octobre 2008) ; en outre, ils relèvent les liens de certains de leurs contradicteurs avec l'industrie pétrolière américaine... Sur le plan scientifique en tout cas, nombre d'autres études confirment l'accélération du réchauffement de la planète, et un rapport de l'Académie des sciences américaine de juin 2006 cautionne la courbe de Mann, tout en rappelant les incertitudes liées aux séries de données les plus anciennes.

16. Thèse avancée dans *Nature* par des économistes. Il est de fait que les scénarios d'émission de gaz utilisés pour le rapport 2007 sont les mêmes que pour le rapport 2001 du GIEC, mais rien ne prouve qu'ils soient faux.

17. Des études récentes comme celles de l'océanographe R. Seager, de l'Université Columbia, rejoignent les précédentes pour attribuer au régime des vents et aux échanges globaux entre l'atmosphère et la surface des océans l'essentiel du fort écart de température entre l'Europe occidentale et les régions de même latitude d'Amérique du Nord. Cette thèse s'opposant à l'approche classique est elle-même controversée (pour E. Bard, du Collège de France, « les données paléoclimatiques démontrent de façon indubitable l'existence d'un fort couplage entre la température et l'intensité de la circulation de l'Atlantique »), mais il est vrai que celle qui suppose un détournement de ce grand courant n'est pas plus démontrée. Le rapport final du GIEC conclut que « la circulation thermohaline de l'océan Atlantique (le Gulf Stream) ralentira *très probablement* au cours du XXI^e siècle, mais que les températures dans l'Atlantique et en Europe devraient néanmoins augmenter ».

18. Un modèle climatique fiable devrait intégrer notamment l'ensemble très complexe du cycle atmosphérique de l'eau (évaporation, nuages, précipitations), qui joue un rôle majeur dans l'évolution du climat, aux côtés d'une masse d'autres facteurs comme le régime des vents et l'activité solaire. Mais le rôle des nuages est particulièrement difficile à retracer ; le rapport GIEC 2007 y voit « la source majeure d'incertitudes ». Les nouveaux satellites météo comme MetOp, lancé fin 2006, amélioreront la précision des données.

19. Cette thèse est notamment défendue par le chercheur américain James Hansen, pour qui les aérosols sulfatés, le carbone en suspension, les nitrates et les suies et poussières annuleraient pratiquement les effets de l'augmentation du gaz carbonique ; le réchauffement planétaire, est, pour lui, dû essentiellement à d'autres GES (méthane, oxydes d'azote et de carbone), sur lesquels il conviendrait alors d'agir en priorité. Une étude récente situe les effets de ces aérosols à $-0,8 \text{ W/m}^2$ de sol, dans le haut de la fourchette des évaluations du GIEC (*Nature*, décembre 2007).

20. Ces effets de sens contraire sont intégrés par le GIEC dans la modélisation qui est à la base de son rapport 2007 : le « forçage radiatif » dû aux GES est de $2,3 \text{ W/m}^2$ ($1,66$ pour le CO_2 , $0,48$ pour le méthane et $0,16$ pour le N_2O) ; il faut y ajouter quelques autres facteurs de réchauffement (ozone, halocarbones...), mais en déduire l'effet des aérosols ($-1,2 \text{ W/m}^2$, dont $0,5$ pour l'effet direct et $0,7$ par l'effet albédo des nuages, qui renvoient la lumière). La somme nette du forçage radiatif d'origine humaine revient à $1,6 \text{ W/m}^2$, avec une fourchette il est vrai assez large ($0,6$ à $2,4 \text{ W/m}^2$) traduisant bien les difficultés de la prévision.

21. Ces propos sont de l'épidémiologiste C. Hill, de l'Institut national du cancer. D'autres médecins, comme les Dr Levy et Bosquet, estiment qu'« aucune preuve scientifique ne permet de conclure que l'exposition prolongée à des substances synthétiques est à l'origine de l'augmentation de l'incidence des cancers ».

22. Ce rapport, publié en septembre 2007 sous la direction conjointe des académies françaises de médecine et des sciences et du CIRC, attribue directement à la pollution une très faible part des 150 000 décès par cancer annuels dans notre pays, les premières causes restant, dans l'ordre, le tabac (un tiers du total pour les hommes) et l'alcool, les infections, l'obésité et le manque d'activité physique. « Contrairement à certaines allégations, le nombre de cancers lié à la pollution de l'eau, de l'air et de l'alimentation est faible en France, affirment les auteurs. De l'ordre de $0,5 \%$, il pourrait atteindre $0,85 \%$ si les

effets de la pollution de l'air atmosphérique étaient confirmés ». Ces vues sont radicalement contraires à celles du Pr Belpomme, initiateur en 2004 de l'Appel de Paris sur les dangers de la pollution (voir page 41) ; le rapport conclut d'ailleurs qu'« il n'y a pas de consensus » sur ces sujets. Il fait bien, car ses données doivent elles-mêmes être prises avec précaution : la cause des décès reste ignorée dans 85 % des cas pour les non-fumeurs et on peut supposer que l'environnement y joue un rôle ; de plus, l'incidence de l'environnement est beaucoup plus élevée dans les cancers dus à des maladies professionnelles (3,4 % du total des décès). Si on ajoute ces décès à ceux dus aux UV (rattachables en partie à la déficience de la couche d'ozone) et à une mauvaise nutrition (non mesurés dans l'étude), on arrive à environ 10 % des causes *connues* de décès par cancer.

Annexe 3

L'ABSTENTION AMÉRICAINE DU PROTOCOLE DE KYOTO

1. Soit plus de 1 % par an. La prévision, figurant dans le rapport d'évaluation remis par le gouvernement Bush à l'UNFCCC, organe des Nations unies en charge du climat, couvre la période 2002-2012, prolongeant les tendances actuelles. Cela porterait la hausse des émissions par rapport à 1990 à près de 25 %...

2. Il est vrai que Kyoto demandait relativement plus d'efforts aux États-Unis qu'à d'autres pays, du fait même qu'ils polluent plus : leur engagement de réduire de 7 % les émissions par rapport à 1990 conduisait à une baisse de 30 % à opérer par rapport au scénario « *business as usual* » à l'horizon 2010.

3. Près de 180 pays ont ratifié l'accord de Kyoto, dont 38 parties à l'« annexe I » du protocole, les seules à prendre des engagements concrets de limitation de leurs émissions de GES. Nombre de signataires sont en effet des PVD, dispensés. Le traité exigeait pour son effectivité l'adhésion de pays représentant 55 % des engagements pris. Les États-Unis représentaient alors un quart (24 % exactement) des émissions mondiales de gaz carbonique, mais 36 % de celles des pays liés par les objectifs contraignants. L'UE comptait pour 24 % de ces engagements, la Russie pour 17,4 % et le Japon pour 8,5 %.

4. 58 % du produit national américain actuel viennent d'États qui se sont engagés à mettre en place un programme de plafonnement et de réduction des émissions toxiques.

5. Saisie par une douzaine d'États fédérés conduits par le Massachusetts, la Cour suprême des États-Unis a décidé en avril 2007 que l'Agence nationale de protection de l'environnement (EPA) avait une autorité légitime pour réguler les émissions de quatre gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone (CO₂) sur les voitures neuves : ce sont bien des polluants visés par le Clean Air Act. La Californie a de nouveau porté plainte contre l'EPA en novembre 2007 pour la contraindre à réglementer les émissions polluantes des automobiles. L'Agence continue pourtant, courant 2008, à faire des réponses dilatoires.

Annexe 4

LES FAILLES DU PROTOCOLE DE KYOTO

1. Ce mécanisme, introduit par les accords de Marrakech en 2001 et précisé à la conférence de Montréal fin 2005, porte le nom de « mécanisme de développement

propre » ; il permet d'obtenir des permis d'émission en contrepartie de projets réalisés dans des pays en développement (voir chapitre V, page 118).

2. Juridiquement, ce sont les États qui disposent du « monopole de la contrainte organisée », c'est-à-dire du pouvoir d'édicter des lois, avec des tribunaux et une police pour les faire respecter. Les éléments allant dans le sens d'une application directe de la légalité internationale, tels que le contrôle du respect des traités ou des principes universels des droits de l'homme, ou l'emploi de la force par les Nations unies pour maintenir la paix, sont encore rares.

3. Cette discussion, lancée sur initiative britannique, visait à examiner l'impact du changement climatique sur le système de « sécurité collective ». Même si elle n'a pas débouché sur des prises de décision immédiates, elle pourrait avoir des conséquences à terme, car le Conseil de sécurité est le seul organe des Nations unies disposant d'un pouvoir de contrainte.

4. Outre l'article 18 du protocole de Kyoto, la question a notamment été traitée par les conférences de Marrakech, en 2001, et de Montréal, en 2005. En cas de violation, trois sanctions sont prévues : l'obligation de compenser le manquement constaté, majoré de 30 %, dans la période suivant 2010-2012 ; la présentation d'un plan de route pour le respect futur des engagements ; et la suspension de l'éligibilité aux mécanismes de marché des permis d'émissions – qui sont en principe ouverts aux seuls pays acceptant ce régime des sanctions. Un « Comité d'observance » a été mis en place depuis novembre 2005 pour surveiller le respect des engagements pris.

5. La Commission européenne, par exemple, a lancé l'initiative GMES (Global Monitoring for Environment and Security) pour assurer ces tâches grâce à Envisat. Ce grand satellite, lancé en 2001, est un instrument de contrôle universel capable de mesurer température des océans, direction des courants, épaisseur des glaces polaires ou composition chimique de l'atmosphère. Il permet de surveiller la végétation et la déforestation, l'érosion et la désertification, le « trou » de la couche d'ozone, les crues, tempêtes, marées noires, etc.

Annexe 5

LA LUTTE CONTRE LES POLLUTIONS CHIMIQUES DANS LES PAYS AVANCÉS

1. L'Agence européenne de l'environnement note une réduction des rejets acides et de la pollution à l'ozone, et une baisse légère des concentrations d'oxyde d'azote en Europe depuis cinq ans.

2. À l'aide, au besoin, de primes à la casse, comme la France et l'Italie l'ont fait.

3. La moitié des 800 substances précédemment autorisées dans l'agriculture et l'élevage a été retirée des marchés.

Annexe 6

LA CHINE ET L'INDE, GÉANTS MONDIAUX

1. En PNB nominal, le classement 2008 devrait être le suivant : États-Unis 14 600 milliards de dollars, Japon 5 200, Allemagne et Chine 3 400, Royaume-Uni 2 700, France 2 600 (estimation de l'auteur à partir des statistiques 2006 de la Banque mondiale

et des taux de croissance subséquents, hors variations de change). Après correction des parités officielles pour tenir compte des « parités de pouvoir d'achat », le produit national chinois révisé s'élèverait en revanche à environ 7 800 milliards de dollars en 2008, soit plus de la moitié de celui des États-Unis (13 800 milliards en PPA), ce qui place la Chine au deuxième rang mondial, loin devant le Japon, dont le produit national en PPA ne serait que d'un peu plus de 4 600 milliards de dollars ; l'ensemble de l'UE (27 pays) serait à 15 000 milliards de dollars en PPA.

2. Le revenu par tête est estimé par la Banque mondiale à 34 300 dollars en 2006 pour la zone euro, soit treize fois plus que la Chine et quarante fois plus que l'Inde aux taux de change nominaux ; en PPA, l'écart est bien moindre : de 1 à 5 pour la Chine (6 120 dollars par tête contre 31 200 pour la zone euro), de 1 à 11 pour l'Inde.

3. La Chine est devenue un des premiers pays d'accueil des investissements étrangers dans le monde (entre 50 et 80 milliards de dollars d'entrées chaque année).

4. Les taux de croissance confirmés par le gouvernement chinois sont de 11,6 % pour 2006 et 11,9 % pour 2007, après des résultats annuels supérieurs à 10 % depuis 2003. Cela placerait le PIB chinois, aux taux de change officiels, à 3 400 milliards de dollars (2 600 dollars par tête). Le FMI prévoit encore plus de 7 % de croissance en 2008 et 2009, malgré la crise des *subprimes*.

5. L'extrême compétitivité chinoise (aux cours actuels du yuan...) est d'ailleurs montrée par le fait que ce pays exporte le tiers de sa production et enregistre des excédents commerciaux colossaux (260 milliards de dollars vers les États-Unis et près de 100 avec l'Europe). Les exportations chinoises ont décuplé depuis 1990, atteignant 800 milliards de dollars en 2006, et les réserves de change du pays atteignent 1 800 milliards de dollars en 2008, au premier rang mondial. Les placements financiers font de ce pays encore « pauvre » le premier créateur du monde.

6. Le produit national indien s'établissait, selon les statistiques officielles, à 910 milliards de dollars en 2006 (moitié de la France) ; on peut l'estimer à peu près à 1 100 milliards de dollars pour 2008, après deux années de forte croissance. En revanche, le revenu national total *en PPA* s'établissait à 2 730 milliards de dollars en 2006, plaçant ce pays après les États-Unis, la Chine et le Japon et devant l'Allemagne, selon la Banque mondiale.

7. Le revenu par tête indien corrigé des PPA s'établissait en 2006 à 2 460 dollars, ce qui n'était encore que 40 % de la moyenne mondiale (9 200 dollars). On peut l'estimer à 2 700 dollars en 2008. Selon le PNUD, il a progressé de 3,2 % par an au cours du dernier quart de siècle ; la Banque mondiale l'évalue à + 5 % par an sur les dix dernières années. Cette progression est intervenue malgré une croissance démographique (2 % l'an) trois fois plus rapide que celle de la Chine, si bien que la population indienne dépassera la chinoise vers 2030. Tout n'est donc pas joué dans la compétition entre les deux pays.

8. 2 millions de diplômés parlant anglais sortent chaque année des universités et instituts indiens ; leurs salaires sont, à qualification égale, cinq à dix fois inférieurs à ceux des pays du Nord – encore que cet écart soit en voie de réduction. L'Inde s'est spécialisée dans le télétraitement, les centres d'appels à distance et l'élaboration de progiciels. Bangalore (7 millions d'habitants) est l'un des hauts lieux de l'informatique mondiale ; des dizaines de firmes indiennes sont cotées sur les Bourses de valeurs de croissance aux États-Unis.

9. L'Inde est, comme la Chine, une puissance spatiale. Ses performances en matière d'électronique, mais aussi d'industries de base comme la sidérurgie, accroissent son potentiel – de croissance, mais aussi de pollution...

10. Il faut se souvenir qu'à 10 % de progression l'an, la taille d'une économie double en sept ans, c'est-à-dire qu'elle décuple en moins d'une génération. Je suis conscient du danger de prévisions exponentielles sur longue période – qu'il s'agisse d'ailleurs de la croissance ou de l'effet de serre. Mais rien ne permettait, jusqu'à la crise financière de 2007-2008, de prévoir un ralentissement prochain des machines économiques chinoise et indienne.

Annexe 7

LE DÉVELOPPEMENT DURABLE : UN IMPÉRATIF À PARTAGER

1. Des études économétriques montrent, de façon plus savante, que les inégalités internationales se sont accrues en faveur de l'Occident, rapidement de 1820 à 1960, un peu moins vite depuis, et se réduiraient depuis peu, grâce à la forte croissance de certains PVD. Mais ces inégalités se sont accrues beaucoup plus vite entre les deux extrêmes, les plus riches des pays avancés et les plus pauvres des pays en développement.

2. Aux taux de change officiels, les pays à haut revenu avaient en 2006 un PNB de 37 700 milliards de dollars sur un total mondial de 48 700 milliards, soit une part de 77,5 %, dont 27,5 % pour les seuls États-Unis (Banque mondiale, *World Development Indicators 2008*). La domination des pays riches est toutefois nettement moindre si l'on calcule les revenus nationaux en PPA. Elle est alors de 60 % (36 trillions de dollars sur 60,2), dont 22 % pour les États-Unis.

3. Les régions les plus touchées par le changement climatique seront les pôles, mais aussi les petites îles et les estuaires surpeuplés des grands fleuves asiatiques, et l'Afrique, particulièrement frappée par le réchauffement et la désertification ; le rapport du GIEC souligne qu'elle est « un des continents les plus vulnérables à la variabilité et aux changements climatiques, à cause de multiples pressions et de la faible capacité d'adaptation ». Il s'attend également, avec une probabilité de plus de 80 %, à « une augmentation de la morbidité endémique et de la mortalité due aux affections diarrhéiques, principalement associées aux inondations et aux sécheresses, dans l'Est, le Sud et le Sud-Ouest de l'Asie » ; le réchauffement des eaux côtières aggraverait la prévalence du choléra en Asie du Sud (sous-continent indien). « Les communautés défavorisées peuvent être particulièrement vulnérables... Elles tendent à avoir moins de possibilités d'adaptation, et sont plus dépendantes de ressources sensibles au changement climatique », poursuit le GIEC, dont le président, R. Pachauri, a souligné que « les populations pauvres, même dans les sociétés prospères, sont les plus vulnérables au changement climatique ».

4. « Les 40 % de la population mondiale la plus pauvre, soit environ 2,6 milliards de personnes, seront condamnées à un avenir comportant moins d'opportunités. » Ce jugement figure dans le rapport annuel du PNUD de novembre 2007, axé sur l'impact du réchauffement de la planète et intitulé *Un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé*.

5. Ces fonds de soutien ont été créés par les conférences de Bonn et de Marrakech, en 2001.

6. La conférence de Bali, en décembre 2007, a renforcé les moyens du Fonds d'adaptation, dont la dotation (410 millions de dollars théoriquement, seulement 220 millions de dollars annuels effectifs selon le PNUD) a été portée à 600 millions de dollars par an.

7. L'article 12 du protocole de Kyoto autorise les 38 pays de l'« annexe B » à acquérir des crédits en réalisant des réductions « additionnelles » d'émissions dans les PVD plutôt que sur leur territoire national entre 2000 et 2007. Ces crédits, validés par un comité exécutif du mécanisme, pourront être utilisés pour satisfaire une partie des objectifs de réduction souscrits à l'horizon 2008-2012 ; une partie modeste (2 %) en est prélevée pour financer des actions d'adaptation dans les pays en développement.

Annexe 8

DES INNOVATIONS HARDIES POUR CHANGER NOTRE ENVIRONNEMENT

1. La Nissan Pivo 2 japonaise est capable de se garer ainsi « en équerre ».

2. Ce dispositif, appelé LAVIA (limiteur s'adaptant à la vitesse autorisée) en France, permet de neutraliser l'usage de l'accélérateur, grâce à un GPS localisant le véhicule et à des bases de données des limites autorisées par tronçon.

3. Ce concept est par exemple étudié en France par le pôle « Véhicule du futur » de Sochaux-Mulhouse avec le projet Cristal : une voiture à intelligence embarquée capable de s'accrocher virtuellement à d'autres véhicules.

4. Ce nouveau bitume proposé par Arkema a reçu en mars 2007 un prix officiel. Composé à 65 % de matières premières renouvelables, il nécessite, grâce à l'apport d'une petite quantité d'agents tensio-actifs, une température de fabrication de 130 °C seulement, au lieu de 180 °C pour les bitumes ordinaires, d'où une économie d'énergie de 35 à 60 % ; les émissions de poussières sont réduites de 90 % et celles d'oxyde de carbone ou d'azote et de composés organiques volatils, de 20 à 50 %. L'économie de fuel attendue reste cependant limitée : elle serait de 0,7 million de tonnes (pour 350 millions de tonnes d'enrobés utilisés annuellement en Europe).

5. Le Maglev japonais de Tokai et le Transrapid, conçu par Thyssen-Krupp et Siemens, évoluent par sustentation magnétique à 1 centimètre au-dessus d'une voie métallique et sont propulsés par des aimants. Ils sont capables de dépasser 500 km/h, en exploitation commerciale. Le Transrapid opère depuis 2002 sur le seul tronçon ouvert à ce jour – 30 kilomètres entre l'aéroport de Pudong et le centre de Shanghai. Sa performance économique est bonne : plus silencieux, il rejette 23 grammes de CO₂ par siège et par km, contre 30 pour l'ICE ou le TGV. Malheureusement, son pays d'origine a successivement abandonné, en raison du coût, les trois projets envisagés entre Hambourg et Berlin (en 2000), dans la Ruhr (en 2003), puis entre Munich et son aéroport (en mars 2008). Des projets subsistent cependant aux États-Unis, en Chine et au Japon (ligne Tokyo-Nagoya : un investissement de 32 milliards d'euros pour 290 kilomètres, en 2025).

6. Airbus avait étudié cette solution pour transporter les morceaux de l'A380 jusqu'à Toulouse. La société allemande Cargolifter, qui proposait ce procédé, a compté jusqu'à 500 employés avant de faire malheureusement faillite. Mais de nombreux autres projets existent ; l'armée américaine a même lancé un appel sur ce sujet en 2005. Le dirigeable est compétitif (selon les calculs de l'École centrale de Lyon, le coût de la tonne

transportée serait de 0,34 centime par kilomètre, contre 1 euro pour le camion) ; sa consommation est le quart de celle d'un avion, il émet dix fois moins de CO₂ et fait moins de bruit ; enfin, il décolle verticalement et peut aller dans des régions peu équipées. En revanche, il reste des problèmes techniques à surmonter : le faible rapport poids transporté/volume (il faut 1 m³ d'hélium par kilo emporté) et, partant, la sensibilité d'engins volumineux au vent et aux orages ; et le coût et la volatilité de l'hélium.

7. Le Solar Challenger a réussi à traverser la Manche avec un pilote à bord dès 1981, malgré une puissance limitée à... 3 CV. Les prototypes récents ont amélioré ces performances. Le problème est de stocker assez d'énergie le jour pour tenir la nuit, grâce à une pile à combustible réversible (Helios, de la NASA) ou à des batteries lithium-soufre (Zephyr, de Qinetiq). Le Solar Impulse de Bertrand Piccard tentera, avec son envergure de 79 mètres (celle d'un Airbus A380, pour un poids limité à 1,5 tonne), ses ailes revêtues d'un composite fin captant le rayonnement solaire, ses batteries ion-lithium et un propulseur de 12 CV, de réussir l'exploit d'un vol continu d'une semaine.

8. Boeing a fait voler, début 2008, un prototype biplace à hélice alimenté par une pile à combustible. Mais l'autonomie n'est encore que de quarante-cinq minutes, à une vitesse de 100 km/h... La solution serait surtout valable pour de petits appareils, ou comme source d'appoint.

9. Il s'agit de machines triangulaires, très plates, accueillant les passagers dans leurs ailes. Leur aérodynamisme parfait entraînera d'importantes économies de combustible (25 % pour le projet Silent Aircraft Initiative financé par Boeing avec le MIT et l'Université de Cambridge) et une réduction de moitié du bruit ; de plus, elles intégreraient facilement des réservoirs d'hydrogène. Airbus a aussi inclus l'aile volante dans son projet Nacre. On n'attend toutefois pas de concrétisation avant 2020.

10. Ce retour partiel à la propulsion par le vent (système Skysails breveté en Allemagne) suppose d'équiper les navires de cerfs-volants, plus élevés et plus mobiles qu'une voile, qui permettraient de réduire de 20 % la consommation de fuel, rentabilisant l'investissement en trois à cinq ans. Un cargo de 10 000 tonnes de la compagnie Beluga Shipping, doté d'une aile de 160 m², a été lancé fin 2007.

11. Le système, développé par Orange, permet de regarder ses interlocuteurs virtuels en face, de l'autre côté d'une table de réunion coupée par un écran rétro-éclairé, grâce à un jeu de miroirs semi-réfléchissants ; il est complété par un effet de spatialisation sonore. Les Américains CISCO et HP proposent des options analogues.

12. Le procédé repose sur des nanostructures en oxyde de titane (*dye-sensitised semi-conductor cells*), projetables en spray sur des feuilles d'acier ordinaire et capables de convertir la lumière en électricité. Bien que leur rendement soit inférieur à celui des cellules photovoltaïques classiques en silicium, leur faible coût permettrait de couvrir de grandes surfaces. Leur commercialisation est prévue vers 2012.

13. Pour les peintures, voir chapitre IV, note 57. Le papier peint solaire est proposé par la société Dai Nippon Printing : l'électricité est produite par des cellules photovoltaïques classiques, incorporées dans un film souple très fin, qui peut lui-même être coloré et imprimé.

14. La Corée est en tête sur cette approche : près de 200 000 familles sont déjà équipées de tels réseaux internes, selon une technologie Home Vita développée par Samsung.

15. Il peut s'agir d'oxyde de vanadium (procédé britannique) ou d'une mince pellicule d'argent (Saint-Gobain).

16. Ce produit, mis au point par la société AGC Flatglass, et médaille d'or du concours de l'innovation Batimat, repose sur les ions d'argent contenus dans les couches supérieures du verre, qui bloquent le métabolisme et la reproduction des bactéries (et des champignons).

17. Cette Platelets Technology, développée par une société écossaise d'Aberdeen, utilise des fragments de polymères ou d'élastomères introduits dans le courant ; en cas de brèche, ils s'agglutinent et la colmatent, comme le font nos plaquettes sanguines. D'abord utilisée par les compagnies pétrolières, elle est en cours de transposition à l'habitat.

18. Les nanotechnologies permettent l'indispensable miniaturisation des capteurs. Le défaut de la cuirasse reste cependant... la résistance de tous ces tissus innovants au lavage !

19. Ces « puces neuronales » sont développées par l'équivalent canadien du CNRS. Prélevés sur des animaux et implantés dans un liquide nourricier, des neurones se multiplient et établissent des connexions tant entre eux qu'avec la partie électronique de la « puce », permettant de développer des biosenseurs.

20. Le premier procédé, développé par des chercheurs d'Atlanta, recourt à l'effet piézoélectrique : des fibres de Kevlar sont recouvertes de nanofils d'oxyde de zinc générateurs d'un courant, à vrai dire encore trop faible à ce stade pour une application pratique. Le second, développé par le CEA français, convertit en électricité l'écart de température entre la face interne, proche du corps, et la face externe du tissu.

21. Les villes de Séville et de Majorque, en Espagne, se sont équipées récemment d'un système suédois consistant à évacuer les détritux à grande vitesse sous terre, par aspiration d'air. Des bornes vide-ordures publiques, sur les trottoirs, complètent le système installé dans les immeubles. L'inconvénient est le coût assez élevé : environ 1 000 euros par foyer.

22. Le système, mis au point en 2008 à l'Université technique de Munich, prévoit l'installation le long des rivières de « puces » électroniques équipées de micro-organismes tels que des algues, dont elles mesureront en permanence la réaction à la présence de divers toxiques dans l'eau.

23. Le trichloréthylène, solvant très courant pour dégraisser métaux et composants électroniques, est nocif pour le foie et cancérigène (voir chapitre IX). Il est très difficile à nettoyer par les voies habituelles de filtration ou d'injection d'air. Le procédé proposé par le Pr Wong, de l'Université du Texas, combine deux métaux (or et palladium) en micro-particules (4 nanomètres) pour briser ses molécules et le transformer en éthane, non dangereux.

24. Par exemple, un laboratoire de l'université de Rennes utilise l'apport de polyamines exogènes comme stimulant de la phytoremédiation.

25. Cette pile à combustible d'un genre particulier utilise des bactéries fixées à une plaque de graphite, qui absorbent des déchets végétaux, animaux ou industriels enrichis de glucose, et émettent des électrons (donc, du courant) ainsi que de l'hydrogène ionisé, qui se recombine avec de l'oxygène pour donner de l'eau en sortie. Ce système propre et économe développé par l'Université de Pennsylvanie semble promis à un bel avenir, si l'on considère que le traitement des eaux usées absorbe actuellement 5 % de la production électrique des États-Unis. Veolia pilote avec le CNRS un projet pour améliorer la digestion bactérienne.

26. Ce nouveau fuel, développé par des chercheurs de Taïwan, comprend 20 % d'eaux usées ; une faible dose de tensioactif (agent permettant le mélange de deux liquides

normalement non miscibles) permet son emploi, avec une réduction de 38 % des émissions de HAP, et une baisse des rejets d'oxydes de carbone, de soufre et d'azote.

27. Ce système d'éclairage public autonome, baptisé Windela, utilise deux petites éoliennes de formes différentes, pour fonctionner même par petit vent ; il utilise 42 diodes électroluminescentes, d'où une consommation faible ; mais il lui faut une énergie d'appoint pour les périodes trop calmes.

28. L'idée de capter l'énergie des vagues n'est pas nouvelle. Plusieurs systèmes existent, dont le Pelamis, dispositif flottant qui ondule à la surface de l'océan et capte l'énergie de la houle ; mais ils sont vulnérables aux fortes tempêtes. Le nouveau concept est celui de la « colonne d'eau oscillante », où des bouées immergées à 50 mètres de la surface captent l'énergie des vagues à distance, à partir des variations de pression qu'elles provoquent ; l'air comprimé ainsi généré dans un tube entraîne une turbine. Le procédé reste limité aux mers suffisamment agitées.

29. L'écart de température entre eaux de surface et eaux profondes atteint 20 à 24 °C en zone tropicale. Des installations pilotes existent déjà aux États-Unis, au Japon et en Inde, pour produire de l'énergie à partir du gradient thermique obtenu en pompant l'eau froide en profondeur. Le potentiel serait considérable (10 000 GW, à l'échelle du globe), et il s'agit d'une source d'énergie stable et renouvelable. En outre, il serait possible de valoriser les effluents d'eau profonde, encore froide et riche en nutriments, pour le conditionnement d'air et pour des activités aquacoles.

30. La couche de silicium amorphe, de cadmium-tellurure ou de cuivre, indium et sélénium déposée sur un substrat de verre, de métal ou de plastique est alors réduite à quelques microns, offrant des coûts de production trois fois inférieurs mais avec un rendement énergétique de 10 % seulement.

31. Cette technique est développée par Hewlett-Packard en partenariat avec une start-up californienne, XE. Des transistors transparents coulés dans du verre dirigent des lentilles à concentration solaire de l'intérieur, sans que les panneaux aient à pivoter pour suivre la course du Soleil... Le rendement obtenu atteindrait 400 W/m².

32. Tel est l'objet par exemple du projet de recherche français Pégase qui unit le CNRS, EDF, Total, l'ADEME et les collectivités locales en vue d'améliorer le rendement thermique des centrales solaires voisines Thémis et Odeillo, dans les Pyrénées, pour le porter des 20-25 % actuels à 35 % en faisant se succéder une turbine à gaz et une turbine à vapeur pour recycler la chaleur issue de la première. Ce programme d'une durée de sept ans a été lancé en 2006.

33. La centrale éolienne de King Island, au sud de l'Australie, expérimente ainsi depuis 2003 un système mis au point par des ingénieurs de l'Université de Sydney : les électrolytes sont séparés et mis en réserve dans deux réservoirs par l'électricité produite lorsque le vent est fort ; lorsqu'il faiblit, ils se rejoignent dans une cuve centrale, produisant de l'électricité au contact des plaques de l'accumulateur. Contrairement aux batteries classiques, ce système peut restituer de fortes puissances. Cette innovation est aussi testée au Japon (île d'Hokkaido), et aux États-Unis.

34. La méthode consiste à emmagasiner temporairement l'énergie sous forme d'air comprimé par injection dans des réservoirs naturels souterrains comme des mines abandonnées. Inaugurée dès 1978 en Saxe pour une centrale de 290 MW, puis en Alabama (États-Unis) en 1991, elle a l'inconvénient de causer la perte de plus de la moitié de l'énergie stockée, car il faut refroidir les compresseurs, puis réchauffer l'air (avec des combustibles fossiles !) lors de sa réutilisation pour faire tourner les turbines. Le puissant

groupe énergétique EnBW vient cependant de développer une technique de récupération de la chaleur, qui améliore le rendement et permet d'éviter le recours à une source d'énergie extérieure. Des chercheurs américains ont présenté, début 2008, le Solar Grand Plan, qui vise à utiliser ce procédé pour stocker l'énergie qui serait produite par d'immenses fermes solaires, couvrant 80 000 km² et offrant une puissance de 3 000 GW, soit 70 % des besoins en électricité des États-Unis à l'horizon 2050 ; le coût de stockage ne dépasserait pas 3 à 4 cents par kilowattheure.

Annexe 9

LES AVANCÉES FUTURES DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

1. La première génération, mise en place en France à partir de 1963, correspond à la filière nationale graphite-gaz, à uranium naturel. La seconde, depuis 1977, aux réacteurs à eau pressurisée ou bouillante et uranium enrichi ; 58 réacteurs de ce type sont actuellement en fonctionnement dans notre pays ; la troisième génération est celle de l'EPR (European Pressurized Water Reactor).

2. Il s'agit respectivement de la filière PBMR et de la filière VHTR.

3. La France a, sous la pression des manifestants, fermé le surgénérateur Superphénix de Creys-Malleville ; mais les États-Unis et la Russie ont continué à exploiter cette technique. Notre pays y revient, en l'améliorant.

4. Superphénix a été mis en service en 1986, mais n'a fonctionné que 53 mois en tout, de pannes en arrêts administratifs. Il a été définitivement fermé à partir de 1997, alors que ses performances s'amélioreraient enfin. Le coût économique de cette décision (plusieurs milliards d'euros) et le coup porté à une filière dont on s'aperçoit aujourd'hui qu'elle est sans doute incontournable ne peuvent que donner des regrets. Les Allemands ont – est-ce une consolation ? – fait la même erreur en ne mettant jamais en service le surgénérateur construit à grands frais à Kalkar.

5. La filière utilisant le sodium (Na) comme fluide porteur est plus accessible, car proche des modèles précédents Phénix et Superphénix, mais plus dangereuse, car le sodium s'enflamme spontanément en présence d'air ou d'eau ; l'alternative utilise un gaz inerte comme l'hélium, technique plus avancée mais plus complexe : le cœur du réacteur fonctionne alors à 850 °C, contre 550 °C dans la voie sodium et 320 °C pour l'EPR. Ces voies de recherche sont coordonnées depuis 2001 au sein du Forum international Génération IV, qui rassemble douze pays et l'Union européenne. Il a défini cinq critères impératifs : compétitivité et sûreté améliorées, économie d'uranium, minimisation des déchets radioactifs et résistance à la prolifération nucléaire. Six voies à explorer sont retenues : trois reposent sur les neutrons rapides, à caloporteur gaz, sodium ou plomb (les deux premières sont retenues par le CEA, pour la France) ; s'y ajoutent le réacteur à très haute température (VHTR), également étudié par le CEA, l'eau supercritique et les sels fondus (des fluorures de thorium et d'uranium 233), technique étudiée par le CNRS.

6. Les surgénérateurs, ou réacteurs à neutrons rapides, produisent leur propre matière fissile en transformant l'U²³⁸, non fissile, qui compose 99 % de l'uranium naturel (l'U²³⁵, naturellement fissile, n'en représente que 0,7 %, et il faut pour alimenter un réacteur ordinaire, l'enrichir par un procédé long et coûteux) en plutonium qui est alors brûlé, en même temps que la majeure partie des déchets les plus radioactifs, d'où un

avantage à la fois de coût et de propreté. Mais ils utilisent et fabriquent du plutonium – ce que leur reprochent leurs adversaires, car ce métal peut être utilisé pour construire des bombes : l'Inde, qui disposait d'un surgénérateur de recherche (fourni par la France !) a inclus dans son programme nucléaire actuel la construction au sud de Madras d'ici 2010 d'un surgénérateur de 500 MW, clairement destiné à un double usage militaire et civil.

7. Pour alimenter les réacteurs actuels, l'uranium doit d'abord être enrichi pour contenir 5 % d' U^{235} fissile ; cela nécessite un processus industriel complexe, et gourmand en énergie, pour le convertir en hexafluorure d'uranium puis l'enrichir par ultracentrifugation ou par diffusion gazeuse. Seules une demi-douzaine de grandes usines dans le monde (dont Eurodif en France) sont capables de maîtriser ce processus ; mais la volonté de certains pays (Iran) de se doter de cette capacité peut dissimuler des visées militaires, car la poursuite du processus d'enrichissement jusqu'à 95 % d' U^{235} permet de fabriquer une bombe atomique.

8. La fission nucléaire procure de l'énergie en brisant des atomes lourds d'uranium ou de plutonium ; la fusion nucléaire procure une énergie bien supérieure – celle qui fait briller notre Soleil – par la fusion d'atomes de deutérium et de tritium, deux isotopes de l'hydrogène extraits assez facilement de l'eau de mer, où l'on en trouve en quantités suffisantes pour des millions d'années : 33 grammes de deutérium par m^3 d'eau, et 0,17 gramme de lithium, d'où peut être facilement extrait le tritium.

9. ITER signifie International Thermonuclear Experimental Reactor. Ce projet mondial de recherche sur la fusion nucléaire, succédant au JET européen de Culham, a été décidé par un traité conclu en novembre 2006. Il nécessite des fonds considérables : près de 10 milliards d'euros sur trente ans, frais d'exploitation inclus, financés à 53 % par l'Union européenne (dont 10 % pour la France) et pour le reste par les États-Unis, le Canada, la Russie, le Japon, la Chine et la Corée. Les travaux ont commencé au printemps 2008 sur le site de Cadarache – retenu dès 2005, après une vive concurrence entre la France et le Japon – et les premiers essais démarreront en 2016. Ce réacteur encore expérimental serait suivi vers 2040 d'un premier prototype produisant de l'électricité pour le réseau, le tokamak Demo, d'une puissance de 1 500 MW.

10. ITER utilise le confinement magnétique pour contenir le mélange gazeux (plasma) au sein duquel va s'opérer la fusion à haute température (150 millions de °C) du deutérium et du tritium, produisant une quantité considérable d'énergie. L'objectif de ce démonstrateur est de générer une puissance de 500 MW pour 50 MW consommés, pendant au moins 1 000 secondes. HiPER, qui rassemble 9 pays européens, utilisera les travaux à usage surtout militaire déjà réalisés (comme le laser « mégajoule » de Bordeaux, destiné à simuler des explosions nucléaires) pour porter une bille de gaz à 100 millions de °C par la concentration de rayons laser. L'UE soutient ces recherches, qui pourraient déboucher vers 2012-2015 sur un premier prototype, peut-être installé en Grande-Bretagne.

11. Cette technologie est encore à un stade très exploratoire. Étudiée sur une base du Pentagone, elle procède, comme dans le projet HiPER, par chocs successifs, alors qu'ITER fonctionne en continu. L'onde de choc provoquée par des rayons X émis par une « mousse » entourant une microbille de deutérium porte celle-ci à 2 milliards de °C, déclenchant la fusion.

Annexe 10

LA RÉGLEMENTATION DES OGM
DANS LE MONDE ET EN EUROPE

1. Les États-Unis ont conclu un accord commercial trilatéral avec le Canada et le Mexique – mettant ce pays, signataire du protocole de Carthagène, dans une position difficile – qui n'impose l'étiquetage qu'à partir de 5 % d'OGM.

2. L'existence d'une incertitude scientifique sur la nocivité du produit suffit à justifier son blocage. De plus, de nouvelles informations permettent à un pays d'annuler une autorisation d'importation accordée antérieurement. La charge des investigations scientifiques supplémentaires requises repose sur le pays exportateur.

3. En effet, faute de démonstration scientifique claire des risques des aliments transgéniques, l'OMC, devant laquelle une plainte a été déposée en mai 2003 par les États-Unis, le Canada et l'Argentine, a considéré dans une décision rendue en 2006 le moratoire européen comme une entrave protectionniste illégale. L'UE est, depuis, devant le paradoxe de refuser de produire des OGM sur son territoire, mais d'être obligée d'autoriser leur importation, si elle veut éviter de coûteuses rétorsions.

4. Trois pays seulement exportent l'essentiel du soja mondial : États-Unis, Argentine et Brésil. Tous les trois privilégient (depuis 2003 seulement pour le Brésil) les cultures génétiquement modifiées ; le soja garanti non transgénique est une denrée rare.

5. La directive du 17 avril 2001 sur la dissémination des OGM dans l'environnement, complétant la directive de 1998 sur leur utilisation en milieu confiné, devait entrer en vigueur en octobre 2002. Sa transposition en droit français a cependant tardé jusqu'à mai 2008 ; une condamnation de principe de ce retard par la Cour de justice européenne en juillet 2004 a été suivie de la menace de lourdes amendes. Pour gagner du temps, la loi de 2008 a été précédée, en mars 2007, de deux décrets organisant un régime temporaire.

6. Ces règles de traçabilité et d'étiquetage figurent dans le règlement de 2003. L'UE s'est dotée dès 2000 d'une Autorité de sécurité alimentaire (EFSA) et d'un réseau de 46 laboratoires spécialisés qui harmonisent les méthodes de détection, autour du centre de recherches d'Ispra, près de Turin. La déclaration ne porte toutefois que sur les aliments directement issus de plantes OGM. La viande, le lait ou les œufs d'animaux nourris d'aliments OGM ne sont pas signalés au consommateur.

7. Les écologistes contestent l'EFSA, la jugeant mal équipée (elle n'a que des experts à temps partiel et ne peut conduire ses propres travaux scientifiques) et trop proche des industriels. Pour Greenpeace, lui demander un avis « équivaut à demander à un renard de surveiller le poulailler » !

8. Plusieurs États membres, en particulier l'Allemagne mais aussi la France, l'Italie (qui a demandé un moratoire des autorisations tant que les procédures d'avis de l'EFSA ne seraient pas revues), la Pologne, l'Autriche, jugent cette procédure politique d'approbation en Conseil des ministres ou à défaut par la Commission européenne (après avis de l'Agence européenne de sécurité des aliments) « hautement insatisfaisante », selon les termes du ministre Seehofer, demandent une révision des procédures d'homologation et suggèrent une pause des autorisations de culture d'OGM – mais pas des importations ! Il est vrai que les ministres des Vingt-Sept ont récemment refusé de sanctionner l'Autriche qui persiste à interdire ces importations (voir note 22 ci-après)...

9. Autorisé dès 1998 pour la culture en Europe, le MON 810 a été doté par transfert génétique d'une résistance à la pyrale et à la sésamie, les deux plus grands ravageurs du maïs. Il donnerait en outre un rendement supérieur de 20 à 30 % à celui des variétés classiques. Deux variétés de colza transgéniques avaient aussi été autorisées, mais la durée de validité de cet accord a expiré.

10. 7 variétés de maïs OGM étaient autorisées à l'importation, ainsi que des sojas et colzas transgéniques. Sauf une seule espèce de maïs doux autorisée pour la consommation directe, ils sont destinés à la consommation animale, ou humaine sous la seule forme de produits dérivés : farine, semoule, huile et chips de maïs, huile et crèmes desserts de soja, huile de colza, lécithine de soja et sirop de glucose issu d'amidon de maïs. La Commission européenne a autorisé 3 nouveaux maïs et 1 betterave transgéniques à l'importation en octobre 2007 ; en mars 2008, elle a permis l'importation et la vente dans l'UE d'un autre maïs OGM, le GA21, tout en interdisant sa culture...

11. Il s'agit des maïs Bt11 de Syngenta et 1507 de Pioneer-Dow, et de la pomme de terre Amflora de BASF. Hésitant à trancher, car il s'agissait des premières demandes nouvelles depuis dix ans, la Commission européenne a préféré, en mai 2008, demander un nouvel avis à l'EFSA. BASF, producteur de l'Amflora, s'impatiente des délais et menace les autorités européennes d'un procès.

12. Ce taux vaut pour les OGM autorisés ; il est ramené 0,5 % en cas de présence fortuite d'éléments non autorisés ; tout produit transformé obtenu à l'origine à partir d'OGM doit être signalé (même s'il n'en contient plus).

13. Aux États-Unis, l'étiquetage des aliments contenant des OGM n'est pas obligatoire. Les contrôles n'ont pas empêché le scandale du Starlink, maïs transgénique d'Aventis, autorisé pour l'alimentation animale mais interdit pour la nutrition humaine en raison de risques d'allergies. Des traces en ont été retrouvées dans des centaines de produits alimentaires vendus dans le pays, notamment dans la région de Washington, et au Mexique. La commercialisation du Starlink a alors été totalement arrêtée, et un million de tonnes de cette variété de maïs ont été retirées du marché.

14. L'évaluation des risques mais aussi des potentialités des cultures transgéniques était confiée à une instance scientifique consultative, la Commission du génie biomoléculaire (CGB). Celle-ci était vivement critiquée par les écologistes, après avoir indiqué en juin 2007 que les données apportées par ces organisations « n'apportent pas d'éléments pertinents de nature à remettre en cause l'évaluation environnementale » du Mon 810 et que son impact sur la biodiversité (les insectes non cibles) « est limité, et inférieur à celui des traitements insecticides [classiques] ». Les écologistes ont obtenu que la CGB soit remplacée par le Haut Conseil des biotechnologies. Cette instance réunit un comité scientifique (seul habilité à émettre de véritables avis) et un comité de représentants de la « société civile », plus réticents sur les OGM, qui émet des recommandations. Elle peut être saisie directement par des associations de consommateurs ou environnementalistes, ou par un parlementaire à la demande de tout citoyen.

15. Le maïs pesticide transgénique Mon 810 était le seul OGM cultivé en plein champ en France, où il ne couvrait que 22 000 hectares, soit 0,7 % des surfaces plantées avec cette céréale et un millième des surfaces mondiales de maïs transgénique. Une campagne de Greenpeace l'accuse d'être toxique pour certains animaux et de favoriser (du fait de la forte variabilité selon les lieux et les saisons de la quantité de toxines exprimée par la plante) l'apparition d'insectes résistants – conduisant l'Allemagne, mais aussi l'Autriche (depuis dix ans) et la Hongrie à invoquer la clause de sauvegarde prévue par les

textes européens et à suspendre son autorisation. La même position prévaut désormais en France avec la loi de mai 2008, précédée par deux décrets du 7 décembre 2007 suspendant la vente et l'utilisation de ces semences. Le respect du principe de précaution a été explicitement invoqué par le président Sarkozy, qui a ajouté « la vérité est que nous avons des doutes sur l'intérêt actuel des OGM pesticides... sur le contrôle de la dissémination... sur les bénéfices sanitaires et environnementaux ». Certains pensent que les OGM ont en fait été sacrifiés par souci d'équilibre politique, afin de débloquent le dossier du nucléaire civil...

16. En janvier 2008, le président du comité de préfiguration du Haut Conseil faisait état – peu après une grève de la faim entamée par J. Bové – de « doutes sérieux » sur le seul OGM autorisé en France, relevant « un certain nombre de faits scientifiques nouveaux négatifs » (la dissémination à de grandes distances de traces de pollen transgénique, d'éventuelles conséquences sur des vers de terre et le papillon monarque, et l'apparition de résistances chez les insectes visés). Or le terme de « doute sérieux » était celui-là même qui avait été utilisé par le président de la République comme pouvant déclencher la mise en jeu de la clause de sauvegarde... Mais cet avis a été rapidement contesté par 14 membres de l'Autorité provisoire (dont 12 scientifiques sur 15), qui ont publié un communiqué précisant que « le projet d'avis qu'ils ont rédigé... ne comporte pas les termes de "doute sérieux" (le terme exact utilisé était "interrogations"), pas plus qu'il ne qualifie les faits scientifiques nouveaux de négatifs » !

17. La coexistence avec des cultures biologiques pose des problèmes particuliers, car il suffit de 0,1 % de traces de transgènes dans un produit bio pour que l'exploitation, perde son label pendant trois ans. Invoquant le « droit de produire sans OGM », les agriculteurs bio demandent donc la garantie d'un taux d'OGM disséminés inférieur à 0,1 % (seuil minimum de détection), qui imposerait des distances de sécurité considérables et serait sans doute contraire à la directive européenne de 2001, qui interdit de déclarer des zones entières « sans OGM ». Les pro-OGM veulent, eux, se limiter au taux de 0,9 % toléré en Europe. D'où la virulence de la polémique autour d'un amendement subordonnant la culture des OGM au respect « des écosystèmes locaux et des filières de production et commerciales qualifiées sans OGM » ; la loi de 2008 renvoie finalement la définition du seuil d'éligibilité à Bruxelles ; en attendant, un règlement définira ce seuil espèce par espèce, après avis du Haut Conseil des biotechnologies...

18. La Fédération française des assureurs (FFSA) a écrit en ce sens au gouvernement en avril 2008, se fondant sur l'absence à ce jour d'un « modèle économique » permettant de prendre en charge un tel risque. Outre l'absence de recul statistique, les responsabilités sont effectivement floues : la responsabilité civile des planteurs d'OGM créée par la loi les oblige *d'office* à réparer les conséquences de toute dissémination chez leurs voisins (à hauteur de la différence de valeur entre les récoltes) ; mais comment prouver l'origine d'une dissémination ? Et la charge doit-elle peser sur le seul agriculteur, ou aussi sur les semenciers ? D'où le projet de monter un fonds privé de garantie financière, alimenté par des cotisations à définir.

19. Les décrets de mars 2007 avaient déjà créé un registre national recensant le nombre et la surface des parcelles OGM, dont la déclaration est obligatoire, mais sans dévoiler l'identité des producteurs ; ils prévoient l'avertissement des voisins par ceux-ci, qui devront respecter une distance d'isolement de 50 mètres. La loi de mai 2008 a laissé au gouvernement le soin de déterminer les informations que l'exploitant d'OGM devra publier. Le Conseil constitutionnel a, en juin, censuré cette disposition, considérant

qu'elle relève du domaine de la loi – mais en reportant au 1^{er} janvier 2009 l'effet de cette censure, pour permettre au législateur de compléter son texte.

20. Le délit de destruction volontaire de cultures, passible de deux ans de prison et 75 000 euros d'amende, est aggravé (trois ans et 150 000 euros) en cas de destruction d'une parcelle d'essai pour la recherche. L'instauration de ce délit était rendue nécessaire par de la création du registre des cultures OGM à la parcelle, utile pour des raisons de transparence mais qui risquait de guider les destructions.

21. La clause de sauvegarde, prévue par la directive européenne de 2001 (article 23), a été mise en œuvre par 6 pays européens. Elle permet d'invoquer un risque pour la santé et l'environnement (qui doit en principe être nouveau et documenté) pour interdire temporairement la culture et la vente d'un OGM. Elle entraîne un examen de l'organisme concerné avec nouvel avis de l'EFSA ; mais même en cas d'avis positif de celle-ci, il ne s'est jamais trouvé de majorité politique pour imposer au pays récalcitrant la reprise des cultures. La France a invoqué cette clause – comme le prévoyait déjà le Grenelle de l'environnement – pour le maïs Mon 810 en février 2008.

22. La Cour européenne de justice a confirmé, dans une décision du 13 septembre 2007 déboutant un recours de la province de Haute-Autriche, qu'il est illégal de bannir les cultures transgéniques dès lors qu'elles ont été autorisées selon la procédure prévue par les directives européennes. Cependant, le Conseil des ministres européen s'est refusé, le mois suivant, à contraindre l'Autriche à lever son moratoire. La confirmation par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), en octobre 2008, de son avis selon lequel aucun élément nouveau ne permet de conclure à un danger du maïs transgénique Mon 810 pour l'environnement et pour la santé humaine et animale devrait conduire la Commission européenne à exiger la levée de l'embargo français.

Annexe 11

LE MARCHÉ MONDIAL DES OGM

1. Ces chiffres émanant de l'ISAAA, institut privé pro-OGM, mais dont le recensement fait habituellement référence, sont contestés par l'ONG écologiste Les Amis de la Terre, qui les juge surestimés.

2. La moitié des surfaces cultivées en OGM se situent aux États-Unis ; dans ce pays, 91 % du soja, 97 % du coton et près d'un tiers du maïs sont des produits transgéniques. L'Argentine vient en second, avec 19 millions d'hectares plantés (le pays est le troisième producteur mondial de soja, à 90 % transgénique), puis le Brésil (15 millions d'hectares).

3. Les oppositions, initialement fortes, s'atténuent. Par exemple, le Burkina Faso a annoncé en avril 2008 sa décision de mettre en cultures 15 000 hectares de coton transgénique.

4. Après le soja (57 %), le maïs représente 25 % des surfaces plantées en OGM dans le monde, le coton 13 % et le colza 5 %.

5. L'Iran a implanté, à partir de 2005, 40 000 hectares de riz transgénique. C'est une première mondiale, l'Inde par exemple n'autorisant encore que le seul coton et la Chine une diversité de transgènes (coton, peupliers, tomates, papayes...) mais pas le riz : toujours le principe de précaution ! Il est ici renforcé par l'opposition des acheteurs potentiels européens – le riz OGM restant totalement interdit en Europe. En revanche, les

États-Unis ont autorisé trois espèces de riz transgéniques, dont le LL 601 de Bayer Cropscience (résistant à l'herbicide Liberty de Bayer) ; cette dernière décision, prise en novembre 2006, est liée à la présence de ce riz OGM dans de nombreux lots exportés (voir note suivante). Au demeurant, le département de l'Agriculture américain considère qu'il « ne représente pas de menace pour la santé humaine ou végétale ».

6. D'où la virulence des réactions à la découverte, en 2006, de traces de ce riz OGM dans le riz ordinaire importé des États-Unis, d'abord au Japon, puis en Europe (le riz importé américain représente 10 à 20 % de la consommation européenne) ! Désormais, seules les cargaisons testées par un laboratoire accréditées et accompagnées d'un certificat attestant l'absence de contamination peuvent rentrer dans un pays de l'UE. Au même moment, on a constaté la présence d'un autre riz OGM dans des importations de pâtes venant de Chine ; ce riz exprime la protéine Cry 1 Ac, connue comme allergène depuis l'affaire du maïs Starlink. Du coup, Greenpeace a demandé un moratoire sur les importations de riz chinois en Europe (200 000 tonnes par an).

7. Aux États-Unis, 40 % de la surface plantée en maïs transgénique servent à produire de l'éthanol.

8. En 2007, les cultures de la seule plante transgénique autorisée en plein champ, le maïs insecticide MON 810, en augmentation de 77 % sur l'année précédente, couvraient 75 000 hectares en Espagne, 22 000 en France (représentant seulement 0,75 % des 2,9 millions d'hectares de maïs cultivés), 5 000 en Tchéquie, 4 000 au Portugal et 2 500 en Allemagne. De petites surfaces étaient aussi plantées en Slovaquie et Pologne.

9. Les sécheresses répétées de 2003, 2005 et 2006 ont accru les proliférations de pyrale, à laquelle résistent précisément les maïs OGM, dont le rendement à l'hectare est par ailleurs supérieur ; cela explique le retour en force à partir de 2006 des cultures commerciales d'OGM, qui avaient pratiquement été abandonnées en France.

10. Le premier blé OGM proposé par Monsanto a reçu un accueil glacial des producteurs nord-américains, tandis que l'Association des producteurs de farine coréens menaçait de boycotter les blés américains si les autorités acceptaient la nouvelle variété.

11. À commencer par McDonald's... Cet argument économique est d'ailleurs plus efficace que toutes les réglementations. Des campagnes d'opinion ont notamment conduit à exclure les produits transgéniques de nombreuses cantines scolaires. La plupart des chaînes de supermarchés européennes ont décidé, par mesure de précaution, d'exclure les aliments contenant des OGM de leurs rayons.

Annexe 12

ÉVALUATION DU COÛT D'UN PROGRAMME GLOBAL DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

1. Le taux d'effort estimé dans le rapport Stern monte en charge progressivement vers le niveau requis de 1 % du PIB. Dans le cheminement décrit, il ne serait que de 0,31 % en 2010 au niveau mondial, mais devrait être à la même date de 0,65 % du PIB aux États-Unis. Il s'agit d'une évaluation faite dans le cadre du protocole de Kyoto ; s'ils avaient appliqué ce protocole, les États-Unis auraient dû réduire leur consommation de 7 % à l'horizon 2010-2012 par rapport à 1990, c'est-à-dire de 30 % par rapport à la tendance courante (« *business as usual* »).

2. L'OCDE estime, dans ses *Perspectives environnementales pour 2030*, que « certains des défis cruciaux de l'environnement peuvent être traités à un coût juste supérieur à 1 % du PNB mondial en 2030 » ; l'augmentation des émissions de GES à cet horizon serait ramenée à 13 % au lieu de 37 %. L'AIE montre, dans son rapport de juin 2008, comment réduire les émissions *prévues* de moitié d'ici 2050 pour limiter le réchauffement de la planète à 2,4 °C. Le coût total serait de 45 000 milliards de dollars, soit 1 % du PIB mondial d'ici là.

3. Le rapport de la CNUCC, organe des Nations unies chargé de la lutte contre le changement climatique, a été publié en août 2007 à Vienne. Prenant en compte les seuls investissements directs nécessaires pour maintenir en 2030 les émissions de GES à leur niveau actuel, il estime l'effort à consentir à 200 milliards de dollars (150 milliards d'euros) annuels vers 2030, soit 0,3 % de la production mondiale ; mais cette évaluation n'intègre ni la prévention ni l'impact des désastres résultant du changement climatique. Le surcoût ne représenterait que 1,5 % de l'investissement mondial d'ici 2030, alors que pour le GIEC la charge irait jusqu'à 5 à 10 % de l'investissement.

4. L'étude faite pour le CAE vise une réduction des nouvelles émissions à la *moitié* de leur valeur actuelle d'ici 2050, alors que les travaux du GIEC et de la CNUCC visent une stabilisation progressive *au-dessus* de ce niveau ; en outre elle se situe à un horizon plus éloigné ; ces éléments expliquent un résultat plus élevé : la fourchette de coût retenue pour 2050 est de 3 à 7 % du PIB mondial.

5. La valeur médiane de cette fourchette s'établit à 0,6 %. Le rapport du GIEC (groupe III, mai 2007) présente trois scénarios de coût en fonction du niveau d'émissions de GES recherché : il s'agit ici de l'hypothèse intermédiaire, visant une stabilisation des émissions annuelles dans une zone de 535 à 590 ppm, qui suppose déjà un renversement radical de la tendance puisque les émissions de GES ont crû de 70 % entre 1970 et 2004. Toutefois, le GIEC note que dans la plupart des modèles la ponction sur le PNB s'accroîtra après 2030.

6. À l'horizon 2050, l'évaluation donnée par le GIEC dans son rapport final de novembre 2007, toujours dans le but d'une stabilisation des émissions de GES à 535-590 ppm, est une réduction médiane de 1,3 % (correspondant à une fourchette de 0 à 4 % ou même, plus largement, allant d'un *gain* de 1 % à une perte de 5,5 %) du PNB mondial ; le ralentissement de la croissance annuelle reste inférieur à 0,1 %.

7. La Commission européenne estime le coût du plan Climat présenté début 2008 entre 75 et 90 milliards d'euros par an, soit environ 0,6 % du PIB total des 27. Elle souligne que cela ne représente que 3 euros par personne et par semaine.

Annexe 13

LES POLITIQUES DE TAXATION DU CARBONE DANS LES PAYS INDUSTRIALISÉS

1. La nouvelle directive ajoute le gaz naturel, l'électricité et le charbon aux huiles minérales (pétrole), déjà taxées précédemment. Mais les États membres peuvent dispenser les entreprises de taxe : à 100 % pour les grandes consommatrices d'énergie, et à 50 % pour les autres, à charge pour elles d'adopter des mesures d'effet équivalent pour l'environnement. Les ménages sont également exonérés. Un prix minimal du gazole (30,2 centimes par litre) est instauré, mais des taux différenciés peuvent être

appliqués entre véhicules privés et utilitaires ; les travaux agricoles étaient exonérés jusqu'en 2008 ; enfin, les carburants aériens sont dispensés de taxe. Le choix d'une taxe au stade de la consommation est contesté par certains experts, qui préféreraient une taxation à la source.

2. Selon Eurostat. Les taxes environnementales (TIPP – taxe intérieure sur les produits pétroliers, TGAP – taxe générale sur les activités polluantes, TICC – taxe intérieure sur la consommation de charbon, et TICGN sur celle de gaz naturel) représentent 5 % des recettes fiscales en France, contre plus de 7 % en Allemagne et 10 % au Danemark. Notre pays n'est qu'au dix-neuvième rang européen pour le poids global de cette fiscalité dans le PIB.

3. La taxe est de 3 centimes suisses par litre d'essence et de 2 centimes par m³ de gaz.

4. Outre la réduction des avantages fiscaux existants à hauteur de 1,5 milliard de dollars par an pendant dix ans, cette loi du 4 août 2007 impose aux compagnies électriques de tout le pays de produire 15 % d'énergie renouvelable d'ici à 2020. Elle prolonge les réductions d'impôts accordées au solaire et à l'éolien, subventionne les emprunts des collectivités locales pour investir dans des projets moins consommateurs d'hydrocarbures, aide l'installation de pompes distribuant 85 % d'éthanol, bonifie des crédits pour améliorer l'efficacité énergétique des logements.

Annexe 14

DÉJÀ UNE « BULLE SPÉCULATIVE » SUR LES ÉNERGIES NOUVELLES ?

1. Une étude réalisée pour le PNUE par le bureau d'études New Energy Finance donnait un chiffre de 71 milliards de dollars de nouveaux investissements pour 2006, auxquels s'ajoutent 29 milliards de dollars de rachats d'entreprises ; ces investissements financiers dépassent les investissements physiques des entreprises concernées, compte tenu de l'anticipation sur leur potentiel de croissance. Une nouvelle évaluation présentée par le PNUE en juillet 2008 chiffre les fonds réunis dans le monde pour les énergies renouvelables à 148 milliards de dollars en 2007.

2. AREVA, qui possédait 30 % de Repower à 32 euros l'action, a proposé trois ans plus tard 140 euros l'action pour prendre le contrôle de cette entreprise. Une telle croissance des valorisations n'a rien d'exceptionnel : le gouvernement français s'était opposé en 2004 à la reprise du Danois Bonus par Areva pour 350 millions d'euros ; rachetée par Siemens, l'entreprise vaut aujourd'hui près de 2 milliards !

3. Suez a remporté, en novembre 2007, les enchères pour le rachat de la Compagnie du vent, société de Montpellier qui exploite un parc d'éoliennes de 148 MW, mais a des projets de développement importants. Le prix payé (750 millions d'euros, reprise de dettes incluse) est de près de soixante-dix fois le chiffre d'affaires annuel de la société ! Peu auparavant, Iberdrola avait racheté le Britannique Scottish Power pour 17,2 milliards d'euros.

4. EDP Renovaveis, filiale d'Energias de Portugal, dispose d'un parc de 3 700 MW d'éoliennes, qui en fait le numéro quatre du secteur. Elle compte investir 6 milliards d'euros d'ici 2010 pour porter sa capacité à 7,6 GW.

5. Des sociétés comme l'Américaine First Solar capitalisent deux cents fois leur bénéfice 2007. EDF énergies nouvelles, quatre-vingts fois. Ces valorisations rappellent à certains les cas connus lors de la bulle Internet – sauf qu'il s'agissait alors pour certaines vedettes de la Bourse de capitaliser n fois... leurs pertes, et non leurs bénéfices !

6. Ce risque est explicité dans le livre de R. Bell, *La Bulle verte* (2007). L'auteur y annonce « des tsunamis d'argent dans la nouvelle énergie » aux États-Unis, dès l'élection du successeur de G. W. Bush.

7. Après une dépression forte mais passagère, la « nouvelle économie » Internet s'est fort bien relevée de la crise du début des années 2000 ; il devrait en être de même à l'avenir pour l'éconologie.

Annexe 15

LES EMPLOIS NOUVEAUX À ATTENDRE DE L'ÉCONOMIE VERTE

1. Étude de Hanemann *et al.*, en 2006, citée par le rapport Stern.

2. Les mesures prises après le Grenelle de l'environnement créeront même, selon le ministre J.-L. Borloo (lors de la présentation de la loi Grenelle-I en avril 2008), 500 000 emplois, avec une augmentation du PIB de 0,8 point. Ces chiffres, qui incluent tous les programmes d'investissement et les effets indirects, sont sans doute optimistes, d'autres évaluations officielles donnant un montant de 120 000 emplois directs. Les effectifs *actuels* des activités liées ont été chiffrés à 375 900 personnes (dont 140 200 dans les services et 67 800 dans le BTP spécialisé) en 2006 par la Commission des comptes de l'environnement.

3. Pour y remédier, les organisations professionnelles ont prévu de doubler leur effort de formation et de créer un label ÉcoArtisan. Il existe actuellement en France 365 000 entreprises, souvent artisanales, dans ce secteur, face à un parc de 31,3 millions de logements (en métropole), dont 17,7 millions individuels. 61 % de ces logements ont été construits avant 1975, année de la première réglementation thermique.

4. Rapport du cabinet d'expertise Syndix, *Changement climatique et emploi*, présenté en mai 2007 au Congrès de Séville. La prévision table sur des mesures visant à réduire les émissions de GES de 40 % d'ici à 2030.

5. Les cinq partenaires de l'UE sont le Brésil, les États-Unis, la Chine, l'Inde et l'Afrique du Sud.

6. L'UE cherche à protéger ses agriculteurs producteurs de betterave et de tournesol, les États-Unis leurs producteurs de maïs, contre les importations de sucre de canne obtenu à meilleur prix au Brésil notamment. Les États-Unis imposent par exemple une surtaxe de 14 cents par litre sur les importations d'éthanol brésilien.

7. Actuellement, 80 % des produits finis ne donnent lieu qu'à un seul usage. On voit que la marge de progrès est considérable.

8. La moitié des grandes flottes européennes de poids lourds utilise ce système pour les pneus de leurs camions.

9. Xerox utilise largement, comme on sait, un système de location exclusive suivie de remise à niveau et de réutilisation des différents composants (les éléments recyclés forment 90 % du poids de la machine louée).

10. Ce modèle est celui de beaucoup de constructeurs, comme Renault-Nissan, Bolloré ou Think : l'utilisateur paie un forfait mensuel qui lui assure la recharge et le renouvellement de ses accumulateurs, point névralgique de la voiture électrique. Il est naturellement à la base de projets en « libre-service » comme Autolib' à Paris.

11. Par exemple, en France, les sites zilok.com, consoloc.com, consorecup.com, digitroc.com, etc.

12. Les ventes de produits écologiques (éoliennes, turbines, systèmes de traitement de l'eau...) d'une multinationale comme General Electric par exemple ont doublé en deux ans pour atteindre 17 milliards de dollars en 2008, avec presque deux ans d'avance sur l'objectif visé par cette grande firme dans son programme Eco-Imagination. L'espagnol Iberdrola compte investir 8,6 milliards d'euros en trois ans pour porter sa puissance installée dans les énergies renouvelables (éoliennes à 90 %) de 7,4 GW à 13,6 GW en 2010 ; etc.

13. Il s'agit de Nine Dragons (papier recyclé), possédé par Zhang Yin, la femme la plus riche de Chine, et de Suntech, entreprise d'équipements solaires cotée à New York depuis 2005 et propriété de Shi Zhengrong.

14. Sulzon, adversaire d'Areva dans l'affaire REpower, réalise déjà un chiffre d'affaires de 700 millions de dollars l'an dans les éoliennes ; son propriétaire, T. Tanti, est devenu la huitième fortune du pays, selon Forbes.

Annexe 16

FAUT-IL REMPLACER LA MESURE DE LA RICHESSE MONDIALE PAR CELLE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ?

1. Les Français utilisent de préférence le PIB, produit intérieur brut, les Anglo-Saxons le PNB (GNP, *Gross National Product*, en anglais) ou le revenu national. Ces agrégats diffèrent quelque peu, notamment par la prise en compte ou non du solde des échanges extérieurs, mais les écarts ne sont que marginaux.

2. Selon le concept avancé par la Banque mondiale dès 1997.

3. Cet index synthétique de durabilité environnementale établi par les chercheurs de l'Université Columbia suit à la fois la qualité de l'air et de l'eau, la présence de polluants comme le dioxyde de soufre (SO₂) et le gaz carbonique, le taux de recyclage des déchets (papier, verre...), le pourcentage de terres protégées, la concentration de phosphore, le niveau d'oxygène dissous dans l'eau... Les États-Unis ne sont qu'au cinquante et unième rang dans le classement ainsi établi. L'index de durabilité environnementale, établi par d'autres chercheurs, réunit plus de soixante variables. Le « taux d'épargne véritable » ajoute, lui, à l'épargne d'un pays ses dépenses d'éducation et en ôte l'épuisement des ressources naturelles.

4. L'OCDE a lancé une initiative « Mesurer et favoriser le progrès des sociétés ». La Commission européenne a organisé en novembre 2007 un colloque sur le thème « Au-delà du PNB ».

5. Cet indicateur synthétique créé en 1990 prend en compte pour un tiers l'espérance de vie à la naissance, pour un second tiers le niveau d'instruction (taux d'alphabétisation des adultes et de scolarisation des jeunes) et pour le troisième tiers le produit national par tête. Il donne des résultats très différents du PIB classique, faisant remonter fortement dans le classement les pays scandinaves par exemple, et descendre les

États-Unis ; 8 pays du Sud y figurent parmi les 40 premiers, tandis que les pays issus de l'ancienne URSS sont loin ; 30 pays d'Afrique figurent en fin de liste, classés par le PNUD comme « à faible développement humain ».

6. L'indice de santé sociale, publié aux États-Unis à partir de 1996, complète le PIB par 16 variables associées à des groupes d'âge différents. L'indice des Canadiens Osberg et Sharpe – qui vise à remplacer la mesure du « bien-avoir » par celle du « bien-être » économique – soustrait à la richesse mesurée des éléments comme la dette extérieure nette et le coût de la dégradation de l'environnement, mais ajoute au PIB des éléments normalement omis comme le travail domestique, les ressources naturelles par tête, le capital humain.

7. Selon l'Académie des sciences chinoise, la croissance du PIB aurait chuté d'un quart (de 8,75 à 6,5 %) si on utilisait le « PIB vert ». Le Pr Ming, de l'Université de Pékin, estime pour sa part que 40 à 60 % du PIB devraient être déduits pour compenser la dégradation de l'environnement (désertification, pollution, baisse de rentabilité des sols, gaspillage énergétique...).

8. J'ai présenté Joseph Stiglitz ci-dessus (Introduction, note 2). L'Indien Amartya Sen, directeur du Trinity College de Cambridge puis professeur à Harvard, a reçu le prix Nobel en 1998 pour ses travaux sur les inégalités, la famine, la théorie du développement humain, etc. ; il est le principal inspirateur de l'indice de développement humain décrit ci-dessus. « Si nous voulons favoriser une autre type de croissance, nous devons changer notre instrument de mesure », a déclaré le président français. Toutefois, la France ne peut changer seule des règles qui ont été votées par la commission statistique de l'ONU et font l'objet d'un règlement européen.

9. De premiers travaux, coordonnés par l'ONU, sont en cours pour créer un système mondial de comptabilité économique et environnementale intégrée. En France, une session du dixième colloque de comptabilité nationale, en 2004, a été consacrée à la mesure de l'environnement.

Annexe 17

LES EFFORTS RÉELS D'« INVESTISSEMENT SOCIALEMENT RESPONSABLE » DES ENTREPRISES

1. L'OCDE, dans les *Perspectives environnementales pour 2030*, estime qu'entre 30 et 57 %, selon les pays, ont introduit l'environnement dans leur système de management. Pour notre pays, le rapport de l'Institut français des administrateurs d'août 2007 précise que « la RSE a été jusqu'à présent affaire pratiquement exclusive du haut management » ; si des groupes internationaux comme HSBC ont créé un comité RSE au sein de leur Conseil, en France, six sociétés seulement du CAC 40 l'ont fait jusqu'à présent : Suez-GDF, EDF, Renault, Bouygues, Danone et Veolia Environnement.

2. La baisse de 26 % (par rapport à 1990, comme dans le protocole de Kyoto) des émissions de gaz à effet de serre obtenue par les membres de l'AERES – Saint-Gobain, Total, Arcelor, Péchiney, Lafarge, Ciments français, etc. – équivaut à une réduction de 35 millions de tonnes de CO₂ (10 millions de tonnes de carbone).

3. L'entreprise, qui consacre 3 % de ses investissements à l'environnement et recycle 80 % de ses déchets, compte atteindre ce but à la fois en optimisant ses procédés de fabrication, en utilisant la cogénération puis les piles à combustible et des éoliennes et en investissant dans des « puits de carbone » (reboisement).

4. Le programme, annoncé en novembre 2007 par Larry Page, vise à produire 1 000 MW électriques par les énergies géothermique, solaire et éolienne, à un prix de revient inférieur à celui des centrales à charbon (6 cents le kilowattheure). Des panneaux solaires sur le toit du siège californien de Google donnent déjà une capacité de 1,6 MW, soit la moitié des besoins d'énergie du campus de l'entreprise. Gardons-nous de toute naïveté cependant : on mesure les limites de l'effort écologique lorsqu'on sait que les deux dirigeants-fondateurs de Google utilisent un Boeing 767 privé pour leurs déplacements...

5. Le groupe Lafarge soutient aussi de nombreux projets au titre du MDP : éoliennes au Maroc (cf. chapitre V, note 91), utilisation de coques de palmiers à huile comme combustible alternatif en Malaisie, remplacement d'une partie du calcaire, non renouvelable, par des résidus d'aciérie au Brésil. Cependant, son action est critiquée à propos de la cimenterie de Chatak, au Bangladesh, alimentée par du calcaire venu d'Inde : estimant que le programme écorne une forêt primaire, les autorités locales ont suspendu l'extraction en avril 2007.

6. L'accord signé par Lafarge avec WWF et Les Amis de la Terre l'engage à réduire de 20 % ses émissions de gaz carbonique, à préserver la biodiversité et à réhabiliter les carrières en fin d'exploitation.

7. PSA a consacré 10 millions d'euros à ce programme où 2 000 hectares ont été replantés, avec l'appui de notre Office national des forêts.

8. EDF, par exemple, a recentré sa communication autour de la marque Bleu ciel, insistant sur son image de fournisseur d'énergie propre. Effectivement, elle émet, selon l'AIE, dix fois moins de CO₂ par kilowattheure produit que ses concurrents allemands, sa production étant à 95 % d'origine nucléaire ou hydraulique. Suez-GDF mais aussi Powéo ou Direct Énergie, présentent aussi des offres d'origine renouvelable, garantie par des organismes de certification spécialisés comme Observ'ER ou l'allemand TÜV, qui audite les sites. Les « certificats verts » d'électricité, correspondant à 1 MWh (1 000 kWh) chacun, sont négociables sur le marché séparément des quantités physiques d'électricité.

9. Près de 9 Français sur 10 se déclarent prêts à changer de fournisseur au profit d'un opérateur contribuant davantage à la réduction des GES, selon une étude publiée en 2007 par le cabinet Accenture.

10. La réduction visée des émissions de CO₂ de Marks & Spencer équivaldrait à 100 000 voitures retirées des routes chaque année ! Les magasins écossais du groupe sont déjà tous alimentés en énergies renouvelables ; la flotte de transport du groupe fonctionnera à 80 % au biodiesel ; un pictogramme signalera les produits qui ont voyagé par avion (et sont donc peu corrects écologiquement) ; etc.

11. Dans le groupe Suez, 7 % de la rémunération totale des managers de l'entreprise dépend désormais d'indicateurs non financiers, comme la réduction des perturbations du voisinage, la diminution des fuites (avec pour but d'économiser la consommation d'une ville de 700 000 habitants d'ici à 2010), ou celle des émissions de GES pour la flotte des véhicules. Une prime « qualitative » s'applique aussi à tous les salariés. Dans les firmes anglo-saxonnes, entre le dixième et le tiers des primes (« bonus ») des dirigeants dépend de critères qualitatifs, où l'environnement n'a toutefois souvent qu'un caractère minoritaire.

12. Ce réseau, fondé en 2001 par Y. Chouinard, est sur le site www.onepercentfortheplanet.org

13. Cet indice comprend 40 sociétés européennes, dont L'Oréal, BP, Barclays ou Lafarge. En outre, les investisseurs pourront affecter une partie du rendement de l'emprunt au rachat et à l'annulation de permis d'émission sur le marché ETS.

14. Ce concours sera réparti entre WWF, le Climate Group, Earthwatch et le Smithsonian Tropical Research Institute. En outre, les 312 000 salariés du groupe (qui dit faire des efforts pour réduire ses propres émissions) seront formés à ces questions ; la banque compte recruter parmi eux 200 « experts climat ».

15. Calpers va investir 500 millions de dollars dans des immeubles HQE (à haute qualité environnementale).

16. Cette tour de 160 mètres de hauteur et 45 000 m² de surface est destinée à la location. L'application des normes HQE, permettant notamment d'économiser l'énergie avec une architecture et des matériaux adaptés, représentera selon l'entreprise un surcoût de 10 à 15 % sur une facture totale de 330 millions d'euros.

17. De nombreux établissements d'enseignement se montrent sensibles à ces problèmes. HEC, numéro 1 de nos écoles de commerce dans les classements internationaux, a mis en place un master de « Management du développement durable ». Aux États-Unis, le fameux MIT s'est engagé en faveur des énergies renouvelables.

18. Les Conservation Banks américaines gèrent un marché de 45 milliards de dollars de crédits de compensation. Des systèmes analogues existent en Australie (Biobanking), aux Pays-Bas, au Brésil, au Canada et en Suisse.

19. Ce groupe d'investisseurs interroge chaque année les 500 plus grandes entreprises mondiales sur leurs efforts en matière de GES et publie les résultats de son enquête – d'où il ressort que la moitié seulement d'entre elles ont mis en place des programmes de réduction de leurs rejets. Encore s'agit-il des entreprises qui répondent, 29 % des interrogés préférant s'abstenir... Même pour les entreprises qui ont fait des efforts, les résultats tardent : la moitié d'entre elles reconnaissent avoir accru leurs émissions de GES sur les cinq dernières années...

20. Selon Novethic : l'encours des placements des fonds ISR est passé de 6,9 milliards d'euros fin 2004 à 22,1 milliards fin 2007. Les investisseurs institutionnels, à commencer par les grandes banques et les assureurs, représentent environ les deux tiers de ce marché, l'épargne salariale 12 %. Le Fonds public de réserve pour les retraites et les régimes de retraite complémentaire Agirc-Arrco y ont placé une partie de leurs réserves ; l'établissement de retraite additionnelle de la fonction publique a même choisi une allocation d'actifs 100 % ISR.

21. Le Fonds ISR lancé par Danone en 2006, baptisé Danone.communities, d'un montant de 100 millions d'euros (dont il fournira 20 %), doit financer des projets alimentaires dans le tiers-monde en obtenant une rentabilité d'au moins 3 %. Il a pour vice-président Muhammad Yunus, prix Nobel de la Paix et fondateur de la fameuse Grameen Bank. Le premier projet du Fonds est une usine de yaourts au Bangladesh ; opérationnelle depuis fin 2006, elle utilise le lait de très petites exploitations financées par cette banque, spécialiste du microcrédit.

22. Carrefour a lancé une gamme d'épargne ISR, comprenant notamment un fonds de capital-risque.

23. Novethic, filiale à 90 % de la Caisse des dépôts, note les fonds ISR en fonction de la place réellement accordée aux critères de développement durable.

Annexe 18

LA SITUATION DES PAYS INDUSTRIELS
PAR RAPPORT AUX OBJECTIFS DES ACCORDS DE KYOTO

1. Hors ex-bloc soviétique, l'évolution des émissions de GES des pays développés est de + 9,9 % et non de - 4,7 % ! La réduction constatée en 2006 par rapport à 1990 est en effet de 34 % pour la Russie, 31 % pour la Pologne, 55 % pour l'Ukraine et près de 60 % pour les pays baltes. Mais la base de départ était faussée, s'agissant à l'époque d'économies soviétisées, peu productives et ayant tendance à gaspiller l'énergie. Depuis 2000, leurs émissions remontent (+ 7,4 % en six ans).

2. La Commission européenne avance une projection de - 7,4 % en 2010, par rapport à 1990 (base de Kyoto).

3. Les émissions totales européennes de GES d'origine humaine en 2006 représentaient 4,9 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ (dont Allemagne 865 millions de tonnes, Royaume-Uni 557, Italie 487, France 408 millions de tonnes seulement), soit 15 % d'un total mondial de 30,3 milliards de tonnes. Le CO₂ proprement dit représente 83 % du total, soit 4,1 milliards de tonnes.

4. Un « plan vert » adopté début 2005 visait à réduire les émissions de 270 millions de tonnes annuelles d'ici 2012. Peu doté (10 millions de dollars), reposant surtout sur le « charbon propre », il est resté sans effets pratiques... Le gouvernement conservateur (minoritaire) de Stephen Harper, résistant aux pressions de l'opposition et des ONG qui dénoncent sa « faillite » écologique, a présenté en 2007 un nouveau plan repoussant de fait l'atteinte de l'objectif de Kyoto-1 à 2020. Les émissions de GES ont déjà augmenté de 32 % depuis 1990, du fait du pétrole et des schistes bitumineux de l'Alberta, et sur la période 2008-2012, le dépassement du quota canadien serait de 34 % !

5. Le nouveau Premier ministre australien, Kevin Rudd, a annoncé ce retournement au lendemain de son élection en décembre 2007, après onze ans de pouvoir conservateur. L'Australie vient (cf. chapitre I) de traverser une période de sécheresse exceptionnelle, qui a fait prendre meilleure conscience des enjeux. Le programme gouvernemental prévoit un objectif de réduction de 60 % des émissions de GES en 2050 par rapport au niveau de 2000, et la création d'un marché des émissions de CO₂ en 2010 ; 20 % de l'énergie consommée devront être renouvelables à l'horizon 2020.

6. Le premier pas a été accompli devant le Congrès, en janvier 2007. Puis, lors de la conférence sur « la sécurité énergétique et le climat » organisée à Washington, fin septembre 2007 (voir chapitre VI, note 16), M. Bush a exposé sa doctrine. Toujours réticent sur les économies d'énergie (« dans ce nouveau siècle, le besoin d'énergie ne fera que croître »), il admet la nécessité de « réduire la pollution atmosphérique et les émissions de GES », en « gérants responsables de la Terre » et donc de se fixer des objectifs mesurables. Mais, pour lui, la solution réside toujours essentiellement dans la technologie. D'où son refus obstiné d'engagements chiffrés.

7. Dans leur communiqué commun, les pays du G8 estiment que « les émissions de GES doivent cesser d'augmenter et ensuite être réduites de façon substantielle ». Les États-Unis ont admis de « prendre sérieusement en considération » l'objectif d'une réduction au moins de moitié des émissions globales d'ici à 2050, mais refusent toujours de prendre des engagements datés et/ou chiffrés.

8. Cette position a été prise à la « rencontre des économies majeures » (voir chapitre VI, note 16) de Paris, en avril 2008 : « La croissance des émissions ralentira durant la prochaine décennie, stoppera en 2025, et commencera à s'inverser ensuite. » En 2025, d'après l'AIE, les émissions américaines auront augmenté de 23 % par rapport à la base 1990 ; il y a évidemment un grand écart avec l'objectif d'une *baisse* de 20 % en 2020 retenu par l'UE, et plus encore avec la baisse de 25 à 40 % en 2020 demandée par les écologistes et par les pays émergents. Aussi le ministre allemand de l'Environnement, S. Gabriel, a-t-il jugé le propos de G. W. Bush « digne de l'ère de Neandertal ».

9. Cette proposition de loi (cosignée par deux sénateurs, le démocrate Joe Lieberman et le républicain John Warner) intitulée *America's Climate Security Act*, est un programme très complet. Elle prévoit le plafonnement des émissions de GES au niveau de 1990 (soit 15 % au-dessous de leur niveau de 2005) d'ici à 2020 et leur réduction de 70 % d'ici 2050 par rapport au niveau de 2005, ainsi que l'instauration d'un marché national des crédits carbone (voir chapitre V, note 85). Contesté par l'Agence officielle pour la protection de l'environnement (EPA), qui lui attribuait une moindre croissance du PIB de 7 % d'ici 2050, le projet a été près de l'adoption, mais finalement remis à plus tard.

10. Barack Obama et John McCain s'étaient tous deux déclarés prêts à rejoindre le système des quotas limitatifs – sans qu'on puisse pour autant tabler à coup sûr sur l'acceptation par les États-Unis de l'ensemble du cadre de Kyoto ou du futur accord Kyoto-2 – et favorables à un marché d'échanges des permis d'émissions. En outre, Obama soutenait un objectif global de réduction de 80 % des émissions de CO₂ des pays industrialisés d'ici 2050, tout en rejetant (comme McCain) une « taxe carbone ». Le nouveau président américain prône des économies d'énergie permettant de réduire la consommation de pétrole de 35 % et la recherche de sources alternatives (il a promis d'investir 150 milliards de dollars en dix ans dans les technologies d'énergie propre, pour atteindre 25 % d'énergies renouvelables en 2025), privilégie les biocarburants et les piles à combustible, et est réticent sur le nucléaire civil.

11. Notamment, la Californie et 17 autres États qui avaient décidé de limiter les émissions de GES liées à la pollution automobile en imposant une réduction des émissions de 30 % dès 2016 et une moyenne de 36 miles par gallon (soit 6,6 litres aux 100 kilomètres) poursuivent en justice le gouvernement fédéral, dont l'Agence pour l'environnement, l'EPA, a bloqué leurs mesures sous prétexte d'harmonisation nationale avec la loi CAFE de décembre 2007.

12. Le *Global Warming Solutions Act* adopté en septembre 2006 par cet État, douzième émetteur mondial, s'est fixé pour but une réduction de 25 %, soit 173 millions de tonnes de CO₂, d'ici 2020, permettant un retour au niveau de 1990. Annonçant, non sans grandiloquence, « une ère nouvelle de protection de l'environnement, pour changer le cours de l'Histoire », A. Schwarzenegger a créé l'Environmental Protection Agency californienne, confiée à un activiste des énergies renouvelables, Terry Tamminen. L'agence vérifiera la qualité de l'air et fixera dès 2009 des objectifs (obligatoires à partir de 2012) de réduction des émissions de GES aux entreprises, qui pourront échanger leurs quotas sur un marché. Une autre loi californienne astreint les fournisseurs d'électricité à une norme de 20 % d'énergies renouvelables, tant pour leur production propre que pour leurs achats extérieurs.

13. Pour la côte Est, rappelons (voir chapitre V, note 87) l'initiative conjointe RGGI de 12 États fixant des objectifs chiffrés (– 10 % en dix ans) de réduction des rejets de GES,

mais seulement aux usines de génération d'électricité. Par ailleurs, plusieurs États du Nord-Ouest des États-Unis se sont engagés à réduire leurs émissions de GES de 10 % d'ici 2020.

14. En outre, 31 États fédérés ont, en mai 2007, annoncé la création d'un inventaire commun des émissions polluantes.

15. Encore la performance de 2006 a-t-elle été améliorée par un hiver clément. En 2005, la baisse obtenue par rapport à 1990 n'était encore que de 1,8 %. En valeur absolue, les rejets de GES français (hors utilisation des terres et forêts) sont passés de 564 millions de tonnes en 1990 à 555 millions de tonnes en 2005 et 541 millions de tonnes en 2006, selon les statistiques du CCNUCC. Le gaz carbonique compte pour les trois quarts de ce total (404 millions de tonnes en 2006), le reste se partageant à peu près également entre méthane (56 millions de tonnes d'équivalent-CO₂) et protoxyde d'azote (65 millions de tonnes) ; les trois autres GES comptent pour moins de 3 %.

16. Selon Eurostat, chaque Français émet 2,62 tonnes de CO₂ annuelles, contre 6,4 pour un allemand pour l'énergie qui lui est nécessaire. La prise en compte d'autres sources de GES, comme le méthane rejeté par l'agriculture et l'élevage, réduit cependant cet écart.

17. Les secteurs de l'énergie et du traitement des déchets ont aussi diminué leurs émissions (de 9 et 15 % respectivement), contribuant à la performance globale de - 3,9 % en 2006.

18. Une étude récente de l'Institut Brueghel montre en effet que l'Europe exporte relativement plus de produits à forte teneur en carbone que les États-Unis ou les pays d'Asie ; des pays à forte métallurgie par exemple, comme la France et l'Allemagne, seraient relativement plus pénalisés que d'autres par les plafonds d'émissions.

Annexe 19

PROPOSITIONS EN DIRECTION DES PAYS DU SUD POUR OBTENIR LA LIMITATION DES REJETS DE GES

1. Les Anglo-Saxons se réfèrent à ces droits acquis comme la « clause du grand-père » (*grandfathering*). C'est effectivement sur la base du niveau réel des émissions de chaque pays en 1990 qu'ont été répartis les quotas de départ entre pays ; le niveau de départ admis était donc d'autant plus élevé que le pays était plus « pollueur ». Cette répartition a pour elle le réalisme – car il faut bien partir de l'existant – mais non l'équité. Celle-ci était cependant en partie réintroduite, dans l'accord de Kyoto, par le fait que la base de référence datait déjà de quelques années, ce qui obligeait les plus gros émetteurs à « rattraper » leurs dérapages postérieurs à 1990.

2. On peut faciliter les transitions en partant d'une part assez basse du critère population et en relevant cette part progressivement (pour la porter par exemple, à la moitié) – ce qui allégerait le fardeau initial des pays riches et compenserait une montée en force progressive d'engagements des pays du Sud.

3. Mme Merkel s'est en effet déclarée, lors du Sommet sur le climat organisé par les Nations unies en septembre 2007, favorable à une convergence graduelle des allocations de permis d'émissions, qui « finiront à long terme par s'uniformiser » à un niveau égal par tête d'habitant. Une motion en ce sens a aussi été déposée au Parlement européen.

4. Pour Jean Jouzel, directeur de recherches au CEA et grand référent français du GIEC, chaque habitant de la planète n'aura même « droit », vers la fin de ce siècle qu'à

« au maximum 300 kilos de carbone par an, soit à peu près ce qu'émet un habitant du Vietnam ».

5. Pays très peuplé, voire surpeuplé, l'Inde a un niveau d'émissions par tête encore très faible (300 kilos de carbone), malgré sa récente industrialisation et un usage important du charbon ; soutenue par nombre de pays en développement, dont la Chine pendant longtemps et l'Afrique, elle insiste sur le principe de droits égaux aux ressources écologiques pour chaque citoyen du monde.

6. Ce point est souligné dans le rapport Syrota (voir chapitre VI, note 11) : « Rien ne justifie qu'un citoyen français doive consacrer des moyens économiques démesurés par rapport à ceux consentis par ses voisins pour limiter ses émissions à la moitié de celles d'un Allemand ou d'un Britannique » ; il en déduit que l'effort demandé à notre pays devrait être une division par un peu plus de deux et non par quatre des émissions de GES à l'horizon 2050. L'écart cité est un peu exagéré – la France émet 140 grammes de CO₂ par dollar de produit national, contre 230 pour l'Allemagne et 180 pour le Royaume-Uni –, mais le raisonnement mérite considération.

7. Chaque citoyen se verrait attribuer un nombre égal de points carbone – 1 point = 1 kilo de CO₂ ; les achats d'essence, de billets d'avion, etc., seraient débités de ce compte. Les plus économes pourraient revendre leurs droits excédentaires aux gros consommateurs sur une Bourse, réalisant ainsi une certaine forme de redistribution sociale.

8. Le Brésil propose par exemple des objectifs de réduction proportionnels aux émissions *antérieures* de chaque pays, ce qui favoriserait évidemment les nations peu ou récemment industrialisées. L'idée de différencier, au sein des PVD, ceux qui ont déjà « décollé » et les autres a aussi progressé, à la conférence climatique de Poznan (décembre 2008).

9. L'adoption d'objectifs en termes d'intensité carbone ou d'efficacité énergétique, c'est-à-dire de quantités de GES émis par unité de produit national, aurait le grand avantage de laisser place à la croissance indispensable des pays émergents tout en leur donnant une cible concrète à atteindre dès maintenant. On avance aussi la possibilité d'objectifs volontaires par secteur ; le CO₂ économisé par rapport à ces objectifs pourrait être revendu sur les marchés.

10. Il est de plus contesté par nombre d'écologistes ; ceux-ci critiquent le caractère parfois injustifié et généralement mal contrôlé de ces projets, qui leur apparaissent surtout comme un moyen commode de tourner les plafonds d'émission assignés aux pays industrialisés, et donc d'empêcher un vrai effort pour le climat.

11. Le Fonds d'adaptation, prévu dès l'origine par le protocole de Kyoto, a été retardé par les craintes, compréhensibles, qu'un accent mis sur l'*adaptation* au changement climatique n'entrave une lutte efficace contre les *causes* de ce changement. L'accord de Bali a permis sa mise en place effective avec une dotation initiale de 80 millions de dollars et surtout une ressource permanente de 350 à 500 millions de dollars annuels, assurée par une taxe de 2 % sur les mécanismes de marché mis en place dans le cadre de Kyoto (MDP et MOC – voir chapitres V et VIII). La conférence de Poznan a précisé que les pays du Sud auront un accès direct à ce Fonds sans passer par la Banque mondiale.

12. Il y aura donc réciprocité des engagements écologiques des PVD et des engagements d'aide et de transferts technologiques des pays avancés. Ce point a fait l'objet d'un fort accrochage entre les États-Unis – qui l'ont finalement accepté – et les PVD à Bali.

Annexe 20

POURQUOI LES PAYS DU SUD ONT SOIF D'ÉNERGIE

1. D'après une étude de la Banque mondiale parue en janvier 2008, le pays où le scénario est le plus critique en matière environnementale est l'Indonésie : la hausse des émissions de GES y est en effet de 4 % *par habitant* et par an (soit près de 6 % au total), contre 3,5 % en Inde et 2,7 % en Chine. Le pire est que le pays prévoit, pour assurer sa croissance, d'investir massivement dans le charbon ; c'est « clairement le contraire d'un effort pour réduire ses émissions », commentent les auteurs.

2. Les statistiques de l'AIE indiquent que la France a consommé 483 TWh (TWh = 1 milliard de KWh) en 2005, soit 3 % du total mondial ; le chiffre correspondant pour l'Inde était de 542 milliards de TWh. De plus, la production électrique indienne vient à 77 % du charbon, le combustible le plus polluant.

3. Le scénario de référence de l'AIE prévoit un besoin chinois d'énergie primaire passant de 1,7 milliard de TEP en 2005 à 3,8 milliards en 2030, soit un taux de croissance annuel de 3,2 % (et même 5,1 % par an dans la première partie de la période, jusqu'en 2015). Les besoins de l'Inde restent inférieurs (1,2 milliard de TEP en 2030 contre 537 en 2005), malgré une croissance encore un peu plus rapide que celle de la Chine : + 3,6 % l'an. La Chine dépassera les États-Unis comme premier consommateur mondial d'énergie dès 2010.

4. Malgré une puissance installée déjà importante (400 GW, pour une consommation électrique totale dépassant 2 500 TWh en 2005 – presque quintuple de celle de la France), la Chine peine à fournir la demande. Les besoins sont impressionnants : la poursuite d'une croissance économique au rythme de 10 % annuels nécessite la mise en service de 40 à 50 GW par an, soit au moins le tiers de la croissance mondiale de puissance électrique.

5. Le chiffre indiqué par le rapport « énergie et pauvreté » présenté par l'AIE en 2002 est de 1,6 milliard d'habitants, soit un quart de l'humanité, totalement privés d'accès à l'électricité : 500 millions en Afrique subsaharienne (dont le taux d'électrification moyen n'est que de 23 %), 800 dans le sous-continent indien, 223 en Asie du Sud-Est, etc. Ces humains les plus pauvres ne consomment en moyenne que 0,2 TEP par an, soit quarante fois moins qu'un Américain. Le rapport juge cette situation « honteuse » et « inacceptable ».

6. Les fumées nocives émises au foyer provoquent des maladies respiratoires ; selon Kirk R. Smith, de l'Université de Californie, 400 000 à 500 000 femmes et enfants mourraient chaque année, rien qu'en Inde, de cette pollution domestique. Pour l'OMS, 2,5 millions décès prématurés seraient ainsi provoqués chaque année dans le monde. La « corvée de bois » est, dans ces régions démunies, une lourde charge, incombant généralement aux femmes.

Annexe 21

L'ACTION DES POUVOIRS PUBLICS
POUR ENCOURAGER L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

1. Cet objectif « difficile mais atteignable » doit être atteint (avec une étape à – 34 % en 2020 par rapport à 1990) entre autres par de nouvelles normes de construction,

l'électrification des transports et « la disparition presque totale des émissions de CO₂ lors de la génération d'électricité », grâce à la fermeture des centrales à charbon non équipées d'installations de CSC et au développement du nucléaire et de l'éolien (qui assurerait 30 % de la production électrique dès 2020). Le programme est suivi par un Committee on Climate Change créé par la loi de novembre 2008.

2. Le chef de l'État a d'ailleurs annoncé à cette occasion que tous les grands projets publics seront désormais arbitrés en intégrant leur coût pour le climat, leur coût en carbone et leur impact sur la biodiversité.

3. Si Nicolas Hulot a jugé les résultats du Grenelle de l'environnement – largement conformes au programme de la candidate « verte » aux présidentielles de 2007, D. Voynet, à l'importante exception près de la sortie du nucléaire – « globalement positifs », des ONG comme l'Alliance pour la planète ou Agir pour l'environnement y ont vu « une occasion manquée ». Pourtant, les premières mesures concrètes, comme l'écopastille pour les voitures, ont déjà été prises début 2008, et les deux lois Borloo de 2008 en ajoutent beaucoup d'autres.

4. Ce freinage annoncé n'a pas empêché le lancement de nouvelles constructions comme l'autoroute A65, ce qui fait douter de son sérieux.

5. Cette écotaxe doit être créée d'ici 2010, pour l'utilisation des routes nationales non concédées à cette date ; elle sera compensée, pour les camions français, par une baisse de la taxe à l'essieu.

6. 2 000 kilomètres de lignes à grande vitesse doivent être lancés d'ici à 2020 et 4 500 d'ici à 2030, l'État y consacrant 16 milliards d'euros, plus 4 milliards pour les tramways ; le fret ferroviaire doit progresser de 25 % d'ici à 2012.

7. Avec une étape de – 20 % en 2012. Une taxe spécifique sur les vols intérieurs lorsque existe une alternative ferroviaire sera étudiée. Nous avons vu au chapitre V que le transport aérien va rejoindre en 2012 le système européen de plafonnement des émissions de GES et participera alors au marché ETS d'échange des permis.

8. Le programme comporte la rénovation thermique de tous les logements sociaux, en commençant d'ici 2013 par les 800 000 les moins performants, et de tous les bâtiments publics anciens (120 millions de m² !) en cinq ans, grâce à 20 milliards de prêts bonifiés de la Caisse des dépôts. Pour les logements particuliers, le but est aussi d'obtenir 800 000 rénovations thermiques en quatre ans (2009-2012), puis de passer à 400 000 unités renouvées par an à partir de 2013, notamment grâce aux éco-prêts à taux zéro. La mise aux nouvelles normes thermiques (voir chapitre VI, note 70 et annexe 22, note 1) sera imposée par la loi lors de la cession des immeubles ou des changements de locataire, et soutenue par des incitations publiques. La construction de bâtiments « à énergie positive » sera particulièrement encouragée.

9. L'étiquette énergie (verte pour les plus économes, rouge pour les plus gourmands) renseigne sur la consommation de l'appareil.

10. Les dépenses de recherche sur les énergies renouvelables et le stockage du gaz carbonique seraient portées au même niveau que celles sur le nucléaire civil. « Nous allons engager 1 milliard d'euros sur quatre ans pour les énergies et les moteurs du futur, la biodiversité, la santé environnementale », a annoncé le chef de l'État. Pour la ministre de la Recherche, V. Pécresse, la « nouvelle feuille de route fixe trois priorités : le captage et le stockage du CO₂, les biocarburants de deuxième génération et les énergies renouvelables ».

11. Le président Sarkozy s'est engagé (discours du 25 octobre 2007) « à ce que la révision générale des prélèvements obligatoires se penche sur la création d'une taxe climat-énergie en contrepartie d'un allègement de la taxation du travail pour préserver le pouvoir d'achat et la compétitivité » ; l'idée est très proche de ce que demandent les associations écologiques.

12. N. Sarkozy avait parlé, dans le discours d'octobre 2007, d'un « droit à la transparence totale des informations environnementales et de l'expertise... Toutes les données, sans exception [sauf en matière de vie privée, de sécurité nationale et de secrets industriels] seront désormais communicables, y compris sur le nucléaire et les OGM ».

13. Même des pays aussi attachés à l'écologie que l'Allemagne ont remis en cause des pans entiers du programme initialement présenté par la Commission européenne pour préserver leur industrie lourde – d'où l'octroi de quotas d'émission de CO₂ gratuits aux secteurs exposés aux délocalisations (tant qu'un accord international satisfaisant n'est pas signé) et la réduction à 20 % en 2013, pour atteindre 70 % en 2020, de la part des quotas payants pour les autres industries. De plus, les pays de l'Est européen, très dépendants du charbon, ont obtenu un régime de faveur pour leurs centrales électriques lors du Sommet du 15 décembre 2008 : elles ne paieront au départ que 30 % de leurs quotas.

14. L'archipel, deuxième pays de l'OCDE pour la consommation globale d'énergie, affiche néanmoins une efficacité énergétique (consommation par unité produite) déjà honorable. Le Premier ministre, Y. Fukuda, propose de fixer un objectif mondial d'amélioration de 30 % de cette efficacité énergétique d'ici à 2020.

15. La mairie de Moscou a lancé la première campagne d'affichage sur ce thème début 2007, deux ans après la grande panne qui avait plongé la ville dans le noir (les coupures se sont répétées en 2006). L'absence de système de réglage de la température dans les logements, souvent surchauffés, ne facilite pas l'exercice. La Russie reste actuellement un des pays où la consommation d'énergie par habitant ou par unité de PIB est la plus élevée : 750 grammes de pétrole par euro de PIB, contre 300 aux États-Unis ou en Chine et moins de 200 en France.

16. Ceux-ci demeurent cependant, grâce à l'avance acquise, globalement plus performants – tout au moins si l'on mesure le produit national aux prix du marché : l'efficacité énergétique globale des États-Unis serait trois fois supérieure à celle de l'Inde et quatre fois à celle de la Chine ; après correction par les parités de pouvoir d'achat en revanche, la performance de la Chine et même celle de l'Inde deviennent meilleures que celle des États-Unis ; tous ces éléments viennent du rapport de la Banque mondiale *Dancing with Giants* d'octobre 2007.

17. Cet objectif correspond à une baisse des émissions de GES de 950 millions de tonnes d'équivalent-CO₂ par rapport aux 6,1 milliards de tonnes émis en 2005. L'hydro-électricité assurerait la moitié de cet effort.

18. Le premier objectif cité a été manqué en 2006, année initiale du Plan, avec une baisse de la consommation énergétique unitaire de 1,2 % seulement au lieu des 4 % annuels visés. Le « décrochage » des rejets de gaz à effet de serre par rapport à la croissance du PIB est pourtant déjà de moitié, c'est-à-dire que les émissions augmentent deux fois moins vite que le produit national. Mais, au rythme de la croissance chinoise, leur progression reste forte : + 4 à 5 % par an.

19. Sur les 342 villes régulièrement auditées, un peu plus d'un tiers seulement remplissent les normes de qualité d'air requises pour les zones résidentielles.

20. Menacées d'un retrait de certains participants, les autorités chinoises ont pris des mesures énergiques : retrait des rues de Pékin et Tianjin de 15 000 vieux bus et taxis, diminution de moitié du trafic routier pendant les épreuves, et même fermeture temporaire des usines les plus polluantes de la région.

21. L'objectif particulier retenu par le XI^e plan est de faire baisser les émissions de dioxyde de soufre de 2 % par an.

Annexe 22

ILLUSTRATIONS PRATIQUES DES MESURES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DANS LE BÂTIMENT (CAS FRANÇAIS)

1. Il existe depuis 1974 une réglementation thermique (RT) sur la qualité énergétique de toutes les constructions *neuves*, y compris les bureaux, dont la consommation dépasse encore couramment 300 kWh/m². Depuis 2000, les plafonds baissent de 15 % tous les cinq ans. La norme actuelle RT 2005 limite la consommation à 105 kWh/m² et par an en moyenne, dans une fourchette allant de 80 à 250 selon les zones climatiques ; les labels haute et très haute performance énergétique (HPE et THPE) visent des performances améliorées de 10 et 20 % respectivement, soit 85 kWh/m² et par an pour la THPE. La RT 2010, en préparation, rejoindra la norme THPE et prendra mieux en compte les énergies renouvelables. Enfin, le *nec plus ultra* est la norme basse consommation (BBC), qui plafonne l'énergie consommée à 50 kWh/m² et par an ; elle s'imposera en principe à un tiers des logements neufs dès 2010, et à tous dès 2012. En outre, tous les bâtiments publics construits à partir de 2010 répondront aux normes basse consommation.

2. 25,4 millions de résidences principales, 3 millions de résidences secondaires et 1,8 million de logements vacants. Les deux tiers de ce parc, construits depuis plus de trente ans, ne sont plus aux normes énergétiques. En principe, tous les particuliers devraient être incités légalement à faire la rénovation thermique de leurs logements d'ici quinze ans.

3. Le nouvel objectif, longtemps promu en vain par l'ONG NegaWatt, est d'assurer la rénovation thermique de 400 000 logements anciens par an, moitié dans le parc privé, moitié dans le parc HLM, en les situant à un niveau intermédiaire entre les classes A (50 kWh/m² maximum) et B (90 kWh/m²) de la nouvelle réglementation énergétique (voir note 13 ci-après), soit en pratique environ 80 kWh/m². Comme la rénovation thermique sera très étalée, la consommation *moyenne* des logements anciens restera encore longtemps élevée : l'objectif est de revenir des 240 kWh/m² et par an actuels à 210 en 2013 (soit une économie de 12 %), puis à 150 en 2020 (soit une économie de 38 %, ou 38 millions de tonnes de CO₂). La loi Borloo-II institue une obligation de rénovation thermique sur huit ans pour tous les commerces.

4. Nous restons loin des États-Unis, où 97 % des habitations sont construites en bois !

5. Les toitures végétales, dont la technologie progresse, sont d'office qualifiées HQE, car elles assurent une bonne isolation thermique et phonique, retiennent les eaux pluviales, filtrent l'air et rafraîchissent l'atmosphère en été en l'humidifiant. Répandues en Allemagne, avec un marché de 15 millions de m² par an, elles sont encore trop peu utilisées en France (200 000 m² annuels).

6. 32 % des logements français sont chauffés au gaz, 19 % au fuel, et 1 % au charbon, soit 52 % d'énergies fossiles ; l'électricité représente 25 % du total, le bois 16 %, les divers (réseaux de chaleur urbains, GPL...) 7 %.

7. Le procédé utilise l'inertie du sous-sol. La chaleur excédentaire de l'été est stockée en profondeur dans une nappe d'eau ; des échanges entre ce point chaud et un point froid également souterrain alimentent chauffage l'hiver et climatisation l'été. Jusqu'à 90 % de l'énergie conservée par ce procédé pourrait être récupérée.

8. La pompe à chaleur, fonctionnant selon un principe inverse de celui du réfrigérateur, puise la chaleur ambiante dans l'air ou dans la terre (par des tuyaux ou des sondes à faible profondeur) et la restitue à l'intérieur du logement. Animée à l'électricité, elle est trois à cinq fois moins « gourmande » en énergie qu'un chauffage classique. Elle ne concerne toutefois guère que le neuf, car elle fournit une chaleur modérée, peu compatible avec les types de radiateurs anciens. Des recherches sont en cours pour améliorer ses performances.

9. Le chiffre d'affaires correspondant atteint 1,4 milliard d'euros. L'engouement récent pour la pompe à chaleur est en partie dû au crédit d'impôt couvrant la moitié du coût d'une telle installation. Le coût est d'une centaine d'euros par m² pour une rénovation, le double dans le neuf ; mais il est amorti en quatre à sept ans, grâce à une réduction de la facture de chauffage. 90 % des pompes à chaleur installées sont réversibles et peuvent fournir de la climatisation en été.

10. Outre la TVA réduite à 5,5 %, les travaux d'isolation et de régulation thermique donnent droit à un crédit d'impôt de 40 %, porté à 50 % pour les équipements en source d'énergie renouvelable, mais plafonné à 16 000 euros par logement (depuis septembre 2008, ce plafond n'est plus annuel mais calculé sur cinq ans). Le coût de ces aides fiscales pour le budget de l'État n'est pas négligeable : 1,9 milliard d'euros en 2006. L'ANAH apportera des subventions. Un rapport remis en 2007 par son président, M. Pelletier, évoque l'idée d'une indexation de la taxe d'habitation sur la performance énergétique, dont l'amélioration peut être financée par des « écoprêts » à taux 0 (voir chapitre VI, note 69).

11. Estimation donnée par le rapport remis par le GIEC en mai 2007 ; d'autres rénovations thermiques présentent un coût faible ou nul.

12. Les économètres domestiques, alimentés en temps réel grâce à l'électronique et à Internet, informent non seulement sur la consommation instantanée, mais sur l'historique, les coûts, etc. Ils permettent un affichage déporté (écrans éloignés du point de mesure).

13. Le diagnostic de performance énergétique (DPE) effectué par un professionnel agréé a été rendu obligatoire par la loi du 9 décembre 2004 (transposant une directive européenne) à partir de juillet 2006 pour tout logement à la vente et depuis juillet 2007 pour tout logement mis ou remis en location. Un classement en sept catégories est opéré selon la consommation d'énergie pour le chauffage, l'eau chaude et la ventilation, hors éclairage et électroménager : de A pour les plus performants (de 0 à 50 kWh/m² par an) à G (plus de 450 kWh/m² par an) pour les plus mauvais.

14. Ce cadre réglementaire, mis en place en 2006, contraint EDF et les autres fournisseurs français d'électricité à apporter à leurs clients (particuliers comme entreprises) des prestations de conseil et de diagnostic énergétique qui les conduiront à réduire leur consommation électrique de 54 TWh au total. Chaque térawattheure non économisé en juin 2009 donnera lieu à une amende – sauf à acheter des certificats sur le marché euro-

péen des droits d'émission (ETS). Pour EDF, dont l'objectif est de - 30 TWh, l'amende se monterait à 600 millions d'euros en cas d'échec total.

15. Environ 330 millions d'ampoules sont vendues en France chaque année, et 2 milliards en Europe ; les ampoules classiques à filament sont peu performantes (5 % seulement de l'énergie qu'elles consomment se transforme en lumière) et fragiles. Nettement plus chères (3 à 15 euros pièce), les ampoules basse consommation sont rentables dès la troisième année grâce aux économies de 60 à 80 % qu'elles permettent : une ampoule de 100 W ne consomme que 3 euros d'électricité par an au lieu de 15. Elles sont en outre plus durables : 6 000 heures au lieu de 1 000.

16. Malgré la demande faite par le Sommet européen de mars 2007 de propositions pour réduire l'éclairage des bureaux, des rues et des logements privés, les positions de la Commission européenne restaient fort prudentes. Les fabricants européens ont pris les devants et se sont engagés à cesser progressivement la production de lampes à filament : dès 2009, il ne sera plus possible d'en acheter de plus de 100 W ; ce plafond sera ramené à 75 W en 2011 et continuera à diminuer jusqu'à disparition de ce type d'ampoules en 2017.

17. En Espagne, on expérimente l'insertion de modules photovoltaïques à la place de briques en façade d'immeubles.

18. On peut se demander si le chauffage au bois ne rejette pas trop de GES. L'argument est que le CO₂ émis lors de la combustion en chaudière est équivalent à celui qui serait émis par la décomposition naturelle de ce bois.

19. Il s'agit d'un conduit à fumées « permettant le raccordement d'un foyer à bois ou à biomasse ». Cette proposition, retenue par le Grenelle de l'environnement, devrait prochainement devenir une obligation légale. Le chauffage au bois, encouragé par le crédit d'impôt comme les autres énergies renouvelables, est organisé par des industriels et artisans autour du label Flamme verte.

20. En France, les normes révisées vont réduire la consommation de 40 % pour les machines à laver le linge et de 28 % pour les lave-vaisselle.

21. Après avoir laissé entrevoir une application à une vingtaine de types de produits, dont les appareils ménagers et électroniques (téléviseurs, ordinateurs, téléphones portables), les meubles en bois, les peintures et détergents, le gouvernement est revenu en arrière à l'automne 2008 : l'essai sera fait d'abord sur un petit nombre de produits – les réfrigérateurs, les pneus et les ampoules sont en première ligne –, après étude d'impact précise, et sans surcoût (les malus devront équilibrer les bonus).

Annexe 23

LES VOITURES PLUS ÉCOLOGIQUES DE DEMAIN

1. La réduction des frottements peut apporter des économies importantes, de l'ordre de 10 %. Michelin considère que ses « pneus verts », dans lesquels le noir de carbone traditionnel est remplacé par de la silice, ont permis d'éviter l'émission de plus de 22 millions de tonnes de CO₂, soit l'équivalent de la capacité d'absorption annuelle de 880 millions d'arbres. L'économie serait en effet de 0,2 litre aux 100 kilomètres pour une voiture, et jusqu'à 2 litres aux 100 pour un camion.

2. 140 grammes par kilomètres pour PSA, 148 pour Fiat, 144 pour Renault – chiffres moyens de 2006, selon l'ADEME. La moyenne européenne est de 160 grammes par kilomètre, alors qu'elle atteint 220 grammes par kilomètre aux États-Unis.

3. Le système *stop and start* fonctionne grâce à un nouvel alerno-démarrreur qui gère la coupure du moteur aux arrêts et à la récupération de l'énergie cinétique des freinages, stockée sous forme d'électricité et réutilisée pour booster redémarrages et reprises. Les « microhybrides » comme la C2 de Citroën parviennent à diminuer la consommation d'un tiers, émettant seulement 100 grammes de CO₂ au kilomètre parcouru, contre 135 pour le modèle ordinaire. La RATP teste actuellement un minibus utilisant ces techniques, avec un gain de 15 % sur les émissions de gaz carbonique ; la SNCF étudie l'hybridation de ses trains diesel pour dans... quinze à vingt ans.

4. Cet objectif ultime est celui qui avait été retenu par le plan Climat français de 2004 en lançant des recherches pour concevoir une voiture familiale de ce type. Aller plus bas semble difficile : le président de Volkswagen, F. Piëch, annonce bien la mise sur marché avant 2010 d'une voiture ne consommant qu'un litre de carburant aux 100 kilomètres, mais on peut douter que ce diesel biplace étroit et ultraléger, dans lequel les occupants seront assis l'un derrière l'autre, séduise vraiment !

5. PSA et Renault ont tous deux tenté l'expérience avec de petits modèles citadins ; mais les batteries de l'époque au nickel-cadmium limitaient l'autonomie à 80 kilomètres, et le prix était trop élevé ; 15 000 unités seulement ont été vendues, puis la production a été stoppée. Aux États-Unis, General Motors a aussi remis son programme de l'époque, avant de le reprendre avec la Chevrolet Volt (voir note 13).

6. Le marché (seconde voiture pour les ménages urbains) représenterait environ 15 % des ventes européennes neuves, et 10 millions d'unités par an à l'échelle mondiale.

7. C. Ghosn, P-DG du groupe Renault-Nissan, a signé début 2008 un accord sur le projet Better Place pour produire 10 000 à 20 000 voitures 100 % électriques par an à partir de 2011 en Israël, où un réseau de 500 000 bornes de recharge des batteries sera mis en place. Des accords ont aussi été passés en 2008 avec le Portugal et le Danemark. Pour M. Ghosn « l'électrique est actuellement prioritaire » et « une offre massive » de véhicules de ce type doit être développée. Deux modèles (de type Kangoo et Mégane) seront proposés par Renault en Europe en 2012 et par Nissan en Californie et en Asie dès 2010. Nissan considère qu'en 2050, un tiers de ses ventes seront des voitures électriques ou à hydrogène, et un autre tiers des hybrides. L'autonomie réelle des voitures serait de 100 à 120 kilomètres seulement pour cette première série électrique, mais le groupe compte disposer plus tard d'une seconde génération d'une autonomie de plus de 300 kilomètres, avec un temps de chargement réduit à une demi-heure.

8. Les groupes Bolloré (associé à Pininfarina pour produire la B Zéro, d'une autonomie annoncée de 250 kilomètres en milieu urbain grâce à une batterie lithium-métal polymère et à des panneaux solaires d'appoint, pour livraison en leasing à partir de début 2010) et Dassault (associé à Heuliez pour développer la Cleanova, déjà utilisée par La Poste) poursuivent tous deux cette ligne technologique. Aux États-Unis, Chrysler présente le monospace électrique ecoVoyager et une Dodge Zeo dont l'autonomie serait de 400 kilomètres. Le Norvégien Think propose sa City tout-électrique depuis avril 2008. Volkswagen présente la Up. Mitsubishi sortira ses propres modèles au Japon dès 2009, puis en Europe en 2011. Daimler commercialisera en 2010 une version électrique de sa Smart Fortwo, avec une autonomie de 110 kilomètres, puis une Mercedes, et compte créer, avec l'électricien RWE, un réseau européen de stations de recharge.

9. Le crédit d'impôt de 5 000 euros par voiture accordé en France (voir plus loin) est bien justifié par le coût de revient encore élevé des modèles électriques, mais la pro-

duction en masse permettra de le réduire. Un autre problème est la durée de chargement encore trop longue des accumulateurs, et leur recyclage ultérieur.

10. Lancée en 1997, la Toyota Prius a été un succès commercial : 430 000 exemplaires écoulés en 2007 (dont 5 000 en France), soit 5 % des ventes de la firme, qui propose aujourd'hui une douzaine de modèles hybrides ; tous ses modèles haut de gamme offrent désormais cette option, et une Prius « de troisième génération » est annoncée pour fin 2009. Ses principaux concurrents sont la Civic de Honda (55 000 exemplaires vendus en 2007, mais Honda annonce avec l'Insight une voiture hybride à moins de 20 000 euros, contre 26 000 pour la Prius) et la Saturn VUE ou la Chevrolet Tahoe de General Motors ; ces deux constructeurs lancent une gamme complète en 2008. Chrysler propose la Jeep Renegade. Opel, Volvo, Porsche présentent aussi des nouveautés. Mercedes lancera en juin 2009 la Classe S hybride, consommant 2,2 litres de moins aux 100 kilomètres, et BMW propose une berline ActiveHybrid dont le petit moteur électrique ne réduit les émissions de CO₂ que de 15 % ; ces deux constructeurs préparent des 4×4 hybrides diesel. En France, PSA opte aussi pour des hybrides diesel : une Peugeot 308 et une Citroën C4 ne consommant que 3,4 litres aux 100 kilomètres (soit 90 grammes de CO₂ par kilomètre) devaient être commercialisées fin 2009, mais le surcoût encore élevé par rapport aux modèles classiques (plus de 3 000 euros) a conduit à les décaler en faveur du haut de gamme (moteur de 1,6 litre).

11. Non moins de 8 millions de voitures hybrides devraient être produites annuellement d'ici 2015 dans le monde ; mais elles ne représenteraient alors encore que 5 à 15 % du marché français, selon un rapport parlementaire de 2006.

12. Dans les modèles actuels, le gain de consommation est d'environ 25 %, ce qui, sans être négligeable, n'est pas à la hauteur du problème. La Toyota Prius, par exemple, émet 104 grammes de CO₂ par kilomètre (pour 4,3 litres aux 100 kilomètres), à peine moins que certains petits modèles à moteur classique. La Prius *full hybrid* de troisième génération, en développement, ne consommera plus que 80 grammes de CO₂ par kilomètre.

13. La Chevrolet Volt de General Motors, annoncée pour fin 2010, est l'un des modèles *plug-in* les plus avancés. Elle est propulsée par un moteur électrique mais ses batteries lithium-ion (d'autonomie limitée à 60 kilomètres, mais chargées en 3 heures sur une simple prise) sont rechargeables par un moteur d'appoint à essence en cas d'épuisement. PSA prépare aussi un modèle diesel hybride rechargeable pour 2011. Les constructeurs français négocient avec EDF pour la mise en place d'un réseau de stations de recharge.

14. Le GIEC ne lui donne pourtant qu'une place limitée dans ses projections : il couvrirait 3 % de la demande totale d'énergie du secteur des transports en 2030 dans le scénario de base, et au mieux 5 à 10 % (groupe III, mai 2007).

15. Le « flex-fuel » est un moteur mixte qui peut fonctionner au choix en mode essence ou en mode bioéthanol.

16. Ce bouleversement est récent : en 2003, la proportion de véhicules de ce type n'était encore que de 4 % des ventes. 5 millions de voitures « flex-fuel » (20 % de la flotte totale) roulent déjà au Brésil. Comme les autres voitures doivent consommer une essence incorporant obligatoirement 23 % d'alcool, la consommation d'éthanol a dépassé celle d'essence ordinaire pour la première fois en février 2008.

17. Chez Ford, Saab, Volvo, Renault et PSA, qui ont sorti des modèles en 2007 (Mégane, Peugeot 307, C4 Citroën) ; le surcoût à l'achat ne dépasse pas 1 000 euros (350 chez Ford). Plusieurs nouveaux modèles flex-fuel ont été présentés début 2008, comme la Lincoln Continental MKS de Ford, le Hummer HX et le SUV Saab 9-

4 Biopower de GM... General Motors a annoncé que d'ici 2012 cinq ans, la moitié de son offre proposera des motorisations flex-fuel.

18. Le carburant E85 contient 85 % d'éthanol, produit à partir de sucre, et 15 % d'essence. Son prix n'est que de 80 à 90 centimes le litre (83 centimes d'euros fin 2007), ce qui le rend compétitif, même en tenant compte de l'augmentation de consommation de 30 à 35 % qu'il induit. Le biodiesel (diester), produit à partir d'huile, est pour l'instant utilisé surtout en Europe.

19. Aux États-Unis, on ne trouve encore qu'un millier de stations-service équipées pour les biocarburants, surtout dans le Middle West agricole, sur 170 000 dans tout le pays. En France, le réseau de distribution d'E85, inexistant précédemment, a commencé à s'implanter ; l'objectif de 500 pompes fin 2007 fixé par une charte signée par les pétroliers en novembre 2006, a été manqué (211 en place) ; celui de 1 000 pompes fin 2008, encore bien trop faible – 1 station-service sur 13 ! – semble aussi difficile à atteindre.

20. Tous les moteurs modernes acceptent un carburant contenant jusqu'à 10 % d'éthanol. Le facteur limitant est le nombre de voitures anciennes, qui supportent plus difficilement ce mélange.

21. Jusqu'à hauteur de 30 % – c'est le combustible B30 ; il est même possible de mélanger de l'éthanol et du diesel.

22. La voie de la combustion directe d'hydrogène liquide a été choisie par BMW, Ford et Honda. Par exemple, la BMW Hydrogen 7, voiture expérimentale présentée en 2007 à grand renfort de stars, fonctionne indifféremment à l'hydrogène ou à l'essence. Elle consomme 3,4 kilos d'hydrogène aux 100 kilomètres, ce qui, avec un réservoir de 8 kilos, lui donne une autonomie de 230 kilomètres seulement sur ce mode d'alimentation ; la taille du réservoir (gros comme un cumulus, il pèse 220 kilos) reste un problème. Les ingénieurs pensent commercialiser les premières vraies voitures grand public de ce type avant 2020. La voie de la pile à combustible a pour sa part été choisie par General Motors (qui dit y consacrer 40 % de son budget de R&D), Ford (un prototype, le Edge HYSeries Drive, offrant une autonomie de 320 kilomètres, a été présenté en 2008), Toyota (une de ses voitures a parcouru sans arrêt les 550 kilomètres séparant Osaka et Tokyo, en octobre 2007), Nissan, Mercedes, Volkswagen, PSA et Fiat ; quelques dizaines de prototypes roulent déjà aux États-Unis et au Japon. Mais leur coût de revient reste trop élevé à ce stade pour un usage commercial courant.

23. Des autobus Honda relient Berkeley et Oakland, en Californie. La capitale islandaise, Reykjavik, a mis en circulation des bus à hydrogène dès 2003 ; l'exemple est progressivement suivi à Berlin, Madrid, Londres et Pékin. Les obstacles demeurent un coût plus élevé à l'achat et une autonomie limitée, mais de nouveaux modèles plus performants vont être lancés.

24. Le diesel, de plus en plus prédominant en France (à 76 %, contre 56 % en 2001), est presque ignoré aux États-Unis et au Japon. Ses défenseurs font valoir qu'il permet de réduire les émissions de gaz carbonique de 20 % environ ; mais il émet d'autres polluants : monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO₂), hydrocarbures imbrûlés et surtout microparticules ; celles-ci peuvent cependant être elles-mêmes freinées par le filtre à particules, innovation française...

25. Selon l'ADEME, les brusques à-coups de conduite consomment 40 % de carburant en plus. Une réduction de 10 km/h de la vitesse réduit la consommation de carburant de 6 à 7 % – sur autoroute, elle économise 1 litre aux 100 kilomètres.

Annexe 24

LES MESURES PUBLIQUES D'INCITATION
POUR « ROULER VERT »

1. La taxation selon la cylindrée du moteur, en vigueur en Allemagne, pourrait être prochainement remplacée par une taxation selon la quantité de CO₂ émise, selon les annonces de S. Gabriel, ministre de l'Environnement.

2. L'Espagne donne un bonus aux voitures les moins polluantes, tandis que les 4 × 4 sont surtaxés d'environ 1 200 euros. Le Danemark et les Pays-Bas réduisent plus fortement (2 600 euros) la taxe sur les petites voitures, tandis que celle des grosses cylindrées augmente de 20 %. La Suède, où les voitures « vertes » représentent 18 % du marché, verse une prime de 1 060 euros à leurs acheteurs.

3. L'« écopastille » – ristourne de 200 à 1 000 euros pour l'achat d'une voiture émettant moins de 130 grammes de CO₂ au kilomètre (environ 30 % des ventes), financée par une taxe de 200 à 2 600 euros sur les voitures qui en émettent plus de 160 au kilomètre (environ 25 % des ventes) – a été introduite début 2008. Le bonus maximal de 1 000 euros s'applique aux voitures qui émettent moins de 100 grammes aux 100 kilomètres, le malus maximal de 2 600 euros aux voitures rejetant plus de 250 grammes. Toutefois, le chiffre pris en compte pour l'application du malus a été réduit de 20 grammes en faveur des familles nombreuses et de 40 % en faveur des véhicules roulant à l'éthanol (E 85) en octobre 2008, ce qui complique singulièrement le système...

4. Cette « vignette » ressuscitée prend le relais de la surtaxe, quelque peu symbolique, imposée en juillet 2006 sur les cartes grises des seules voitures émettant plus de 200 grammes de CO₂ aux 100 kilomètres. La nouvelle taxe annuelle de 160 euros, qui s'ajoute au malus payé lors de l'achat, ne frappera que les véhicules émettant plus de 250 grammes de CO₂ par kilomètre. À l'inverse, le principe même de l'octroi d'un bonus pour les voitures peu polluantes, qui le restent plus que les transports en commun, est parfois critiqué. Mais le mieux est peut-être l'ennemi du bien...

5. Selon une enquête SOFRES de décembre 2007, 69 % des sondés pensent que le bonus/malus aura un impact sur leur prochain achat et 65 % considèrent que cette mesure « va dans le bon sens ».

6. La somme des malus perçus devait compenser les bonus versés. Mais le déplacement d'acheteurs vers les voitures bénéficiant des meilleurs bonus a dépassé les attentes : la part des voitures à bonus émettant moins de 130 grammes par kilomètre a bondi de 30 % en 2007 à 43 % au premier semestre 2008, tandis que celle des voitures frappées d'un malus régressait de 24 à 14 %. Cela a entraîné une perte pour l'État d'environ 150 millions d'euros. Fâcheuse budgétairement (mais il suffirait de déplacer les paramètres), cette perte traduit le succès écologique de la mesure.

7. Malgré des difficultés de démarrage, la visibilité de la question des rejets de CO₂ par kilomètre parcouru est maintenant forte ; les campagnes des constructeurs la renforcent.

8. L'âge moyen des voitures françaises, qui a augmenté d'un an depuis dix ans et de deux ans depuis 1990, est de huit ans. Les voitures de plus de dix ans représentent un tiers du parc (10 millions sur 30), mais 60 % des émissions polluantes ; elles émettent donc quatre fois plus de GES en moyenne que les modèles récents.

9. La « prime à la casse » ou « superbonus », versée depuis le 5 décembre 2007 pour la mise au rebut d'une voiture de plus de quinze ans, a été portée de 300 à 1 000 euros et

étendue aux voitures de plus de dix ans fin 2008. À la différence de la « juppette » de 1996 (succédant elle-même à la « balladurette » de 1994), elle est réservée aux voitures particulières et utilitaires légers émettant moins de 160 grammes de CO₂ par kilomètre.

10. Le bonus versé par le gouvernement italien est de 700 euros pour tout échange d'un vieux véhicule (immatriculé avant 1997) polluant contre un neuf émettant moins de 140 grammes de CO₂ au kilomètre.

11. Obligatoire depuis mai 2006, cet étiquetage classe les automobiles en 7 catégories, de A pour les plus propres (moins de 100 grammes de CO₂ aux 100 kilomètres) à G pour les plus polluantes (plus de 250 grammes), sur le modèle de l'électroménager.

12. Ce crédit d'impôt de 5 000 euros attribué aux acheteurs de véhicules émettant moins de 60 grammes de CO₂ par km est déductible des montants à payer au fisc, ou versé en liquide pour les personnes non imposables. Sa prolongation au moins jusqu'en 2012 et son extension aux utilitaires légers ont été annoncées en octobre 2008, en même temps que le déblocage d'une enveloppe de 400 millions d'euros pour accélérer la recherche/développement de nouveaux modèles.

13. Plus généreux, les Pays-Bas offrent 5 000 euros aux acheteurs de simples hybrides thermique/électrique.

14. Londres applique le péage urbain depuis février 2003 sur environ 21 km², sous vidéosurveillance. En 2007, cette zone a été doublée vers l'ouest ; le tarif été presque triplé en février 2008, passant à 25 livres sterling (33 euros) pour les véhicules émettant plus de 225 grammes de CO₂ au kilomètre. À Stockholm, le péage couvre toute la ville. À Rome, l'accès au centre historique n'est autorisé que pour certains véhicules, qui doivent s'acquitter d'une taxe. À Milan, le péage, mis en œuvre en semaine depuis janvier 2008, varie de 2 à 10 euros selon que le véhicule est plus ou moins polluant ; les voitures électriques ou hybrides en sont dispensées. Oslo et quatre autres villes norvégiennes ont instauré des péages à l'entrée.

15. Depuis janvier 2008, les voitures circulant dans ces trois villes doivent arborer une vignette verte, orange ou rouge, selon le niveau de rejet de particules fines, qui détermine les zones dans lesquelles elles sont autorisées à circuler.

16. Les Verts parisiens ont proposé de rendre payants le périphérique et les autoroutes franciliens – et non, curieusement, l'accès au centre-ville – pour financer les transports collectifs. Après avoir envisagé de faciliter la mise en place de péages urbains par les villes françaises qui le souhaitent, les lois Borloo ont finalement écarté cette idée.

17. À Shanghai par exemple, l'acquisition d'une plaque d'immatriculation coûte la moitié du prix d'une voiture, et le nombre de nouvelles plaques est strictement plafonné chaque année. Le maire de la ville-champignon de Shenzhen a appelé ses concitoyens à « ne plus acheter de voitures »... En outre, la circulation alternée (par exemple, les plaques minéralogiques paires un jour, impaires le lendemain) est appliquée lors des pics de pollution.

18. La circulation alternée a été expérimentée dans la capitale chinoise dès août 2007 et imposée aux automobilistes de la capitale à l'occasion des JO de 2008.

19. Les constructeurs allemands, fabriquant de grosses cylindrées, ont plaidé, avec le soutien de leur gouvernement, pour des plafonds différents selon les catégories de voitures, au lieu d'un plafond moyen unique par groupe automobile. Les Italiens ont aussi émis de fortes réserves. D'où les assouplissements retenus (voir notes 21 à 23 ci-après) et confirmés par le Sommet européen du 16 décembre 2008.

20. Le chiffre officiellement avancé n'est pas de 130 mais de 120 grammes par kilomètre, car la Commission européenne estime qu'on peut gagner 10 grammes de plus au kilomètre par des efforts sur les pneumatiques, la climatisation des véhicules et les biocarburants. La cible, plus lointaine, annoncée pour 2020 est de 95 grammes par kilomètre, mais les mesures pour y parvenir restent dans les limbes...

21. Au lieu d'une application du plafond de 130 grammes par kilomètre à 100 % dès 2012, 65 % seulement des voitures neuves devront y satisfaire en 2012, puis 75 % en 2013, 80 % en 2014 et 100 % en 2015.

22. Chaque constructeur devra respecter l'objectif non par marque mais pour la moyenne de ses ventes en Europe, et pourra former un pool avec d'autres, plus sobres, pour réduire sa moyenne. Les objectifs d'émissions sont aussi modulés en fonction du poids des modèles de la flotte de chaque firme, comme le souhaitaient les Allemands : pour atteindre la moyenne européenne de 130 grammes par kilomètre en 2012, Volkswagen devra réaliser 133 grammes par kilomètre et BMW ou Daimler (Mercedes) 137, mais Renault et PSA 127 et Fiat 122.

23. Le barème, assez dissuasif, adopté en décembre 2008 par le Parlement et le Conseil européen est de 95 euros par gramme et par kilomètre de dépassement et par voiture dès 2012. Mais il ne s'appliquera qu'à partir du quatrième gramme ; la pénalité ne sera que de 5 euros pour le premier gramme de dépassement, 15 euros pour le second et 25 euros pour le troisième. Ce système obligera les constructeurs à déboursier plusieurs milliards d'euros, selon le ministre de l'Économie allemand – outre des investissements annuels de 15 milliards d'euros à l'échelle européenne pour tenir les nouvelles normes, d'après A. T. Kearney et Crédit suisse.

24. La consommation moyenne des constructeurs européens de 2007 était de 158 grammes par kilomètre, en réduction de trois grammes par kilomètre seulement sur 2005... Les Français sont à 144 grammes par kilomètre. Les groupes allemands sont les plus mal placés : 163 grammes par kilomètre en moyenne pour Volkswagen, 170 pour BMW, 181 pour Daimler en 2007, selon T&E et Crédit suisse.

25. La loi CAFE, promulguée le 19 décembre 2007, demande à l'industrie automobile de réduire de 40 % la consommation de carburants d'ici à 2020, pour contribuer à la baisse de 20 % des émissions totales de GES à l'horizon 2030 : les véhicules devront parcourir en moyenne 35 miles (au lieu de 25) par gallon de 3,78 litres, ce qui équivaut à 6,8 litres aux 100 kilomètres. Le volume d'éthanol utilisé comme additif de l'essence sera multiplié par cinq d'ici à 2022, et un soutien est accordé aux biocarburants de deuxième génération, tirés d'herbages et de copeaux de bois (voir chapitre IV).

Annexe 25

UNE DÉPENDANCE EXCESSIVE AUX COMBUSTIBLES FOSSILES

1. Les réserves connues de gaz s'élèvent à 181 trillions (milliers de milliards) de m³, soit environ 160 milliards de TEP, pour une consommation annuelle de 2 900 milliards de m³.

2. Avec une consommation mondiale de 4,1 millions de tonnes par an pour des réserves connues (prouvées ou probables) de 190 milliards de tonnes de pétrole, celles-ci couvrent quarante-six ans de consommation à son niveau actuel. Cependant, l'AIE prévoit une augmentation d'un tiers de cette consommation sur les vingt prochaines années : elle approcherait 6 milliards de tonnes en 2030 (116 milliards de barils par jour, contre 84 en

2005 et 87 en 2008) dans le scénario de base ; bien plus faible dans le scénario alternatif (103 millions de barils par jour), elle serait tout de même encore en hausse de 19 % par rapport au niveau actuel. Les pétroliers eux-mêmes pensent qu'il sera en fait difficile de dépasser 100 millions de barils par jour, soit un peu plus de 5 milliards de tonnes annuelles – un « plateau déjà très ambitieux et qui sera difficile à tenir », selon le patron de Total, C. de Margerie (déclaration de juin 2008). L'AIE est en train de réviser ses prévisions à la baisse.

3. Les nouveaux gisements découverts ont constamment repoussé l'horizon de l'épuisement des réserves, alors que le Club de Rome annonçait, en 1970, leur fin pour l'an 2000 ! Il faut donc se garder de toute prévision malthusienne, comme celle que vient d'afficher l'ONG Energy Watch Group, pour qui les réserves mondiales réelles ne seraient que de 130 milliards de tonnes (en raison d'une surestimation de moitié des réserves du Moyen-Orient) et le pic de production aurait été atteint dès 2006 ! D'autres experts, comme l'Association for the Study of Peak Oil, situent ce pic en 2011. Ces scénarios de pénurie omettent l'effet des progrès techniques dans l'exploration et la production, qui seront stimulés par les prix élevés. À l'inverse, D. Yergin, fondateur du Cambridge Energy Research Associates, voit la production pétrolière augmenter encore de 20 % et situe le pic entre 2030 et 2040.

4. Sans suivre les évaluations pessimistes précitées, les meilleurs experts considèrent que les gisements encore à découvrir ne peuvent guère dépasser 200 milliards de tonnes. Les réserves pétrolières totales se situeraient donc à un peu moins de 400 milliards de tonnes – soit au mieux un siècle de consommation à son niveau actuel, et à condition que celle-ci n'augmente plus du tout ! Les réserves de gaz restant à découvrir semblent plus importantes – jusqu'à deux siècles de consommation actuelle.

5. Les nouvelles découvertes se font plus rares et se situent souvent dans les gisements sous-marins de l'« offshore profond » (on dépasse maintenant 2 kilomètres sous les eaux – le milliard de tonnes de réserves trouvées fin 2007 à Tupi, au large du Brésil est à 6 kilomètres de profondeur !).

6. L'extraction des sables asphaltiques de l'Athabasca et schistes bitumineux, dont le Grand Ouest canadien recèle de vastes quantités (60 milliards de tonnes récupérables avec de nouvelles technologies) nécessite énormément d'énergie, car il faut chauffer le bitume ; l'opérateur Bruce Power vient de demander l'autorisation officielle d'installer quatre centrales nucléaires (4,4 GW de puissance) à proximité pour fournir le courant ! Il en va de même pour les huiles lourdes de l'Orénoque, au Venezuela (50 milliards de tonnes récupérables ?), d'Iran, de Sibérie... Cela entraînera un niveau élevé de pollution, à moins d'efforts particulièrement onéreux de traitement : l'AIE estime le prix nécessaire pour rentabiliser ces productions à 40 dollars le baril pour les huiles lourdes et sableuses, 60 dollars dans l'Arctique, 70 dollars pour les schistes bitumineux. Les projets se multiplient néanmoins : 41 milliards de dollars doivent être investis dans les prochaines années en Alberta, dont 6 par Total.

7. Voir chapitre IV, note 51. L'idée est de faire « digérer » les hydrocarbures à longue chaîne qui composent ces huiles lourdes par des bactéries anaérobies (sans oxygène) qui, dûment « dopées » en sels minéraux, les transformeraient en une dizaine d'années en gaz naturel (méthane), plus facile à exploiter et relativement moins polluant, les bitumes et le soufre restant en sous-sol. Les réserves colossales de sables bitumineux du Canada (300 milliards de tonnes ?) pourraient ainsi être exploitées avec moins de danger.

8. En 2006, l'Union européenne dépendait des importations pour 85 % de son pétrole (647 millions de tonnes importées), 65 % de son gaz naturel et 66 % de ses besoins totaux en énergie, selon Eurostat.

9. Cette concentration est d'autant plus frappante que cinq pays seulement possèdent à eux seuls l'essentiel des gisements pétroliers : l'Arabie Saoudite (25 % des réserves mondiales), l'Irak (11 %), les Émirats et le Koweït (9 % chacun) et l'Iran (8,5 %). L'AIE prévoit d'ailleurs un accroissement de la part de l'OPEP dans la production. Pour le gaz naturel, la Russie possède à elle seule 26 % des réserves mondiales et se partage, avec l'Iran et le Qatar, plus de la moitié des réserves connues. Les réserves de charbon (950 milliards de tonnes) sont bien mieux réparties : les pays de l'OCDE possèdent 45 % du total mondial, mais des PVD tels que l'Inde et la Chine, qui détiennent ensemble le quart des réserves du globe, sont bien dotés ; cependant, le grand pays qu'est le Brésil ne dispose que de vingt fois moins de réserves que les États-Unis (1,2 % du total mondial contre 26 %).

10. Ce cartel des grands exportateurs passerait de 42 % de la production mondiale actuellement à 52 % en 2030 dans le scénario de référence de l'AIE ; dès à présent, l'offre de pétrole hors OPEP n'augmente que de 1 % par an, deux fois moins vite que la demande totale de pétrole. Quant aux exportations, l'OPEP en contrôle déjà plus de la moitié (54 % en 2006) ; sa part atteindrait les deux tiers en 2030.

11. La hausse record des cours au premier semestre 2008 (un triplement en trois ans) ne doit pas faire oublier les deux grands chocs pétroliers de 1973 et 1980, qui ont décuplé les prix du pétrole et freiné la croissance mondiale. Au demeurant, en dollars constants la hausse du pétrole est bien moindre (voir la courbe page 108).

12. L'Inde suivra la même pente : ses importations de pétrole tripleraient pour atteindre 320 millions de tonnes en 2030. L'Asie absorbe à présent déjà autant de pétrole que l'Amérique du Nord.

Annexe 26

LE PROBLÈME DU STOCKAGE DU GAZ CARBONIQUE CAPTURÉ

1. La rentabilité du stockage du CO₂ serait améliorée par ces opérations de « lessivage » des gisements, accroissant le taux de récupération des réserves pétrolières, où le CO₂ injecté est réémis mais fait l'objet d'un stockage définitif en fin de parcours.

2. Les aquifères sont des couches rocheuses ou sableuses imbibées d'eau saumâtre. Leur capacité, très supérieure à celle des gisements pétroliers ou charbonniers, atteindrait 10 000 milliards de tonnes de CO₂. Une simulation du BRGM sur sept mille ans montre qu'à ce terme, le gaz carbonique finit par se dissoudre complètement dans l'eau salée de l'aquifère (*American journal of Science*, octobre 2007).

3. Le stockage peut alors se faire à plus faible profondeur, car il repose sur l'absorption de CO₂ par la houille, mais la faisabilité dépend largement de la perméabilité des roches environnantes ; le procédé n'est donc pas encore sûr.

4. Il s'agit de trois programmes de stockage d'envergure industrielle en Norvège, dans une formation saline sous-marine du gisement de Sleipner (1 million de tonnes de CO₂ stockées annuellement), du projet de Weyburn où du CO₂ produit aux États-Unis par une usine de gazéification du charbon est transporté pour être enfoui au Saskatchewan

(Canada – 10 millions de tonnes de CO₂ déjà stockés), et de celui d'In Salah en Algérie. Tous ces projets sont associés à des gisements pétroliers et permettent de récupérer 15 à 20 % de pétrole qu'on ne pouvait plus pomper.

5. Introduction du projet de directive européenne sur le CSC, texte de février 2008.

6. La Commission de Bruxelles voudrait aussi parvenir à établir d'ici 2015 des normes de certification des opérations de séquestration.

7. Les douze prototypes prévus pour le CSC sont des centrales de 400 MW, chacune évaluant un type différent de captage et de réservoirs. Leur coût total serait de 6 milliards d'euros, mais le financement n'est pas encore réuni. Des démonstrations doivent démarrer en Allemagne et en France. Le Suédois Vattenfall réalisera une centrale à charbon de 470 MW avec récupération complète du CO₂ à Aalborg au Danemark, en partenariat avec Gaz de France ; le BRGM testera aussi le CSC sur une centrale au charbon, avec enfouissement dans le grand aquifère du bassin parisien. Le projet Castor (captage/stockage du CO₂), piloté par l'IFP avec une trentaine de partenaires de onze pays à la centrale d'Esbjerg, au Danemark, utilise un solvant, à base d'amine, pour piéger le dioxyde de carbone ; il doit cependant être régénéré, ce qui entraîne une assez forte dépense d'énergie.

8. Par ailleurs, l'UE finance la construction en Chine d'une centrale électrique au « charbon propre ».

9. Ces actions relèvent des États membres, en vertu du principe de « subsidiarité ». Néanmoins, la Commission européenne donnera son avis sur toutes les demandes de stockage et participera à la surveillance.

10. Le projet de Claye-Souilly (Seine-et-Marne), conduit par Veolia, est associé à un programme de production de biogaz à partir de déchets (voir chapitre IX) ; le CO₂ sera capté et réinjecté à 1 500 mètres de profondeur ; le coût du procédé reste cependant très incertain : la fourchette est de 25 à 80 euros par tonne. Total a aussi un programme de CSC, à Lacq.

11. Le projet-pilote allemand de Ketzin (à 30 kilomètres de Berlin) stockera le dioxyde de carbone d'une usine chimique voisine, mais en petite quantité et pour un coût total (captage, transport et stockage) de plus de 40 euros la tonne. Plus ambitieux, le programme conduit à Spremberg par le groupe suédois Vattenfall utilise l'oxycombustion pour piéger le CO₂ émis par une centrale électrique au charbon et le stocker, après liquéfaction, dans un réservoir souterrain situé en Saxe-Anhalt, à 350 kilomètres. En cas de succès de l'expérience, deux centrales équipées de CSC, d'une puissance unitaire de 500 MW, seront construites dans le Brandebourg et au Danemark d'ici 2015. RWE projette une centrale du même type près de Cologne pour 2014 ; Eon a aussi des projets.

12. Le dioxyde de carbone capturé et stocké sera comptabilisé en crédit et pourra être vendu sur le marché ETS pour compenser des dépassements de quotas d'émissions.

13. En revanche, la Chine et l'Inde sont assez peu pourvues de sites favorables. Selon un rapport du Club d'ingénierie prospective énergie-environnement publié en 2005, « les deux tiers des centrales à charbon qui vont être construites dans les décennies à venir [souvent en Chine ou en Inde] se situent dans des zones où les possibilités de stockage de CO₂ sont faibles ». Ces pays ne pourront donc pas recourir au CSC autant que d'autres.

14. Le risque n'est pas nul : le gaz carbonique est dangereux à plus de 4 % de concentration dans l'air ; en 1986, la fuite massive d'une nappe de CO₂ échappée du fond d'un lac voisin a tué 1 746 riverains camerounais.

15. La proportion du gaz restant durablement retenue dans des sites convenablement choisis resterait supérieure à 99 % « très probablement » pendant cent ans, et « probablement » pendant mille ans – durée suffisante, selon les études, pour une stabilisation complète de l'atmosphère –, voire beaucoup plus. Des écologistes craignent cependant des fuites lors du transport, ou la contamination des sites aquifères dans lesquels sera injecté le gaz carbonique.

16. Les carbonates minéraux seraient obtenus à partir de silicates, mais moyennant un coût élevé en l'état actuel des techniques, de sérieuses nuisances pour le voisinage (air, eau) et un important apport d'énergie : il faudrait probablement *doubler* la quantité d'énergie utilisée par une centrale électrique utilisant ce procédé de stockage.

17. Outre le risque de fuites et de réémission du CO₂ stocké, le principal danger serait une acidification supplémentaire des eaux marines, nuisible aux coraux, au plancton, etc. Le projet de directive européenne sur le CSC interdit expressément le stockage du gaz capturé dans l'eau ou sur le fond, mais le permet dans des couches géologiques profondes sous le lit de la mer.

Annexe 27

LES DÉCISIONS PUBLIQUES EN FAVEUR DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

1. L'Union européenne et l'Amérique latine proposaient alors de retenir un objectif de 15 % d'ici à 2010.

2. Les experts européens estiment à au moins 100 milliards d'euros, voire 200 milliards pour un prix du baril de pétrole à 100 dollars, les économies sur les importations d'énergie des pays de l'UE à attendre de la baisse programmée de 20 % de la consommation d'énergie primaire.

3. Une directive de septembre 2001 prévoyait déjà de faire passer la part d'énergie *électrique* renouvelable de 17 % en 2001 à 22 % en 2010 pour la moyenne de l'Union européenne. Il s'agira désormais de faire passer la part des énergies renouvelables, au cours de la décennie suivante, à 33 % de la consommation électrique, et 20 % de la consommation *énergétique* globale de l'UE. Cet objectif n'est imaginable que dans des pays très avancés. En Europe, seuls les pays scandinaves, la Suisse et l'Autriche dépassent aujourd'hui de tels niveaux, grâce à l'hydroélectricité. Quelques PVD (Mexique, Turquie...) atteignent aussi 20 % de sources électriques renouvelables.

4. La France, qui a actuellement une part d'énergies renouvelables (11 % hors nucléaire) plus élevée que la moyenne européenne, devra porter cette part à 23 %. L'objectif fixé à l'Allemagne est de 18 %, contre 15 % pour le Royaume-Uni, 17 % pour l'Italie, 20 % pour l'Espagne, 15 % pour la Pologne, mais 49 % pour la Suède. Les pays seront libres de répartir leurs efforts entre les différentes sources ; chacun d'entre eux devra soumettre son plan d'action avant juin 2010 à la Commission européenne, qui contrôlera tous les deux ans le respect d'objectifs intermédiaires ; une révision limitée pourra intervenir à mi-parcours, en 2014. Les projets peuvent être financés en commun ou en coopération avec d'autres pays de l'UE, et un système d'échange de certificats d'origine renouvelable est établi.

5. De nouveaux efforts substantiels devront être faits. Le « scénario énergétique de référence » publié en avril 2008 par la DGEMP montre que le simple maintien des

mesures déjà en place conduirait la part des ENR à plafonner entre 13 et 14 % entre 2020 et 2030 et les importations de gaz à augmenter de moitié ; à elle seule, la production électrique générerait 2,7 % de CO₂ en plus chaque année sur la période considérée. La prévision, qui n'intègre pas l'effet des décisions de principe prises par le Grenelle de l'environnement, montre à quel point celles-ci sont nécessaires. Curieusement, elles n'ont retenu pour 2020 qu'une part de 20 % d'ENR (ce qui économiserait déjà 20 millions de TEP), d'où la contestation officielle initiale de l'objectif de 23 % proposé par Bruxelles.

6. L'objectif initial de 25 % d'ENR a été porté à 27 %, puis à 30 % par le ministre allemand de l'Environnement, S. Gabriel, en avril 2008 ; un tel niveau risque d'être difficile à atteindre.

7. La loi allemande sur les énergies renouvelables a été modifiée en juin 2008 pour passer la subvention sur le kilowattheure d'origine éolienne de 9 à 15 *cents*. Les investissements sont aussi stimulés par des prêts publics à dix ans à taux préférentiels et des aides aux parcs offshore. Ce secteur se développe rapidement : les trois quarts des éoliennes exportées dans le monde sont allemandes.

8. Le gouvernement s'est seulement engagé devant la Chambre de communes, tout en relançant l'énergie nucléaire, à tripler la part des énergies renouvelables (4,4 % seulement actuellement) pour la porter à 15 % de la production électrique. G. Brown a annoncé en juillet 2008 un plan massif d'investissements en ENR : 120 milliards d'ici 2020.

9. Pour faciliter ces aides à la production d'ENR, la Commission européenne a relevé, en janvier 2008, le plafond des aides étatiques autorisées à 50-60 % pour les grandes entreprises et 70-80 % pour les PME.

10. Selon le ministère allemand de l'Environnement. Les Pays-Bas ont choisi une voie inverse en ne soutenant que la recherche pour faire baisser les coûts, mais non la production elle-même.

11. Les modes de production d'électricité aux États-Unis sont particulièrement polluants, car le charbon en représente aujourd'hui 51 % (contre 20 % pour le pétrole et le gaz). Même une substitution limitée d'ENR sera un grand progrès.

12. Le programme électoral du nouveau président américain proposait de supprimer les réductions d'impôts accordées à l'industrie pétrolière et gazière, d'investir 150 milliards de dollars en dix ans pour développer les énergies « propres » et de porter la proportion d'ENR dans la production électrique à 25 %, mais en 2025 seulement.

13. Même un vieil État charbonnier et sidérurgique comme la Pennsylvanie par exemple s'est fixé pour objectif de produire 18 % de son électricité à partir d'ENR à l'horizon 2018.

Annexe 28

ÉNERGIES RENOUVELABLES ET BESOINS EN ÉLECTRICITÉ

1. Il manquerait déjà actuellement 70 GW de puissance de pointe en Chine, soit l'équivalent des deux tiers des capacités françaises. À l'horizon 2030, le besoin à combler atteint 1 300 GW ; les 27 pays de l'Union européenne se contenteront de moitié moins. En ce qui concerne la France, la puissance installée est de 112 GW (en 2007). Le bilan prévisionnel publié par le réseau public de transport RTE prévoit un besoin de capacité supplémentaire limité à 24 GW d'ici 2020, correspondant à une demande en ralentissement : + 1,3 par an jusqu'en 2010, puis + 1 % par an seulement.

2. En 2006, 40 % de l'électricité mondiale ont été produits à partir de charbon, et 26 % à partir d'autres combustibles fossiles, le nucléaire et l'hydroélectricité ne représentant chacun que 16 %, et les énergies nouvelles un maigre 1 %. 80 % de l'électricité chinoise, mais aussi la moitié de l'électricité consommée aux États-Unis, sont à base de charbon.

3. Malgré une belle progression. L'investissement mondial dans les énergies renouvelables a presque triplé en deux ans, atteignant 71 milliards de dollars en 2006 contre 27 milliards en 2004 ; mais il représente encore moins de 20 % du total.

4. Les énergies renouvelables (hydroélectricité incluse) ont apporté 3 300 TWh en 2005, soit 18 % de la production électrique mondiale ; mais, du fait de la relative stagnation de l'énergie hydraulique et malgré les progrès des énergies nouvelles, leur part a reculé de deux points : elle était encore de 20 % en 1994. En France, les énergies renouvelables ont apporté 11,6 % de la production électrique en 2007 (contre 15 à 20 % dans les années 1990), dont 10,3 % pour l'hydraulique, 0,7 % pour l'éolien et... 0,01 % pour le solaire (le reste vient du bois, du biogaz et des déchets urbains).

Annexe 29

LES PROGRÈS DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LE MONDE

1. Le chauffage solaire est réalisé par des serres vitrées couvrant des substances absorbantes comme le « noir de chrome ». Il faut environ 4 m² (un investissement de 2 000 à 4 000 euros) pour couvrir les besoins d'eau chaude d'une famille de 4 personnes ; une quinzaine de m² assurent l'essentiel de la chaleur d'une maison individuelle, réduisant la facture de chauffage de plus de moitié, mais un chauffage d'appoint reste nécessaire.

2. La centrale de Saint-Denis de la Réunion, inaugurée en 2006, est d'une puissance de 2 MW. Celle de Narbonne, mise en service fin 2008, offre une puissance de 7 à 10 MW. La première tranche d'une centrale de 15 MW construite par Powéo près de Perpignan sera livrée fin 2008 ; un autre projet réalisé par Suez à Curbans, en Provence, comptera 200 000 panneaux solaires sur 300 hectares, fournissant une puissance de pointe de 40 MW pour un coût d'un peu plus de 20 centimes d'euros par kWh.

3. Cette centrale de 2 MW, construite dans les Pyrénées près de Font-Romeu, est dotée de miroirs solaires paraboliques orientables (héliostats) qui concentrent le rayonnement, amplifié grâce à des lentilles de Fresnel. Elle avait dû être arrêtée au bout de trois ans (1983-1986), faute de réussir à produire de l'électricité dans des conditions rentables. Les nouveaux prix de l'énergie et le progrès technique permettent de la faire redémarrer dès 2009 ; une étude est en cours pour porter la puissance installée à 10-12 MW.

4. Les États-Unis ont de nombreux projets de centrales thermosolaires dans l'Ouest : 5,6 GW sont prévus en 2012.

5. Les projets se sont si bien multipliés que le gouvernement espagnol a décidé, courant 2008, de plafonner à 400 MW la puissance solaire à installer chaque année et de réduire de 25 à 30 % la subvention tarifaire accordée à l'électricité d'origine solaire (elle était achetée jusque-là 45 centimes d'euros le kWh), tout en privilégiant les panneaux installés en toiture. Malgré ce freinage, la puissance solaire installée en Espagne atteint 1 800 MW en 2008 et serait portée à 10 GW d'ici 2020.

6. L'Espagne construit à Sanlúcar, près de Séville le plus grand complexe d'Europe : 8 tours solaires, dont la première (155 mètres, 11 MW) concentre la lumière de 624 miroirs de 121 m² chacun, répartis sur 70 hectares ; le coût de production serait ramené à 17 centimes d'euros par kWh. Le projet encore plus spectaculaire d'une tour de 1 000 mètres, en Australie du Sud-Est, alimentée par le flux d'air chaud engendré par des miroirs concentriques et une serre de 5 km² au sol, donnant une puissance de 200 MW, a été abandonné fin 2006 faute d'investisseurs.

7. Ce tarif, garanti pendant vingt ans, est de 30 centimes le kWh (40 en Corse et dans les DOM), prix double de celui appliqué jusqu'en 2005. Il est même porté à 55 centimes le kWh pour les installations intégrées dans le bâti (tuiles photovoltaïques...), alors que le prix du kWh vendu par EDF n'est que de 4 à 5 centimes hors taxes.

8. Le crédit d'impôt (montant déductible des impôts à payer, ou versé par l'État pour les personnes non imposables) instauré à partir de 2006 par la loi sur l'énergie de juillet 2005 couvre les dépenses d'équipement solaire (hors frais d'installation) dans la limite de 16 000 euros d'investissement pour un couple. Grâce à ces avantages, un équipement solaire se rentabiliserait en douze ans dans le nord de la France, et huit ans dans le sud. Certaines entreprises proposent une installation couplée à un prêt, qui se rembourse grâce aux économies réalisées.

9. À ces 50 000 toitures s'ajouteraient 200 000 chauffe-eau solaires. Les toitures solaires, installées sur la face sud des maisons, combinent les fonctions de couverture, de production d'électricité (dont une partie est vendue au réseau) et de chauffage, permettant d'obtenir des logements « à énergie positive » pour un surcoût de 5 % environ, qui pourrait être ramené à terme à 3 %. Même le fameux stade Geoffroy-Guichard de Saint-Étienne vient d'être équipé de 2 600 m² de panneaux solaires (voir aussi annexe 8).

10. Le but est de disposer en 2020 de 5,4 GW de puissance solaire installée.

11. Avec seulement 323 000 m² de nouveaux capteurs installés en 2007 et un stock total d'environ 1 million de m², notre pays est très en retard sur l'Allemagne, qui a installé 1,5 million de m² de panneaux en 2007 et dispose de plus de 40 % des surfaces existantes en Europe (8,5 millions de m² sur 20 millions).

12. Le kWh de source solaire était payé 46 à 60 centimes d'euros en Allemagne, contre 20 centimes pour une source traditionnelle. Le succès a été tel que ce surtarif a pu être réduit de 5 % en 2008 ; il le sera de nouveau de 9 à 11 % en 2009.

13. L'Allemagne lance à Leipzig, pour fin 2009, un projet de 60 MW, alimenté par non moins de 550 000 panneaux solaires serrés sur 40 hectares, mais avec un coût de revient assez élevé (environ 30 centimes d'euros par kWh). La plus grande centrale photovoltaïque du monde, d'une puissance de 12 MW, est le Solarpark de Fribourg.

14. L'objectif de ce programme de 3 milliards de dollars adopté en 2006, l'Initiative solaire, est de couvrir 5 % des besoins d'électricité californiens par l'énergie du Soleil d'ici dix ans, avec une puissance installée de 3 GW (3 000 MW). En outre, les producteurs d'électricité devront générer 20 % de leur énergie avec le solaire dès 2010. 3 centrales à miroirs cylindro-paraboliques de Luz Corp. fournissent déjà une puissance de pointe de 350 MW au réseau électrique de Los Angeles durant les après-midi d'été, où les besoins de climatisation sont forts. Une centrale solaire de 64 MW fonctionne dans le Nevada, avec des coûts de production du kWh réduits à 0,14 dollar.

15. Le parc installé actuel est d'1,7 GW ; il passerait à 3,4 dès 2010 ; le programme à long terme défini par l'Agence japonaise pour les nouvelles technologies de l'énergie

(Nedo) met l'accent sur la recherche et les investissements ; il conduirait à une capacité installée de plus de 100 GW en 2030, fournissant un dixième de l'électricité du pays.

16. La subvention aux foyers s'équipant de panneaux photovoltaïques, supprimée en 2004, a été rétablie en 2008 ; son montant (1 670 euros) couvre à peu près 10 % du coût d'une installation. L'objectif est de décupler la puissance solaire actuelle (1,4 GW) et de voir 80 % des maisons neuves être équipées en 2030. Des centrales électriques solaires commencent aussi à se construire au Japon.

Annexe 30

LES EFFORTS PUBLICS POUR PROMOUVOIR LES BIOCARBURANTS

1. Certains écologistes, les Italiens et les Britanniques proposaient un moratoire sur les biocarburants de première génération. La Commission européenne a préféré élargir l'objectif de 10 % d'utilisation dans les transports à toutes les énergies renouvelables (y compris voitures électriques ou à hydrogène), ce qui réduit un peu la part des biocarburants. Le sous-objectif de 4 % pour ces deux derniers types d'énergies renouvelables proposé par le rapporteur du texte n'a pas été retenu par les ministres, mais l'électricité renouvelable utilisée pour les voitures sera créditée pour 2,5 fois son apport. Un objectif intermédiaire de 5 % d'énergies renouvelables dans les transports en 2015 est retenu et une révision à mi-parcours interviendrait entre 2015 et 2017.

2. Les objectifs européens remontent à une directive de mai 2003, qui prévoyait un taux d'incorporation obligatoire de biocarburants dans l'essence et le gazole de 2 % fin 2005 et 5,75 % fin 2010 et autorisait des exonérations fiscales. L'élargissement de l'engagement à l'énergie électrique a été décidé en 2008.

3. L'OCDE a estimé que l'engagement européen supposerait de convertir 72 % des terres cultivées ; ce chiffre paraît très surévalué, mais des importations seront en tout état de cause nécessaires.

4. La deuxième directive agrocarburants, en préparation, intégrera l'exigence d'une écocertification assurant que le bilan énergétique est positif (économie d'au moins 35 % par rapport aux carburants classiques, portée à 45 % en 2013 et 50 % à partir de 2017), les pollutions limitées, la déforestation et la mise en culture de prairies, marécages ou zones protégées évitée. Les biocarburants de deuxième génération ou issus de terres dégradées, non utilisables pour des cultures vivrières, seront crédités pour le double de leur apport.

5. Les aides aux biocarburants français restent élevées : la TIPP est réduite de 25 centimes par litre pour le biodiesel et 33 centimes pour l'éthanol, soit une perte budgétaire de 275 millions d'euros en 2006. En outre, la taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) frappera progressivement (jusqu'à 5 centimes par litre en 2010) les distributeurs qui ne respecteraient pas le taux d'intégration progressive de biocarburants. L'aide fiscale est supérieure en Allemagne (47 centimes par litre pour le biodiesel).

6. L'objectif pour notre pays est d'ajouter au 1,1 million de TEP apporté par les cultures actuelles (sur 700 000 hectares de colza et 400 000 hectares de céréales et de betteraves) 3 millions de TEP d'ici 2020, surtout sous forme de biodiesel, ce qui suppose la mise en culture de 2 millions d'hectares de colza ou d'autres oléagineux et d'environ 500 000 hectares pour l'éthanol. Si l'on déduit les 1,7 million d'hectares actuellement en

jachère, la concurrence avec les autres cultures ne jouerait que sur 1 million d'hectares. À l'échelle européenne, la capacité actuelle atteint 15 millions de tonnes d'agrocarburants.

7. Le ministre de l'Environnement, S. Gabriel, a annoncé en avril 2008 le report de cet objectif, du fait de la présence de 3,5 millions de voitures qui ne supporteraient pas ce mélange ; il faudra attendre... 2020 et l'arrivée massive des biocarburants de deuxième génération, moins corrosifs. En revanche, le passage à 7 % du taux de biodiesel dans le gazole est confirmé.

8. L'objectif fixé pour 2012 supposait d'augmenter des deux tiers la capacité de production d'éthanol, soit 28 millions de m³, contre 16 en 2005. Le nouvel objectif ferait encore quintupler la production d'ici 2022, pour atteindre 136 millions de m³. Les cultures dédiées aux biocarburants pourraient alors couvrir 30 % des terres cultivées aux États-Unis, ce qui paraît excessif.

9. Les États-Unis ont déjà mis en place un programme d'1,1 milliard de dollars de subventions pour le développement de la filière de production d'éthanol à partir de la cellulose. L'État de Californie a son propre programme de soutien.

Annexe 31

LA PRODUCTION D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE CIVILE DANS LE MONDE

1. Les importations représentent plus de 60 % de la consommation de pétrole américaine, contre 36 % dans les années 1970, à l'époque du premier « choc pétrolier ». Les périls pour l'environnement d'une surexploitation des réserves pétrolières de l'Alaska ou des sables bitumineux du Canada, s'ajoutant à une perception croissante des dangers du réchauffement climatique, ont fait comprendre la nécessité de relancer l'énergie atomique, ne serait-ce que pour maintenir sa part actuelle dans le bouquet énergétique américain.

2. En 2006, le charbon a fourni 50 % de l'électricité américaine, le nucléaire 20 %, le gaz 18 %, le pétrole 3 %, l'hydraulique 7 % et les autres énergies renouvelables 2 %.

3. Les 6 000 premiers mégawatts construits bénéficieront d'une aide fiscale ; les surcoûts dus aux retards des chantiers pourront être partiellement indemnisés ; les responsabilités en cas d'accident ont été limitées ; etc.

4. La commande à Westinghouse (filiale du japonais Toshiba) de 2 réacteurs de 1 100 MW chacun de type APR 1000 sur le site de Vogtle (Géorgie) a été annoncée en avril 2008. Le coût serait d'une dizaine de milliards de dollars. La première tranche entrera en service en 2016, la seconde en 2017.

5. En association avec EDF, qui partage avec sa filiale américaine Constellation Energy l'opérateur Unistar. La certification de l'EPR aux États-Unis devrait prendre encore deux ans, mais quatre réacteurs devraient être construits, notamment à Calvert Cliffs dans le Maryland, où 2 unités de 900 MW sont déjà exploitées par Constellation.

6. Sur la base d'un accroissement de moitié de la consommation électrique des États-Unis d'ici 2030, la puissance supplémentaire nécessaire dépasse 300 GW ; il faudrait donc construire 60 réacteurs de 1 000 MW pour simplement maintenir la part du nucléaire dans le bouquet énergétique.

7. Le ministre du Développement italien, C. Scajola, a annoncé en mai 2008, conformément au programme de S. Berlusconi, la mise en chantier d'un « groupe de centrales de nouvelle génération » dans les cinq ans, plaidant que « seul le nucléaire

permettrait de produire à une large échelle une énergie sûre, compétitive et respectueuse de l'environnement ». La majorité de la population soutiendrait aujourd'hui un retour au nucléaire, face à la multiplication des pannes, à la hausse du coût de l'électricité (importée à 16 %) et à la lourde facture des importations énergétiques : 70 milliards d'euros, soit 4 % du PIB italien. Mais il n'y aura pas de mise en route effective avant dix ans.

8. Le gouvernement de F. Gonzalez (qui est personnellement revenu en arrière sur cette position, estimant que les progrès techniques ont rendu le nucléaire plus sûr) avait décidé un moratoire en 1984, interrompant la construction en cours de 5 centrales. Les 9 réacteurs qui restent en service fournissent au pays 26 % de son électricité, mais un calendrier adopté en 2005 prévoit leur fermeture progressive dès 2009. Le patronat espagnol souhaite revenir sur ce démantèlement, faisant valoir que l'Espagne dépend déjà des importations pour 83 % de l'énergie utilisée et qu'elle aura besoin d'une augmentation de moitié de la puissance installée d'ici 2015. Le Premier ministre J. L. Zapatero, réélu le 9 mars 2008, s'est cependant engagé à « ne pas augmenter l'énergie nucléaire dans notre pays, mais plutôt à la réduire progressivement ».

9. Les Verts participant à la coalition au pouvoir en Allemagne depuis 1998 ont obtenu du chancelier Schröder la décision de fermeture, étalée sur vingt ans pour permettre aux compagnies productrices d'amortir leurs investissements : l'accord conclu en juin 2001 avec elles prévoit que la dernière des 19 centrales alors existantes sera fermée en 2021, après une durée de fonctionnement de trente-deux ans. Cette position a été maintenue par le gouvernement d'union nationale d'A. Merkel, malgré les fortes pressions des électriciens comme de son propre parti (un document publié en octobre 2007 par la CDU soulignait que le nucléaire évite le rejet annuel de 150 millions de tonnes de CO₂, équivalant à la totalité du trafic routier) et le rapport de l'Agence allemande de l'énergie Dena, montrant le risque de pénurie dès 2012 ; la centrale Biblis A, exploitée par RWE, a donc été fermée en 2008. Le choix de la source d'énergie de substitution n'est pas clair, le développement en cours des éoliennes, quoique rapide, ne pouvant y suffire.

10. Les Suédois avaient décidé par référendum dès 1980 de parvenir à une sortie totale du nucléaire en 2010. Ils ont bien fermé (en 1999) le premier de leurs 10 réacteurs. Mais, faute d'avoir mobilisé assez d'énergies « propres » en remplacement ils ont dû décider de retarder la fermeture d'une deuxième centrale, initialement prévue en 2001, et porter à quarante ans leur durée de vie. Les Pays-Bas ont dû de leur côté décider, en 2006, de retarder de vingt ans (2033 au lieu de 2013) la fermeture de leur unique réacteur, à Borssele, prolongeant ainsi sa durée de vie à soixante ans. Le débat politique sur l'opportunité de rouvrir le dossier du nucléaire a été relancé en 2008 au Parlement néerlandais.

11. L'Allemagne, riche en charbon, a produit jusqu'à 300 millions de tonnes par an, mais sa production, devenue non compétitive malgré des subventions importantes, est tombée à 24 millions de tonnes annuelles. Le gouvernement fédéral a confirmé en août 2007 la décision de fermer d'ici à 2018 les 8 mines encore en activité.

12. L'étude de l'agence allemande de l'énergie Dena montre que les besoins en électricité du pays ne pourront plus être totalement couverts dès 2012, alors que les 17 réacteurs nucléaires en service doivent tous être fermés. En 2020, il manquera 12 GW, l'équivalent d'une quinzaine de centrales thermiques classiques ou de 8 tranches nucléaires. « La sortie du nucléaire est totalement erronée », a déclaré la chancelière A. Merkel, en juin 2008.

13. La décision finlandaise a pour but de répondre à une croissance de la consommation qui atteindra 25 % d'ici à 2015 et de réduire la dépendance à l'égard des importations,

qui est actuellement de 70 %. Le nouveau réacteur, d'une puissance de 1 600 mégawatts, devait être livré en 2009 ; il ne sera achevé qu'en 2011.

14. La Finlande, dont l'industrie (papetière notamment) est électro-intensive, consomme déjà 90 TWh annuels, dont un quart seulement est nucléaire, les énergies renouvelables (hydroélectricité et biomasse surtout) apportant 31 % du courant. Outre l'EPR commandé à Areva, elle compte construire de 1 à 3 réacteurs supplémentaires avant 2020.

15. Le programme nucléaire civil britannique compte actuellement 14 unités d'une capacité totale de 10,2 GW, qui fournissent 18 % de l'électricité du pays – le reste est apporté pour 40 % par le gaz et 33 % par le charbon, contre 5 % seulement pour les énergies renouvelables. Mais le gaz de la mer du Nord s'épuise et les centrales nucléaires vieillissent : toutes sauf une devraient fermer d'ici 2023. Sans investissements, il manquerait un tiers de capacité électrique d'ici dix ans. La décision de relancer le nucléaire civil, prise par le gouvernement Blair en mai 2007, a été confirmée par son successeur G. Brown, qui a invité officiellement, en janvier 2008, les entreprises à soumettre des projets de construction et de gestion de nouvelles centrales nucléaires. Le coût total du programme approche 100 milliards d'euros. Outre EDF, reprenneur de British Energy en 2008 (qui propose 4 EPR fournissant 13 % de la demande en 2020), Suez, E. on, RWE, Iberdrola, Scottish Power, etc., tous les grands électriciens sont sur les rangs ; la plupart proposent aussi des EPR. La date de démarrage du premier de ces nouveaux réacteurs se situerait en 2017.

16. Notre parc nucléaire a une puissance totale installée de 63 GW (63 000 MW) apportée par 58 réacteurs à eau pressurisée, sur 19 sites ; il comprend 34 tranches de 900 MW, 20 de 1 300 MW et 4 de 1 450 MW. Son apport, complété par les barrages, permet à notre électricité d'être indépendante de l'extérieur à hauteur des neuf dixièmes tout en disposant d'un prix bas du kilowattheure. En 2007 par exemple, sur 559 TWh bruts produits en France, le nucléaire a représenté 440 TWh soit 77 %, les ENR 68 TWh soit 12 % (essentiellement hydrauliques, l'énergie éolienne apportant 4 TWh, soit 0,7 % du total, et le solaire restant négligeable avec 20 GWh), le charbon 4,3 % et les hydrocarbures 5 %, les autres sources moins de 2 %. En revanche, les transports et autres usagers directs de pétrole remontent la part des combustibles fossiles à 55 % dans notre consommation totale d'énergie – dite « primaire ».

17. 40,4 % exactement, en 2005. Il s'agit là d'une exception mondiale. Les autres sources de l'énergie primaire consommée en France la même année (225 millions de TEP) sont : le pétrole pour un tiers du total, le gaz naturel pour 14,7 %, le charbon pour 4,5 %, l'électricité hydraulique, la biomasse et les ENR pour 6,6 %.

18. La moyenne d'âge de notre parc nucléaire n'est en 2008 que de vingt et un ans, mais la plus ancienne centrale, celle de Fessenheim en Alsace, atteindra la date limite actuelle de quarante ans (déjà prolongée par rapport à une durée de vie initiale de vingt-cinq ans) en 2017. En tout, 19 réacteurs devraient être renouvelés autour de 2020 si cette durée est conservée ; mais elle pourrait être allongée à cinquante, voire soixante ans comme aux États-Unis. Un tel choix n'est toutefois pas acquis : un rapport parlementaire soulignait en 2003 les lacunes du dossier alors présenté par EDF, qui a renforcé ses recherches sur ce sujet avec ses homologues japonais et américains.

19. Il est vrai qu'EDF n'estime pas nécessaires de nouveaux investissements à brève échéance, jugeant possible d'augmenter de 6 à 7 % la puissance des 20 réacteurs actuels

de 1 300 MW et d'améliorer le taux de disponibilité de ses centrales (il ne serait que de 77 %, alors que le Belge Electrabel affiche un taux de disponibilité de 90 %).

20. Autorisée par décret en avril 2007, malgré les protestations des Verts et de F. Bayrou, la construction du réacteur de Flamanville (Manche), d'une puissance de 1 650 MW (1,65 GW) pour un coût initial de 3,3 milliards d'euros, révisé à 4 milliards d'euros fin 2008, devrait s'achever en 2012 ; elle apportera une production de 13 TWh/an à l'opérateur, EDF.

21. En 2007, le programme présidentiel de N. Sarkozy prévoyait de « maintenir et renouveler le parc nucléaire », tandis que les deux autres principaux candidats à l'élection présidentielle proposaient un moratoire sur la construction de l'EPR. S. Royal a même avancé l'idée d'une réduction à 50 % de la part du nucléaire dans notre production électrique. Le Grenelle de l'environnement en a peu parlé, si ce n'est pour prévoir que les futurs EPR seront obligatoirement construits sur les sites déjà existants, mais le Premier ministre F. Fillon a indiqué, en juin 2008 : « Nous voulons que l'énergie nucléaire soit une des réponses principales » au défi énergétique. Le président Sarkozy a officialisé, le 3 juillet suivant, la décision de construire un deuxième EPR pour mise en service en 2017. Le site reste à choisir entre Flamanville (Manche), Penly (Seine-Maritime), Tricastin (Drôme) ou Marcoule (Gard). Suez est en concurrence avec EDF pour en être l'opérateur.

22. La France est le seul pays de l'UE à produire 46 % de son énergie avec des sources « faiblement carbonées » – énergies renouvelables (6 %) et nucléaire (*cf.* note 17 ci-dessus). L'Allemagne par exemple n'en a que 7 % en tout.

23. Le président de la Commission européenne, M. Barroso, a déclaré en mai 2008 que « l'énergie nucléaire peut bien sûr apporter une contribution majeure dans la bataille contre le changement climatique ».

24. Trois pays, la Bulgarie, la Lituanie et la Slovaquie, se sont engagés à arrêter leurs usines, jugées non modernisables. Le coût de ce démantèlement, essentiellement financé par l'UE, approche 3 milliards d'euros. La Bulgarie et la Slovaquie ont obtempéré. Le cas de la Lituanie, dont l'électricité provient à 80 % de la centrale nucléaire d'Ignalina, est plus délicat : deux réacteurs de technologie RBMK (celle même de Tchernobyl) avaient été construits sur ce site ; le premier a été fermé fin 2004, l'UE en ayant fait une condition de l'adhésion du pays ; le second, d'une puissance de 1 500 MW, demeure en service et le pays demande à retarder sa fermeture, prévue pour 2009, arguant des améliorations apportées. Malgré l'aide de l'UE et d'un fonds international géré par la BERD, la Lituanie devra faire tourner des centrales au gaz et craint l'accroissement de sa dépendance des fournitures russes, d'autant que les interconnexions promises avec la Suède et la Pologne ont pris du retard.

25. Le territoire polonais, frontalier de l'Ukraine, a été affecté par les retombées de l'explosion de Tchernobyl, d'où son rejet du nucléaire, assimilé de surcroît à la période de domination soviétique. Le ministre de l'Économie, P. Wozniak, a cependant déclaré, en 2006, que son pays envisagerait de lancer une centrale. La construction prévue en commun par la Pologne et les trois pays Baltes de réacteurs modernes à Ignalina serait la meilleure solution.

26. 9 des 31 réacteurs actuels ont plus de vingt ans et onze utilisent la technologie RBMK de Tchernobyl... Pour les remplacer et maintenir la part du nucléaire dans le total, les Russes entendent construire 3 réacteurs par an de 2010 à 2030 – plus que sous l'ère soviétique !

27. En 2006, les centrales thermiques ont fourni 63 % du courant russe (gaz 41 %, charbon 21 %), l'hydroélectricité 21 % et le nucléaire 16 %, ce qui ne représente que 4 % de l'énergie primaire du pays. Les nouveaux projets annoncés par Rosatom seraient cependant de diminuer la part du gaz et de faire monter celle du nucléaire à 25, voire 30 %.

28. Une explosion limitée avait tué deux ouvriers à la centrale de Tokaimura et soumis environ 400 personnes à des doses excessives de radiations, en octobre 1999. En 2007, la centrale de Kashiwazaki, au centre du Japon – la plus grande du monde, avec 7 réacteurs d'une puissance totale de 8,2 GW sur un total nucléaire de 50 GW pour le pays –, endommagée par un séisme qui a provoqué un incendie et de légères fuites radioactives, a dû être arrêtée pendant plusieurs mois ; la lenteur de réaction de l'opérateur, Tepco, la dissimulation de certains incidents et l'insuffisance révélée des normes antisismiques, pourtant déjà très strictes, ont inquiété.

29. Areva, qui fournit du combustible aux centrales nucléaires japonaises, a conclu un partenariat avec Mitsubishi pour construire un réacteur de 1 100 MW au pays du Soleil-Levant.

30. Les projets les plus avancés se situent dans l'Alberta, en liaison avec l'exploitation des sables bitumineux (dangereuse pour l'environnement) ; l'Ontario veut construire 2 réacteurs (3,2 GW) d'ici 2018 et en moderniser 6, pour 40 milliards de dollars ; le Québec et le Nouveau-Brunswick ont aussi des programmes.

31. La Corée du Sud exploite 20 réacteurs nucléaires civils ; 8 autres, dont 3 déjà en construction, vont être ajoutés à son parc actuel d'ici 2015.

32. Ces deux EPR, d'une puissance totale de 3,2 GW et d'un coût d'environ 8 milliards d'euros (avec le combustible et les services associés), commandés en 2007 après de longues tractations sur le transfert de technologie, seront construits à Taishan, au sud de Canton. Ils devraient entrer en service vers 2014. La France avait déjà fourni à la Chine 4 réacteurs de deuxième génération (centrales de Daya Bay et de Ling Ao).

33. Le nucléaire (11 centrales d'une capacité totale de 9 GW) fournit à peine 2 % de la consommation électrique actuelle du pays, qui va selon l'AIE progresser de 7,6 % par an d'ici 2015 et ralentir un peu par la suite. Suivre ce rythme effréné demande déjà un effort conséquent. Or la construction des quatre premières nouvelles tranches n'a été décidée par Pékin qu'en 2003 pour une commande passée trois ans plus tard à Westinghouse/Toshiba ; ces premiers réacteurs, de technologie AP1000 (4,4 GW au total), ne seront opérationnels qu'en 2013 ; même si des constructeurs locaux multiplient les projets (par exemple, 4 réacteurs de deuxième génération sur le site de Yiangjiang, initialement retenu pour l'EPR), l'accélération ultérieure du programme mettra du temps à se concrétiser. Pour le moment, la capacité nucléaire prévue en 2020 est de 40 GW, soit 4 % des besoins électriques à cet horizon.

34. Les centrales thermiques – charbon surtout – apportent 66 % du courant, l'hydraulique 26 %, les énergies nouvelles 5 %, le nucléaire 2 à 3 %.

35. L'Inde, dont les 17 réacteurs actuels ne donnent qu'une puissance de 4 GW, compte actuellement 6 réacteurs nucléaires civils en construction et 10 en projet ; le plan « Vision 2020 » vise en effet à quintupler la puissance installée pour la porter à 20 GW à cet horizon, puis 60 GW en 2030. À plus long terme (2050), le projet est que 20 à 25 % de l'énergie consommée en Inde viennent du nucléaire.

36. Les deux puissants réacteurs de la centrale de Koeberg fournissent 4 800 MW (4,8 GW).

37. Eskom, l'électricien public sud-africain, a annoncé en décembre 2008 le report de la première tranche de sa relance nucléaire, du fait de la crise financière et de l'instabilité politique ; malheureusement, cette décision a été précédée, début 2008, par la commande d'une nouvelle centrale au charbon d'une puissance de 4,7 GW.

38. Les deux réacteurs existants d'Angra, dans l'État de Rio, offrent une puissance de 2 GW et ne produisent que 2,2 % de l'électricité brésilienne. La troisième tranche, de 1 350 MW, va être achevée pour mise en service en 2013. Le lancement de 3 nouvelles centrales nucléaires « au cours des douze mois à venir » a été annoncé en juin 2008 par le ministre de l'Énergie et des Mines ; cinq autres pourraient être construites d'ici 2030.

39. Areva, Suez et Total se sont associés en janvier 2008 pour proposer deux EPR aux Émirats pour 2016.

Annexe 32

LES TROIS MÉTHODES POUR SE DÉBARRASSER DES DÉCHETS NUCLÉAIRES

1. L'usine de retraitement de Rokkasho-Mura, réalisée en coopération franco-japonaise sur le modèle de La Hague, entre en service en 2008 et devrait retraiter 800 tonnes de combustible par an, soit près de la moitié des besoins nippons ; mais elle ne pourra rattraper les 12 000 tonnes de déchets nucléaires déjà accumulées. Les Russes peuvent retraiter 400 tonnes par an dans leur usine de Tcheliabinsk, et les Britanniques 900 tonnes par an à Sellafield. L'usine de retraitement la plus puissante du monde est celle de La Hague, dans le Cotentin, qui peut traiter 1 700 tonnes par an.

2. Le retraitement permet d'extraire le plutonium (environ 1 %) et l'uranium fissile (1 % aussi) demeurant dans le combustible usé à la sortie des centrales pour les recycler en combustible mox (voir note 4 ci-après), qui peut de nouveau alimenter des réacteurs.

3. Le gouvernement américain a confié un contrat d'études à un consortium international en novembre 2007, en vue d'une mise en service avant 2020. Le retraitement avait été interdit sur le sol américain par une loi de 1978, mais l'absence de solution pour les 54 000 tonnes de combustibles usés à haute activité déjà accumulées, auxquelles s'ajoutent 2 000 tonnes par an, donne à réfléchir.

4. Le plutonium est un produit hautement radioactif qui peut être brûlé dans les réacteurs civils, mais peut aussi être assez facilement détourné vers des usages militaires (bombe atomique, ou « dopage » d'armes classiques) ; en outre, c'est un poison ultra-violent, même à des doses infimes. Son appropriation par des « États voyous » ou, pire par des groupes terroristes, est donc un danger sérieux, qui oblige à de grandes précautions. On le recycle en l'incorporant dans des combustibles « mox » et bientôt APA (assemblage plutonium avancé). Le mox est un mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium, produit à l'usine de retraitement de La Hague et déjà utilisé par 20 des 58 réacteurs civils français, car son coût de fabrication est bien plus faible que celui du combustible classique.

5. Le vrai risque est celui d'éventuelles attaques terroristes sur les sites de retraitement ou sur les transports de matières fissiles.

6. Selon cette technique, les « déchets ultimes », restes radioactifs de combustible nucléaire usé après un premier retraitement à l'usine de La Hague, sont triés pour en extraire les actinides mineurs les plus dangereux (neptunium, américium, curium...), qui sont ensuite « cassés » par bombardement de neutrons et transformés en éléments plus

légers, dont la radioactivité sera plus faible et plus brève ; seuls les déchets restants, bien moins radioactifs, sont finalement vitrifiés et stockés.

7. Les surgénérateurs à neutrons rapides héritiers de Phénix sont particulièrement aptes à brûler leurs déchets les plus radioactifs. Ce travail de transmutation des actinides pourrait aussi être assuré dans des réacteurs « sous-critiques » (c'est-à-dire où la réaction en chaîne de fission n'est pas autoentretenu), en les bombardant par un flux de protons accéléré ; un démonstrateur doit être essayé en 2008.

8. La loi Bataille du 30 décembre 1991 avait lancé l'étude comparative de trois solutions « flexibles et réversibles », pour ménager l'avenir : la transmutation ; l'enfouissement profond ; et l'entreposage durable en surface ou à flanc de coteau. Bien qu'une directive européenne d'octobre 2002 demande à chaque pays de mettre en place une solution d'enfouissement d'ici à 2008, la nouvelle loi du 28 juin 2006 n'a pas vraiment tranché entre ces trois options. L'expérience de stockage souterrain à 500 mètres de profondeur sur le site lorrain de Bure va certes être poursuivie, mais le site ne serait mis en service qu'en 2025 ; par ailleurs, un prototype pour la transmutation devra être opérationnel en 2020, et un site d'entreposage en surface ou subsurface dès 2015.

9. Le projet d'édification d'un centre d'entreposage sur le site de Sellafield a échoué en 1997. Le Royaume-Uni a opté officiellement, en octobre 2006, pour le stockage profond d'environ 1 400 m³ de déchets nocifs à vie longue, mais n'a pas encore trouvé de site approprié.

10. Le site de Gorleben, prévu pour l'enfouissement profond des déchets les plus radioactifs, a été gelé en 2000. En outre, les risques d'inondation et de fuites ont entraîné la fermeture en 1995 de la mine de sel d'Asse, qui a accueilli des dizaines de milliers de fûts moyennement ou faiblement radioactifs. Les déchets restent donc stockés en surface.

11. Il s'agit du site de Yucca Mountain, dans le Nevada, où les déchets seraient enfouis en profondeur. Mais son utilisation éventuelle suscite, comme en France, de multiples controverses ; des années d'études seront encore nécessaires, et une issue n'est pas envisagée avant 2017.

Annexe 33

EAU : OÙ SONT LES RESSOURCES ?

1. Je ne parle ici que de l'eau douce qui circule selon le cycle évaporation-condensation-précipitations-ruissellement ; ce cycle dure environ 21 jours en moyenne, de l'évaporation au retour à la mer.

2. L'évaporation absorbe 65 000 milliards de tonnes ; le ruissellement 42 000 milliards ; 2 100 milliards de tonnes partent sous terre.

3. Il s'agit ici de la consommation totale d'eau, potable ou simplement utilisable pour les animaux ou l'irrigation – donc indirectement pour la nutrition humaine. L'eau potable proprement dite ne représente qu'une fraction.

4. La consommation par tête dans les PVD est bien sûr très inférieure à ce qu'elle est dans les pays riches, d'où la moyenne mondiale précitée de consommation de 700 m³ par habitant et par an, inférieure au minimum de 1 700 m³ fixé par la FAO et le PNUE. Un rattrapage interviendra nécessairement. L'uniformisation des régimes alimentaires contribue à cette progression des besoins : produire 1 kilo de viande de bœuf nécessite vingt fois plus d'eau que produire 1 kilo de riz (*cf.* chapitre VIII, note 187).

5. Ce calcul reste théorique. Selon le rapport *GEO-4* publié en novembre 2007, la consommation réelle de la planète atteindrait 6 000 milliards de tonnes en 2050 (dont la moitié pour l'agriculture, et environ un trillion de tonnes chacun pour les usages industriels, domestiques et la production électrique) dans l'hypothèse « priorité au marché ». Une priorité donnée à l'écologie maintiendrait en revanche la consommation à son niveau actuel de 4 trillions de tonnes.

6. Le stock total d'eau douce est évalué à 35 millions de km³ (milliards de tonnes) 69 % de ce stock sont prisonniers des glaces polaires – la calotte glaciaire du Groenland, qui atteint 3 kilomètres d'épaisseur en son centre, pèse 3 millions de milliards de tonnes – ou des glaciers des montagnes ; 2,5 millions de km³ sont des eaux souterraines. Les eaux douces de surface (lacs, rivières) comptent 6 millions de km³, en partie renouvelés périodiquement.

7. Les eaux souterraines accumulées représentent une masse considérable : au niveau mondial, 2,5 millions de milliards de tonnes. Mais elles ne sont que très partiellement accessibles, et inégalement réparties, et leur réalimentation est lente : 2 100 milliards de tonnes annuelles, comme précisé note 2 ci-dessus – il faudrait donc mille ans pour les reconstituer en totalité.

8. Les régions les plus favorisées sont l'Europe du Nord, la Russie, l'Amérique du Nord, l'Amérique du Sud (un quart de l'eau douce mondiale pour 6 % seulement de la population), l'Afrique centrale et l'Océanie. L'Asie est le continent à la fois le plus vaste, le plus peuplé et le moins bien arrosé.

9. Les régions situées au nord du Fleuve Jaune (Hoang Ho, ou Huang He en graphie Pin Yin) disposent de moins de 20 % des ressources en eau de ce vaste pays, alors qu'elles représentent 63 % de sa surface totale. Pour y remédier, la Chine envisage un vaste projet de détournement des eaux du Yangzi vers le nord (voir chapitre VIII, note 28).

10. 576 000 m³ d'eau douce disponibles par habitant et par an en Islande, 7 seulement au Koweït.

Annexe 34

LES RISQUES SUPPLÉMENTAIRES DE STÉRILISATION DES SOLS

1. L'Égypte, l'Inde, la Chine orientale sont des exemples frappants de la concurrence directe entre urbanisation et protection des sols. Mais même aux États-Unis, l'urbanisation stérilise 300 000 hectares de terres par an.

2. En Chine, la part de la population urbaine va passer de 45 % aujourd'hui à 60 % en 2020. Compte tenu de l'augmentation de population entre-temps, cela représentera 300 millions de personnes à loger.

3. En France, les aires urbaines concentrent 80 % de la population sur un tiers du territoire. Le « mitage » urbain a absorbé 6 900 km² entre 1992 et 2004, soit 1,3 % de la surface totale ; dans le même temps, la surface agricole utile du pays a reculé de 30 à 29,2 millions d'hectares.

4. Les surfaces périurbaines ont un environnement très dégradé, aux espaces verts mal entretenus, et en grande partie imperméabilisé par les surfaces bétonnées (voirie, bâtiments, parkings, terrains de sport...). Dans ce cas, le sol ne joue plus son rôle de filtre, ce qui accroît le risque de pollution de la nappe phréatique.

5. Cette remarque est faite par l'OCDE dans ses *Perspectives environnementales pour 2030*. Le PNUE estime même que 70 % des sols de la planète seront touchés directement ou indirectement par l'urbanisation d'ici trente ans.

6. En France, les seuls efforts conséquents ont concerné les zones côtières, dont la loi Littoral et le Conservatoire du littoral ont freiné l'urbanisation, avec un succès très partiel. L'effort est plus important chez nos voisins allemands, dont le gouvernement s'est fixé pour objectif de réduire la consommation d'espace des trois quarts, pour la ramener à 30 hectares par jour.

7. Selon le rapport 2006 de l'IFEN, 18 % du territoire français courent un risque « moyen à très fort » d'érosion des sols.

8. Pour la FAO, la salinisation a rendu 50 millions d'hectares impropres à toute culture au cours du dernier demi-siècle. Les terres irriguées elles-mêmes seraient touchées à hauteur de 8 % – et jusqu'à un quart en zone aride.

9. Une terre en bon état comprend une bonne proportion d'humus apportée par la décomposition de la végétation, et est fertilisée par toute une faune de vers, d'insectes, de bactéries et de champignons, dont le poids, très supérieur à celui des organismes vivant en surface, peut atteindre jusqu'à 30 tonnes à l'hectare.

10. Selon l'Agence européenne de l'environnement. La dégradation des sols est surtout forte en Europe orientale, où elle toucherait la moitié des terres, contre un sixième pour l'ancienne UE à 15. Des études de l'INRA confirment qu'en France, l'érosion menace 5 millions d'hectares de terre arable.

11. Depuis 1980, la surface occupée par les routes européennes a augmenté de 15 % environ, tandis que les surfaces cultivées reculaient de 8 % et les prairies de 14 %. En France, la progression sur dix ans (1993-2003) a été, selon le rapport 2006 de l'IFEN, de 10,7 % pour les routes et parkings, de 15,8 % pour les sols artificiels bâtis, et de 21 % pour les sols artificiels non bâtis ; au total, près de 600 000 hectares auraient été ainsi consommés.

12. L'International Soil Reference and Information Center, basé aux Pays-Bas, estime que 10 à 20 millions d'hectares de terres sont dégradés chaque année. À ce rythme, il ne resterait plus rien en un siècle...

Annexe 35

LA HAUSSE DES PRIX AGRICOLES : DRAME OU OPPORTUNITÉ ?

1. Le blé est passé sur le marché de Chicago de 3 dollars le boisseau de 27 kilos en moyenne depuis dix ans à 13 dollars en 2008 – soit 480 dollars la tonne, niveau quadruple de la tendance longue précédente ; il a plus que doublé en un an, de mars 2007 à mars 2008. Le maïs est passé de 30 à 72 cents par boisseau de juin 2007 à juin 2008. Le riz blanchi a culminé à plus de 1 000 dollars la tonne début mai 2008, avant de retomber autour de 400. Inflation déduite, ces prix étaient le record depuis dix-neuf ans pour le riz, et depuis vingt-huit ans pour le blé. Cette hausse vertigineuse touche aussi les matières premières industrielles : le plomb a vu son cours décupler ! Cependant, tous les produits alimentaires n'ont pas augmenté autant : l'indice global de la FAO n'a crû que de 36 % en 2007. La Banque mondiale estime la hausse sur trois ans à 83 % ; mais cela fait suite à trois décennies de baisse du prix réel des aliments.

2. Le ralentissement économique mondial, conjugué à une belle récolte de céréales a fait retomber le cours du blé à 6 dollars le boisseau en octobre 2008, et celui du maïs à 4 dollars le boisseau sur le marché de Chicago. En octobre 2008, la tonne de blé rendue dans un port français se vend 157 euros, et celle de maïs 129 euros.

3. L'Inde, l'Indonésie, le Cambodge, l'Égypte et le Brésil ont suspendu leurs exportations de riz, début 2008 ; le Vietnam a plafonné les siennes à 3,5 millions de tonnes contre 4,5 précédemment. La Thaïlande, premier exportateur mondial avec 9,5 millions de tonnes, n'a en revanche pris aucune mesure limitative. L'Ukraine a contingenté ses exportations de blé et d'orge. La Russie et le Kazakhstan ont surtaxé (puis bloqué pour ce dernier) leurs exportations de blé, l'Argentine celles de soja et la Chine celles de blé, de riz, de maïs et de soja.

4. La nourriture représente plus des trois quarts du budget des familles les plus pauvres ; pour elles, la hausse des prix alimentaires est une catastrophe risquant de conduire directement à la famine. Relevant que, pour 2 milliards de personnes, les prix alimentaires sont maintenant une question de combat quotidien et même de survie, le président de la Banque mondiale, R. Zoellick, a appelé à « un New Deal dans la politique alimentaire mondiale ».

5. Déclaration de M. Ban Ki-moon à Accra, le 21 avril 2008.

6. Évaluation du FIDA – Fonds international de développement agricole.

7. L'Union européenne devrait fournir au total plus du tiers de cette somme : environ 450 millions de dollars. L'Arabie Saoudite apportera de son côté 500 millions de dollars au PAM.

8. L'apport de la Banque mondiale sera de 1,2 milliard de dollars, dont 200 millions de dons. La FAO réclame 1,7 milliard de dollars pour renforcer la production agricole de 37 pays touchés par la flambée des prix.

9. Voir l'article conjoint de quatre anciens ministres de l'Agriculture français, « Que faire contre la faim ? » (*Le Monde*, 2 mai 2008). Le prix du blé (voir notes 1 et 2 ci-dessus) restait, même au plus fort de la hausse, inférieur de moitié à celui de 1975 (qui était de 25 dollars d'aujourd'hui par boisseau) ; sur l'ensemble du secteur, les prix de 2006 en France étaient, en valeur réelle, à 42 % de leur niveau de 1976.

10. 7 % seulement du riz produit dans le monde, par exemple, sont échangés (pour le blé, la part échangée est de 17 %, et pour le maïs de 12 %).

11. Les écarts de prix vont de 1 à 5, voire 1 à 10, sur quelques années et dépassent 20 % en un seul jour pour le cours du blé sur le Chicago Mercantile Exchange, Bourse de référence internationale des matières premières.

12. Selon les perspectives agricoles à dix ans publiées en mai 2008 par la FAO et l'OCDE, la production mondiale de céréales s'est accrue de 46 millions de tonnes, soit 3 %, entre 2005 et 2007, mais la consommation aurait augmenté de 5 % (80 millions de tonnes) dans le même temps. La production mondiale de blé a progressé de 2,3 % en 2007, à 608 millions de tonnes, chiffre double de celui de 1970, mais qui demeure inférieur à une consommation mondiale de 617 millions de tonnes ; celles de riz (+ 1,1 %, à 627 millions de tonnes de paddy – 438 millions de tonnes de riz blanchi) et de maïs (+ 9,5 %, à 772 millions de tonnes) couvrent juste la consommation mondiale. Les stocks sont assez bas, ce qui pèse sur les prix : en 2007, ils atteignaient 22 % d'une année de consommation pour le blé (contre 34 % au début de la décennie) et 24 % pour le riz.

13. Le rapport conjoint FAO/OCDE estime que les prix se stabiliseront en hausse de 20 % pour la viande, 30 % pour le sucre, 50 % pour le blé, le maïs et le lait en poudre,

80 % pour les huiles végétales par rapport à leur niveau récent ; mais il ne faut pas oublier que celui-ci reste souvent plus bas, inflation déduite, qu'en 1995 (*cf.* note 9 ci-dessus).

14. Cette préoccupation, rappelée par les nombreuses émeutes de la faim en 2007 et 2008 (voir chapitre VII) a conduit de nombreux gouvernements – en Égypte, en Indonésie, aux Philippines, en Malaisie – à organiser des distributions de riz, d'huile, de pain ou de sucre à la population. La Chine a, en janvier 2008, instauré un contrôle des prix de produits de première nécessité.

15. Le rapport conjoint publié en avril 2008 avec le soutien de la FAO et de la Banque mondiale sous la direction du Pr Watson, ancien président du GIEC, rappelle que 70 % des 3 milliards de Terriens vivant au-dessous du seuil d'extrême pauvreté (moins de 1 dollar par jour) sont des ruraux ; les trois quarts des 850 millions d'affamés sont eux-mêmes de pauvres cultivateurs, à qui une meilleure rémunération de leur production offre une opportunité exceptionnelle. Le même rapport met en garde contre une ouverture prématurée des marchés agricoles nationaux à la concurrence internationale, qui ne ferait que les affaiblir tant que les infrastructures nécessaires ne sont pas en place.

16. Le prix de la terre a par exemple doublé entre 2001 et 2006 dans l'État brésilien de São Paulo, grand producteur de canne à sucre et donc d'éthanol.

Annexe 36

PROPOSITIONS POUR UNE AGRICULTURE FAVORABLE AU DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS LES PAYS DU SUD

1. Les cas du Brésil, de Madagascar ou de l'Éthiopie sont aussi témoins de ces impasses.

2. Comme cela s'est produit encore en 2008 en Égypte, du fait de l'existence d'un double prix du pain.

3. Y compris par des interventions publiques visant à lisser les prix et à protéger leur production contre des importations à trop bas prix – à condition de veiller à abriter les « caisses de stabilisation » publiques contre la tentation trop fréquente des politiciens d'y puiser pour assurer les fins de mois de l'État...

4. L'économiste du développement Jeffrey Sachs a montré comment des plans de distribution d'engrais accompagnés d'apprentissages simples dans le domaine de l'irrigation permettent de tripler le rendement d'exploitations qui, en Afrique n'obtiennent que 1 tonne à l'hectare, les plus bas de la planète. En suivant de telles recettes, le Malawi par exemple est passé en trois ans d'un état de dépendance à celui d'exportateur de céréales.

5. Chacun connaît les succès du système développé par Muhammad Yunus, fondateur de la Grameen Bank au Bangladesh et Nobel de la paix en 2006 : des prêts de très petits montants à l'artisanat et aux producteurs locaux, gérés au plus près des populations, et qui obtiennent d'excellents taux de remboursement.

6. Ces erreurs étaient dénoncées dès 1977 par le livre de Susan George, *Comment meurt l'autre moitié du monde* ; elles l'ont été souvent depuis, notamment par Joe Stiglitz, prix Nobel d'économie et ancien économiste en chef de la Banque mondiale. Les spécialistes reconnaissent aujourd'hui que l'application systématique des règles dites du « Consensus de Washington », sans tenir compte des réalités de chaque pays, était une erreur. Le rapport présenté en avril 2008 par le Pr Watson (voir annexe 35, note 15) critique la trop forte priorité donnée aux cultures de rente (cacao en Côte-d'Ivoire,

arachide au Sénégal, soja en Argentine, etc.) et propose une réorientation autour des savoirs locaux et communautaires et des cultures vivrières. Voir aussi le rapport de la Commission sur la croissance et le développement remis en mai 2008 par 21 personnalités internationales sur les raisons du succès des 13 PVD ayant connu la plus forte croissance sur vingt-cinq ans, qui souligne le rôle essentiel de l'État, des infrastructures et de l'enseignement publics. Le bénéfice apporté à tous par les échanges internationaux ne doit pas pour autant être remis en cause. Il s'agit simplement de tenir compte d'une façon plus réaliste des particularités des marchés agricoles et des fragilités spéciales, dans ce domaine, des pays pauvres.

7. L'aide au développement destinée à l'agriculture stagne depuis 1995 au-dessous de 4 milliards de dollars par an, sur un total d'une centaine de milliards ; la FAO demande que cette aide soit portée à 30 milliards de dollars annuels. Les investissements mondiaux dans le secteur ne sont plus que 7 % du total, contre 20 % dans les années 1980. Le rapport 2008 de la Banque mondiale, consacré à l'agriculture pour la première fois depuis vingt-six ans, annonce une réorientation. Remarquant que la croissance due à l'agriculture profite quatre fois plus aux plus pauvres que celle des autres secteurs – alors qu'agriculture, pêche et foresterie ne représentaient ensemble en 2005 que 9 % de ses 22 milliards de dollars de concours –, le nouveau président de la Banque, R. Zoellick, voit désormais dans l'agriculture un moyen décisif d'atteindre les Objectifs du millénaire ; l'institution va doubler son aide à ce secteur en Afrique, à 800 millions de dollars.

8. Une cellule de crise regrouperait « tous les acteurs de la sécurité alimentaire mondiale ». Il s'agirait de regrouper les agences de l'ONU, la Banque mondiale, l'OMC, les États, les entreprises, les ONG et de mettre en réseau les connaissances scientifiques, autour de trois objectifs : améliorer l'accès à la nourriture des populations vulnérables ; élaborer une stratégie mondiale de sécurité alimentaire ; et préparer une nouvelle « révolution verte ».

9. Cette nouvelle approche promue par le Programme alimentaire mondial (PAM) prévoit d'acquérir au cours des prochaines années 40 000 tonnes de nourriture auprès d'agriculteurs à faibles revenus du Sud plutôt qu'en puisant dans les stocks des pays industrialisés (qui, souvent, se débarrassent de leurs excédents en fournissant une aide en nature).

10. Le rapport Stern donne l'exemple de la variété de riz Champeswar, très adaptée aux eaux stagnantes et qui tolère les inondations fréquentes dans les plaines de l'Orissa (Inde).

11. En un siècle, les trois quarts de la diversité des espèces comestibles ont disparu au profit de semences commerciales moins bien adaptées au climat local et moins résistantes aux parasites.

12. Le sommet de Johannesburg (2002) en renouvelant pour une nouvelle période les moyens du Fonds pour l'environnement mondial (FEM), a étendu ses interventions à la protection des sols.

13. Par exemple en contrant sans consommation excessive de pesticides et fongicides des menaces comme la « rouille noire du blé » (*Puccinia graminis*), un redoutable champignon parasite parti d'Ouganda en 1999, qui risque de détruire une partie des récoltes. Cette rouille noire a frappé le Kenya en 2001, l'Éthiopie en 2003, et maintenant l'Iran. Des recherches sont en cours pour mettre au point des variétés résistantes – un premier essai est en cours en Chine, mais il faudra quelques années pour les généraliser.

Annexe 37

LE PROGRAMME INTERNATIONAL
DE PROTECTION DES FORÊTS

1. REDD signifie Reduction of Emissions from Deforestation in Developing Countries. Le système complèterait le MDP, qui ne valorise en crédits carbone que les reboisements effectués et non la « déforestation évitée ». Les mécanismes détaillés restent à négocier : comment mesurer la destruction qui aurait eu lieu ? Comment valoriser les efforts accomplis ? À qui distribuer les ressources ? Un Fonds mondial pour la forêt a été évoqué lors de la conférence climatique de Poznan (décembre 2008) ; l'Union européenne pourrait le préfinancer, bien qu'elle n'accorde pas pour le moment de crédits carbone aux entreprises engagées dans la reforestation.

2. La Banque mondiale a annoncé à Bali la création d'un Fonds de 160 millions de dollars, baptisé Forest Carbon Partnership Facility, pour amorcer ce programme REDD.

3. La Banque mondiale avait créé dès 2004 un Fonds biocarbone financé par des contributions volontaires, qui financera des programmes de restauration des écosystèmes en reliant les zones boisées par des corridors verts, en replantant et en développant l'agroforesterie (voir chapitre VIII, page 203 et note 191).

4. Le programme-pilote pour la forêt brésilienne et celui pour le bassin du Congo visent tous deux à protéger ces aires et à s'assurer que l'exploitation forestière alentour respecte les capacités de régénération de l'écosystème. Le sujet est difficile, car 6 % en moyenne du PIB des pays du bassin du Congo provient de l'exploitation forestière, dont dépendent 65 millions d'habitants, qui en tirent leurs protéines et 90 % de leurs ressources en énergie. L'accord de coopération régionale unissant depuis 2005 les États d'Afrique centrale pour la conservation des écosystèmes forestiers pourrait contribuer à la solution.

5. Voir le site coolearth.org, sur lequel l'association cède virtuellement des parcelles en Amazonie pour 250 euros l'hectare, en s'engageant à les protéger avec l'aide des populations locales, chargées de la surveillance et autorisées à en utiliser gratuitement les ressources renouvelables. 10 000 hectares ont déjà été traités de cette façon.

6. Sachant que l'on compte environ 1 100 arbres à l'hectare, cela représente près de 1,5 million d'hectares reboisés. L'Éthiopie (où le couvert forestier avait régressé de 40 % des terres à moins de 3 % sur le dernier demi-siècle) arrive en tête des 1,6 milliard de plants de 2007, suivie par le Mexique (220 millions) et la Turquie (150 millions). Il faut investir environ 7 euros par arbre, sur vingt ans. Le programme est soutenu par des entreprises, comme Yves Rocher en France.

7. Elle est complétée par le refus (en janvier 2008), dans le même DOM, du projet d'exploitation d'une mine d'or sur la montagne de Kaw, qui aurait sérieusement menacé la biodiversité en bordure d'un écosystème classé en zone naturelle d'intérêt écologique. L'exploitation prévue par la société canadienne Iamgold aurait permis d'extraire 34 tonnes d'or en sept ans, soit environ 900 millions de dollars au cours actuel, mais avec une forte pollution, notamment au cyanure. Il est proposé de classer ce site de Kaw en « réserve mondiale de biosphère » de l'Unesco.

Annexe 38

LES ANIMAUX LES PLUS MENACÉS

1. Le gorille de plaine (*Gorilla gorilla*) est en « danger critique », sa population ayant chuté de plus de 60 % après avoir été décimée par le virus Ebola ; il n'en reste plus que 3 000 représentants. La situation est pire pour le gorille des montagnes de l'Est africain, réduit à 700 spécimens par la maladie et le braconnage.

2. Sans doute l'espèce la plus proche de l'homme, les bonobos sont tombés au-dessous de 20 000, dans leur habitat du nord de l'ex-Zaïre.

3. L'orang-outang de Sumatra (*Pongo abelii*), héros malgré lui d'une célèbre nouvelle d'Edgar Poe et dont le nom veut dire « homme de la forêt » en malais, est en grave danger du fait tant de la déforestation (c'est un singe arboricole) que du braconnage. On ne compte plus que 7 300 survivants.

4. Sur 8 espèces d'ours vivantes, 6 sont placées en liste rouge : le panda géant est en « danger » ; les ours polaire, andin, malais, lippu et noir d'Asie sont « vulnérables » (sur cette classification, voir chapitre VIII, note 132).

5. La chasse au tigre est pourtant interdite depuis longtemps en Chine comme en Inde ; mais l'animal souffre du rétrécissement de son habitat naturel et d'un braconnage très actif en raison du prix très élevé de ses dépouilles au marché noir. La population indienne de tigres est passée de 40 00 à 1 500 animaux en un siècle.

6. L'oryx algazelle (*Oryx dammah*), trop chassée et dont l'habitat naturel disparaissait, n'existe plus à l'état sauvage. On tente de la réintroduire au Niger et au Tchad.

7. L'esturgeon européen (*Acipenser sturio*), présent dans la plupart des estuaires européens il y a un siècle, a vu sa population se réduire à quelques milliers d'individus concentrés dans le bassin de la Gironde – trop peu pour sa survie – bien que l'espèce soit protégée en France depuis 1982 et en Europe depuis 1998. Un plan de sauvetage de cinq ans a été lancé en septembre 2007, avec lâchers dans la Dordogne d'alevins nés en captivité. La capture et la vente de cette espèce inscrite à la CITES (voir page 200) sont interdites, de même que les nouveaux projets de gravières qui pouvaient détruire les zones nourricières et de reproduction.

8. En Méditerranée, 42 % des espèces de requins sont menacées, dont 18 % en « danger critique ». 126 espèces figurent sur la liste rouge mondiale. L'UICN estime que 120 à 150 millions de requins sont pêchés chaque année dans le monde, dont la moitié dans le seul but de prélever leurs nageoires à destination du marché asiatique, après quoi ils sont rejetés en mer ; comment ne pas dénoncer tant la cruauté du procédé que le gaspillage de ressources ?

Annexe 39

DES ESPÈCES INVASIVES DANGEREUSES
POUR LA BIODIVERSITÉ

1. Voir les cas de l'ibis sacré d'Afrique tropicale, des bernaches du Canada, des cygnes noirs d'Australie, de l'érisimature rousse qui, en Espagne, menace la survie de la dernière population européenne à tête blanche. D'autres espèces exotiques, dont l'implantation récente paraît liée elle aussi au réchauffement climatique, comme le rossi-

gnol du Japon ou la mouette d'Égypte, semblent en revanche moins concurrencer les espèces locales.

2. La méduse *Rhopilema nomadica*, probablement arrivée d'Asie dans des eaux de ballast, prolifère en Méditerranée ; la moule zébrée, originaire de la Caspienne, colonise le bassin de l'Èbre en Espagne, éliminant la faune locale ; elle sévit aussi dans une demi-douzaine d'autres pays européens ; etc.

3. La carpe européenne représente maintenant entre 60 et 90 % des poissons présents dans le fleuve Murray.

4. La caulerpe – *Caulerpa taxifolia* – est une algue toxique accidentellement importée en Europe en 1984, à travers le Musée océanographique de Monaco. Avec sa cousine la *racemosa*, elle a déjà, malgré des efforts soutenus d'éradication, envahi 200 kilomètres de côtes entre Toulon et Gênes, éliminant 90 % des algues locales et nuisant à certaines espèces de poissons. La sargasse (*Sargassum muticum*), venue avec des huîtres japonaises en 1969, envahit surtout les côtes atlantiques et gêne les pêcheurs. La plus ancienne herbe proliférante exotique est la jussie (*Ludwigia peploides*) d'Amérique du Sud, introduite en France dès 1820, qui étouffe les autres plantes et comble les étangs et marais atlantiques ; l'ambrosie à feuilles d'armoïse, la renouée du Japon, qui s'est insinuée dès 1847, le buddleia de David, l'herbe de la pampa, la berce des prés, plante urticante, sont aussi répandus.

5. Ce fait est relaté par le PNUE ; l'introduction du mollusque, véhiculé par la coque de navires provenant de la côte Est des États-Unis, en 1982, aurait provoqué en dix ans la faillite de 26 sociétés de pêche commerciale.

6. Ce coquillage gastéropode, *Crepidula fornicata*, était déjà arrivé en Grande-Bretagne en 1870 avec des huîtres de Virginie, mais son apparition en France date du débarquement de 1944. Il parasite les élevages d'huîtres et de moules.

7. Le phylloxéra (un puceron américain destructeur de la vigne) est apparu dès le XIX^e siècle et le doryphore de la pomme de terre dans les années 1920. Actuellement, on s'inquiète par exemple de la diffusion en France du Nord-Est de la coccinelle chinoise, importée en 1982 pour lutter contre les pucerons.

8. Entre 1950 et 1974, les chercheurs ont observé 8 nouvelles espèces d'insectes exotiques en moyenne chaque année ; depuis 2000, ce chiffre a grimpé à 17 espèces, précise A. Roques, spécialiste des insectes forestiers à l'INRA. Mais la proportion de ravageurs augmente plus vite : on est passé d'une introduction accidentelle de ravageur tous les dix ans au début du XX^e siècle à un rythme de deux par an ces dernières années.

9. Il s'agit pour le maïs de la chrysomèle (voir chapitre IV, note 99), sans doute importée involontairement dans les Balkans vers 1992 par des avions militaires américains, pour la tomate et de nombreuses autres plantes de la noctuelle (*Heliothis armigera*) et pour les palmiers d'une chenille venue accidentellement d'Argentine en 2001, *Paysandia archon*, qui infeste l'Italie, la Côte d'Azur et le Languedoc.

10. L'argile du frêne est un petit coléoptère, arrivé en 2003 aux États-Unis sur des palettes de bois non traitées venant de Chine. Il détruit par millions les frênes qui forment une part importante du couvert forestier nord-américain. Ses dégâts sont estimés à 25 milliards de dollars d'ici 2030.

Annexe 40

DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DROIT INTERNATIONAL

1. Au Canada, par exemple, un commissaire au développement durable coordonne, depuis dix ans déjà, l'action de tous les ministères dans ce domaine.

2. C'est notamment le sommet de Göteborg, en juin 2001, qui a adopté la stratégie européenne de développement durable.

3. Leur suivi permanent est assuré par un Conseil national (CNDD) qui associe des représentants de la société civile et des collectivités locales.

4. Le principe de base des « responsabilités communes mais différenciées » posé à Kyoto repose sur le fait que les pays riches ont, du fait de leur développement industriel plus ancien, la principale responsabilité dans la dégradation écologique de la planète. Ce fait est certain, mais la conséquence qui en est tirée est désastreuse, car c'est bien de la croissance des PVD que viendront les principaux risques écologiques *futurs*.

5. Le FEM doit lutter contre quatre menaces majeures : le changement climatique ; la diminution de la biodiversité ; la dégradation des eaux internationales ; et l'appauvrissement de la couche d'ozone. Il a déjà financé près de deux mille projets, pour un montant de 7 milliards de dollars de dons, mobilisant plus de 20 milliards de dollars de cofinancements bancaires, en seize ans. Le rapport Stern estime que ses ressources devraient être multipliées par deux à trois pour promouvoir l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, et par dix pour un programme environnemental complet.

6. L'adaptation au changement climatique coûterait près de 100 milliards de dollars par an, autant que toute l'aide au développement actuelle (voir chapitre V). Le rapport *GEO-4* du PNUD estime que plus de 1 milliard de personnes ont été victimes de catastrophes naturelles en cinq ans dans le monde – deux fois plus qu'il y a vingt ans, du fait du réchauffement ; dans 98 % des cas, ces personnes vivaient dans un pays en développement. Voir aussi le rapport de la CNUCC présenté, fin 2006, à la conférence sur le climat de Nairobi.

7. Outre ces 6 milliards de dollars de dons annoncés par des pays avancés (États-Unis, Royaume-Uni et Japon), le Fonds d'adaptation verra son financement complété par un prélèvement de 2 % des sommes échangées dans le cadre du « mécanisme de développement propre ». Prévu dès les conférences de Bonn et de Marrakech organisant ce mécanisme de marché d'échange des droits à compensation, le prélèvement ne rapportera au début que 45 millions de dollars, mais atteindrait 300 à 500 millions de dollars par an d'ici 2012. En revanche, la demande d'élargir cette contribution de 2 % à l'ensemble du marché du carbone a été différée lors de la conférence de Poznan (décembre 2008) ; l'Union européenne a également reporté l'affectation éventuelle aux PVD d'une partie des recettes provenant de la mise aux enchères des quotas d'émissions de CO₂ dans le cadre du marché ETS.

8. Cette demande de transformer le PNUE – qui ne dispose que d'un budget très faible : environ 60 millions de dollars annuels, couverts par des contributions volontaires des États – en une « véritable organisation internationale à vocation universelle » (OME ou ONUÉ) a été exprimée à l'occasion de la Conférence pour une gouvernance écologique mondiale réunie à Paris en février 2007. L'Appel de Paris demande aussi l'établissement

d'une Déclaration universelle des droits et devoirs environnementaux (voir chapitre II, page 43).

9. On peut s'étonner par exemple de l'absence d'experts de l'environnement dans les « panels » désignés par l'OMC pour le règlement des différends lorsqu'ils mettent en cause des accords internationaux. L'article 20 des statuts de l'OMC devrait être modifié pour reconnaître aux accords multilatéraux sur l'environnement l'égalité avec les autres règles.

10. Cela alimente la remise en cause de la légitimité de ces institutions – celles qui encadrent l'économie étant soupçonnées de soutenir une mondialisation sans contrôle, tandis que les organisations sociales ou environnementales sont critiquées pour leur faiblesse. Il est vrai, toutefois, que la Banque mondiale prend de plus en plus en compte dans ses programmes la nécessité de préserver l'environnement, auquel elle consacre un cinquième de ses interventions. Sur les 20 à 30 milliards de dollars investis chaque année, 20 % vont à l'environnement, priorité désormais reconnue, alors qu'en 1999 ils ne représentaient encore que 6 % de ses engagements de l'année.

11. 46 pays ont tout de même souscrit, à la fin de la Conférence de Paris de février 2007 (voir note 8 ci-dessus et page 43) à une déclaration favorable à la création d'une organisation mondiale et prévoyant un « groupe des amis de l'ONU » pour la lancer.

12. L'appel pour établir un « GIEC de la biodiversité » a été lancé par J. Chirac, lors de la conférence sur la biodiversité réunie à Paris en janvier 2005. Ce mécanisme international d'expertise coordonnerait les efforts de préservation des espèces. Le projet a été précisé lors d'une réunion du mécanisme mondial d'expertise sur la biodiversité IMoSEB à Montpellier, en novembre 2007. La conférence serait organisée par le PNUE ; elle réunirait gouvernements, scientifiques et acteurs économiques. Le futur GIEB (Groupe international sur l'évolution de la biodiversité) devra être coordonné avec le programme Millenium Ecosystem Assesment (MEA), qui assure une évaluation scientifique de l'érosion de la biodiversité.

Annexe 41

LA « LISTE NOIRE » DES TOXIQUES LES PLUS DANGEREUX

1. Les dioxines (il en existe plus de 200 types, dont une dizaine seulement sont toxiques) peuvent avoir des effets cancérigènes, mais aussi cardio-vasculaires, endocriniens (sur la reproduction et le développement) et immuno-toxiques. Le directeur général de la Santé a indiqué que ces risques existent « probablement » à des expositions peu élevées, sans qu'on puisse à ce jour préciser les seuils de dangerosité.

2. Le Centre international de recherche sur le cancer a classé le formol comme « cancérigène certain » en 2004.

3. Les biocides sont utilisés par le grand public pour combattre diverses infestations animales : rats, poux, puces, etc. On en trouve aussi dans les désinfectants pour piscines, les produits de protection du bois et même dans des produits ménagers courants !

4. L'OCDE estime, dans son *Environmental Outlook 2008*, que le nombre de morts dues à cette couche basse d'ozone pourrait quadrupler d'ici 2030.

5. Constat fait d'abord seulement sur des souris, mais confirmé sur l'homme par plusieurs études publiées dans la revue *Environmental Health Perspective* : en août 2005,

une équipe américano-danoise a mesuré l'exposition à neuf phtalates de femmes enceintes et décelé une influence de ces perturbateurs endocriniens (ils agissent comme des anti-testostérone) sur la différenciation des sexes, troubles liés à la diminution de la fertilité masculine. En septembre 2008, une équipe française a confirmé qu'un phtalate très répandu, le DEHP, est directement nocif pour les cellules reproductrices humaines.

6. Ces polluants organiques persistants, difficilement biodégradables, ne peuvent être éliminés que par brûlage dans des fours à haute température.

Annexe 42

LES LOIS PROTECTRICES DE LA QUALITÉ DE L'AIR

1. La diminution des émissions domestiques et industrielles de dioxyde de soufre a été imposée à Hong Kong par une loi de 1990. Une étude de *The Lancet*, en novembre 2002, a montré un lien significatif entre la réduction de 45 % en moyenne de ces émissions et la mortalité locale dans les années 1990 : la mortalité globale a chuté de 2 % et l'espérance de vie serait allongée de 0,73 an pour les personnes exposées pendant quinze ans à une atmosphère où le SO₂ a été diminué de 10 microgrammes par m³.

2. En France, les émissions annuelles de dioxines toxiques (mesurées en « équivalents Seveso ») dans l'air sont revenues de 1 900 grammes en 1993 à un peu plus de 100 grammes en 2006. La présence de dioxine dans le lait commercialisé en France (cet indicateur est utilisé du fait de la tendance des dioxines à s'accumuler dans les matières grasses) a été ramenée, selon l'AFSSA, à 0,9 picogramme de matière grasse, soit un septième de la norme.

3. Cette réglementation frappera particulièrement les petits véhicules diesel, très appréciés en Europe et notamment en France : s'ils consomment moins et émettent donc moins de CO₂, ils dégagent trop d'oxydes d'azote (NO_x), d'hydrocarbures imbrûlés et de particules ; l'installation de filtres, rentable sur les plus gros modèles, est lourde pour eux, mais devient pratiquement obligatoire. La norme Euro-4, en vigueur depuis 2005, limite les émissions de NO_x et d'hydrocarbures à 0,30 gramme par kilomètre ; si toutes les voitures en circulation la respectaient, leurs émissions polluantes seraient réduites des deux tiers. Le plafond sera réduit à 0,23 gramme dans la norme Euro-5, applicable à partir de 2009, et à 0,17 gramme par kilomètre selon la future norme Euro-6, applicable en 2015. Pour les particules, le taux admis est ramené de 25 milligrammes par kilomètre dans Euro-4 à 5 milligrammes par kilomètre dans Euro-5 et Euro-6.

4. La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de décembre 1996 prévoit la mise en œuvre de « plans de protection de l'atmosphère » (PPA) – arrêtés après enquête publique – dans les villes de plus de 250 000 habitants ou les secteurs exposés du fait de particularités géographiques ou de la présence d'industries polluantes. La loi Borloo-II en préparation à la suite du Grenelle de l'environnement y ajoutera un principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur des bâtiments recevant du public.

5. – 35 % pour le benzène, – 40 % pour le chlorure de vinyle, – 65 % pour le plomb et – 50 % pour le cadmium.

6. Les concentrations enregistrées dans l'air de certaines de nos régions atteignent mille µg par m³, soit le triple du plafond autorisé par la réglementation européenne depuis le 1^{er} janvier 2005. Il en est de même en Italie et d'Espagne.

7. L'investissement, entamé dès 2004, portera sur 5,1 milliards de dollars d'ici 2010. Il permettra de réduire de 79 % les émissions de dioxyde de soufre et de 69 % celles d'oxyde d'azote par rapport au niveau de 2006.

8. La région de San Francisco, puis celle de Los Angeles limitent désormais l'usage des cheminées en hiver (interdiction des feux lors des pics de pollution, environ trente-cinq jours par an) et les interdisent dans les constructions nouvelles et les rénovations, pour réduire les rejets de suies chargées de particules fines. Un bonus est offert aux propriétaires qui troqueront leur cheminée à bois contre un modèle au gaz ou, mieux, à l'alcool, tout à fait « propre ».

9. Une vingtaine d'usines ont dû cesser ou ralentir leur production. Les chantiers de construction ont été stoppés et l'utilisation de solvants interdite à l'extérieur. La circulation automobile a été réduite de moitié.

10. Une récente étude néerlandaise montre que l'inhalation de vapeurs de diesel pendant trente minutes provoque des signes de stress durable dans l'activité électrique du cerveau ; ce serait dû à la pénétration des microparticules présentes dans ces fumées (*Particle and Fibre Toxicology*, mars 2008). Des chercheurs américains ont précédemment montré une baisse des capacités cognitives d'enfants exposés à ces polluants.

11. Selon une étude faite en 2004 par l'Agence française de sécurité sanitaire et environnementale, entre 6 et 11 % des décès par cancer du poumon chez les plus de trente ans en France peuvent être attribués à ces microparticules ; il s'y ajouterait 5 à 7 % des décès pour causes cardio-respiratoires, dans la même population. L'InVS a, dans une étude publiée en juin 2008 et portant sur 11 millions de personnes entre 2000 et 2004, mis en évidence une augmentation de 2,2 % du risque de décès pour 10 µg de particules supplémentaires par m³ d'air.

12. Selon le sénateur P. Richet, président du Conseil national de l'air (*Le Monde*, février 2008). Une étude publiée en septembre 2006 sur l'impact de la pollution sur l'espérance de vie dans 26 villes européennes (programme Aphis) conclut que ramener la moyenne annuelle de particules fines à 15 µg par m³ permettrait de diviser par trois le nombre de décès prématurés dus à la pollution de l'air ; S. Medina, coauteur de cette étude, estime que cela ferait gagner « entre un mois et deux ans d'espérance de vie en moyenne selon les villes ». L'OCDE, dans ses perspectives 2008 pour l'environnement, prévoit que les décès dus aux particules doubleront d'ici 2030.

13. La directive (loi-cadre) CAFE (Cleaner Air for Europe), devenue définitive en avril 2008, fixe un plafond de 25 µg par m³, ramené à 20 µg en zone urbaine, pour les particules très fines, qui s'appliquera dès 2010 à titre indicatif et sera contraignant à partir de 2015. Pour les particules moyennes (entre 2,5 et 10 microns), le plafond est maintenu à 40 µg par m³ en *moyenne annuelle* ; le texte autorise un dépassement jusqu'à 50 µg/m³ pendant 35 jours par an. En outre, la possibilité de déroger à ces normes (sur présentation d'un dossier justificatif) a été prolongée de trois ans : jusqu'à mai 2011 pour le plafond quotidien et janvier 2012 pour le plafond annuel.

14. Les niveaux retenus pour les trois plafonds retenus par la directive CAFE ont été contestés, mais en vain, par une pétition de scientifiques européens appelant l'attention sur les multiples risques sanitaires encourus.

15. Cette nouvelle norme de 15 µg/m³ pour les particules ultra-fines figure expressément dans les conclusions du Grenelle de l'environnement, avec le principe d'une nouvelle loi sur l'air. Le Plan national santé-environnement de 2004 avait déjà retenu l'objectif de réduire de 30 % d'ici à 2010 les émissions de particules par les véhicules diesel. Toutefois,

le projet de loi Borloo-2 d'octobre 2008 admet des dérogations à 20 ou même 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les zones urbaines, qui sont déjà les plus polluées...

16. La valeur journalière de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules de moins de 10 microns a été dépassée entre 80 et 220 jours en 2007 selon les stations de mesure parisiennes, au lieu d'un maximum toléré de 35 jours par an. La Commission européenne a demandé à la France, en 2007, des explications sur les mesures qu'elle compte prendre pour y remédier.

17. L'Allemagne accorde par exemple une ristourne de 330 euros sur la carte grise des voitures équipées.

18. La mesure imposant des filtres supplémentaires est en vigueur par exemple dans la capitale allemande, Berlin. Quant au péage urbain, il vient d'être triplé à Londres, qui en est l'un des promoteurs les plus efficaces, pour les voitures les plus polluantes (voir annexe 24, note 14).

19. Cette décision a été rendue en septembre 2007 par le tribunal administratif fédéral allemand à la demande du responsable des Verts de Munich, D. Janneck.

20. La directive européenne CAFE de 2008 ne vise que le chauffage urbain, alors que le chauffage domestique est pourtant aussi en cause ; c'est vrai bien sûr pour le charbon (rarement utilisé en France) ou le fuel ; mais de récentes études confirment l'importance des émissions venues de la combustion de la biomasse dans la pollution, qui justifierait des mesures : le programme de recherche européen Carbosol a montré que sur l'ensemble de l'Europe, la biomasse représente 50 à 70 % des aérosols carbonés (carbone en suspension dans l'atmosphère), avec des effets néfastes sur la santé (*Journal of Geophysical Research*, décembre 2007).

21. Selon des tests conduits par l'ADEME, les motos et mobylettes émettent jusqu'à dix fois plus d'oxyde de carbone et d'hydrocarbures imbrûlés que les voitures modernes. Un durcissement de la réglementation s'impose, car la demande spontanée de deux-roues à moteur écologique est faible. L'échec du scooter électrique Geopolis, lancé en 1996 par Peugeot, a conduit les constructeurs à proposer peu de motorisations innovantes ; Yamaha et Honda ne réalisent que des prototypes électriques ou hybrides ; Piaggio annonce un trois-roues hybride. En revanche, de multiples deux-roues électriques ou hybrides circulent déjà dans les villes chinoises.

22. Il causerait de ce fait 60 000 morts prématurées chaque année dans le monde, dont 25 000 en Europe, selon une étude publiée en novembre 2007 dans la revue *Environment Science and Technology*, qui a été présentée à l'OMI. La zone la plus largement polluée est l'Atlantique Nord-Ouest, mais le nombre élevé de décès estimé pour l'Europe est dû au régime des vents d'ouest dominants, qui rabattent les fumées. Les rejets de dioxyde de soufre, à l'origine des pluies acides, et de dioxyde d'azote sont aussi considérables (environ 6 millions de tonnes dans chaque cas).

Annexe 43

LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES : DANGERS ET PRÉVENTION

1. Une étude canadienne montre que les forêts humides du Costa Rica, qui forment l'un des 25 « points chauds » de la biodiversité planétaire (voir chapitre VIII), sont fortement polluées, notamment par des insecticides et des antifongiques organochlorés (*Environmental Science and Technology*, mars 2007).

2. Ce fait est abondamment documenté par la démasculinisation, voire le changement de sexe, d'alligators de Floride, d'ours de l'Alaska, de poissons, de grenouilles et d'oiseaux. Selon une expérience récente un fongicide, la vinclozoline, couramment utilisé jusqu'à son interdiction en Europe en décembre 2006, a des effets anti-androgènes (annulant l'hormone mâle) qui persisteraient jusqu'à la troisième génération (PNAS, mars 2007). Plus généralement, les produits phytosanitaires faussent ou émulent l'action des agents hormonaux, chez l'animal et très probablement chez l'homme.

3. Une étude publiée par *Nature* en octobre 2002 montre qu'en présence de concentrations élevées d'atrazine dans l'environnement, les grenouilles mâles de l'espèce *Rana pipiens* souffrent dans une forte proportion de retards de développement ou d'hermaphrodisme, ou même changent carrément de sexe. Cette constatation avait déjà été faite précédemment, mais en laboratoire, sur les xénopes (crapauds d'Afrique du Sud).

4. Transformation des organes sexuels, stérilité, voire changement de sexe... les mêmes constatations ont été faites pour la Tamise en Grande-Bretagne et pour le Potomac aux États-Unis.

5. En 2002, l'US Geology Survey a montré que 80 % des 139 rivières étudiées contenaient des résidus de médicaments, et la moitié des traces d'antibiotiques et d'hormones féminines (venant des pilules contraceptives et traitements de la ménopause), que les stations d'épuration ne parviennent pas à éliminer. Outre les produits phytosanitaires, ces hormones sont charriées par les cours d'eau jusqu'à la mer. Elles peuvent bloquer la fécondation des poissons ou entraîner leur féminisation.

6. Selon une étude pilotée par le Criigen en mai 2007, complétant des travaux de 2005, ces effets toxiques du Roundup apparaîtraient à des doses dix mille fois moins concentrées que la formule en vente courante (*Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, mai 2007). Le ministère de l'Écologie français a lancé en 2006 un programme national de recherche sur les perturbateurs endocriniens pour tirer cette question au clair.

7. Il n'existe encore que des preuves partielles d'atteintes à la fertilité masculine. Pour les tumeurs, des études américaines, confirmées par une enquête de 2005-2006 dans le Calvados, montrent une proportion accrue de cancers rares (estomac, prostate, leucémies, tumeurs cérébrales) chez les agriculteurs, les plus exposés aux pesticides. Et une étude réalisée en 2006 pour l'Association pour la recherche sur le cancer fait apparaître une multiplication par 2,6 du risque de tumeur cérébrale chez les personnes les plus exposées. Un rapport parlementaire de 2008 souligne toutefois que « si les risques liés à une exposition aiguë aux pesticides sont avérés, ceux liés à une exposition chronique à faible dose sont très controversés ».

8. L'étude montre une augmentation de près de 50 % du taux d'asthme atopique (allergique) chez 25 000 agricultrices américaines appliquant ou mélangeant régulièrement des pesticides (*American Journal of Respiratory Medicine*, janvier 2008).

9. Notre pays a utilisé 71 000 tonnes de produits pesticides actifs en 2006 – principalement des fongicides ; les insecticides proprement dits ne représentent qu'environ 3 000 tonnes. Ce chiffre se compare à 120 000 tonnes. en 1999, soit un recul de 41 % en sept ans. La consommation globale de produits phytosanitaires s'est, elle, réduite de 13 % en sept ans et continue de baisser d'un peu plus de 2 % par an. Les pays scandinaves font mieux : ils ont baissé de moitié leur consommation de pesticides en dix ans.

10. La première étude, publiée en avril 2008, a été conduite par les services de la répression des fraudes ; portant sur 3 500 échantillons prélevés en 2006, elle indique un dépassement de la limite maximale de résidus autorisée dans 6,3 % des cas pour les légumes et 5,5 % pour les fruits. L'Ineris a, en mai 2008, publié une évaluation de l'exposition aux pesticides de 130 enfants d'Île-de-France. 94 % étaient exposés à au moins un pesticide, et 88 % à du lindane, désormais interdit ! 70 % étaient en contact avec des produits organophosphorés.

11. Les biocides sont des produits luttant contre différents animaux et insectes nuisibles, mais présentant souvent des dangers pour leur environnement. L'UE a identifié 1 713 substances actives biocides.

12. Un observatoire des résidus de pesticides, géré par l'AFSSET, a été mis en place à cette occasion. La procédure d'autorisation de mise sur le marché a été réformée et confiée à l'AFSSA.

13. Le retrait des autorisations de mise sur le marché concerne plus de 1 500 préparations commerciales différentes de produits phytosanitaires contenant un des trente CMR (substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques) 1 et 2 ; l'interdiction ne porterait que sur la vente pour un usage domestique et dans les lieux publics. Pour éviter les pressions, les activités de conseil et de vente en matière de pesticides devront être séparées. Le retrait de 23 autres substances suivra d'ici 2012.

14. Par exemple, pour lutter contre la teigne de la pomme de terre, les agriculteurs bio utilisent non pas des produits chimiques, mais un virus qui tue lentement mais sûrement les larves de ces vers.

15. Par exemple, pour le maïs, un insecte qui s'attaque aux racines, le taupin.

16. Un nouvel insecticide « systémique », le Cruiser, produit par Syngenta, a été autorisé en France pour un an en janvier 2008, après avis favorable de l'AFSSA – à la différence de son concurrent de la même famille, le Poncho de Bayer. Mais il est déjà vivement contesté par les apiculteurs. En effet, sa molécule active, le thiamethoxam, détruit le système nerveux des insectes ; le produit, destiné à protéger les plants de maïs, enrobe la semence et se répand dans la plante pendant sa croissance, ce qui en fait un insecticide « systémique », comme le Régent et le Gaucho. Une étude du toxicologue L. Belzunces, de l'INRA, montre que ce produit peut, même à doses très faibles, perturber l'orientation des abeilles. Il est cependant autorisé dans 80 pays.

17. Le Pr Belpomme est l'instigateur de l'Appel de Paris de 2004 pour la prévention de la santé par la précaution environnementale. Son rapport, publié en septembre 2007, soupçonnait le chlordécone, longtemps utilisé dans les bananeraies, de contaminer les eaux et les aliments en Guadeloupe et en Martinique, entraînant des cancers (prostate et sein), une baisse de la fertilité et des malformations congénitales. Ces hypothèses ont déclenché une véritable psychose locale – l'écrivain Raphaël Confiant allait, dans le livre *Chronique d'un empoisonnement annoncé*, jusqu'à évoquer « une nouvelle forme de génocide par stérilisation » – avant d'être fermement contestées tant par l'INSERM que par l'InVS et l'AFSSA ; le Pr Belpomme lui-même a admis devant une commission parlementaire, en novembre 2007, que son rapport contenait des « inexactitudes... le chlordécone n'est probablement pas à l'origine de l'augmentation des cancers de la prostate aux Antilles », a-t-il reconnu.

Annexe 44

LES APPORTS POSSIBLES DE L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE EN FRANCE

1. La part des produits bio dans les cantines publiques passerait à 15 % dès 2010 et 20 % en 2012. La consommation de produits saisonniers et de proximité sera en outre favorisée. Le but est de promouvoir un système de production moins polluant et meilleur pour la santé (absence d'éléments chimiques, présence de nutriments plus nombreux) que l'agriculture intensive classique. Il est aussi prévu d'étiqueter 300 produits de grande consommation en fonction de leur impact environnemental.

2. Des dérogations permettraient d'utiliser certaines substances chimiques ; la présence d'OGM serait tolérée jusqu'au seuil de 0,9 % généralement applicable ; l'étiquetage permettrait à un produit majoritairement conventionnel de se présenter comme biologique...

3. Ceci est vrai dans nos pays ; en revanche, dans les PVD où les rendements sont actuellement faibles, l'agriculture bio pourrait les augmenter, grâce notamment au progrès apporté par une bonne rotation des cultures.

4. Enquête Opinionway de février 2008 : 39 % des sondés sont opposés à toute augmentation des prix alimentaires et 59 % demandent en priorité à l'agriculture de fournir des produits à prix accessibles ; 1 sur 4 seulement – surtout parmi les tranches supérieures de revenus – est prêt à accepter un surcoût significatif (au moins 15 %) pour des produits bio. L'enquête IFEN de décembre 2007 indique un taux de 34 % des ménages prêts à acheter des produits de ce type.

5. Certains produits bio baisseront plus vite que les autres ; ce serait notamment le cas de la volaille.

6. Le label AB (agriculture biologique), inscrit en lettres blanches sur fond vert, correspond à un cahier des charges européen précis, renforcé dans le cas français. Il existe deux autres grands écolabels officiels : la certification « NF environnement » et l'écolabel européen.

7. Les producteurs bio sont encouragés par un crédit d'impôt, récemment prolongé jusqu'en 2010.

8. Sans recours aux produits chimiques, les risques de pertes de récoltes sont plus élevés – en 2007, par exemple, les cultures bio ont été victimes d'attaques de champignons dues à l'humidité estivale ; en outre, le mildiou et la carie du blé ont ravagé de nombreuses surfaces. Les revenus sont donc plus aléatoires, d'où la nécessité de filets de sécurité pour encourager les producteurs.

Annexe 45

LES GRANDES FILIÈRES DU RECYCLAGE DES DÉCHETS

1. Le taux de 60 % correspond à l'objectif européen pour 2008. En volume, cela représente deux millions de tonnes de verre d'emballage recyclé ; il est broyé pour être transformé en calcin, qui sera fondu pour refaire du verre.

2. Plus 700 kilos de sable, 150 kilos de soude ou de potasse et 100 kilos de calcaire.

3. Outre les imprimés publicitaires, la mesure concerne la presse gratuite d'annonce, les magazines de marque et la presse d'entreprise, soit 40 % des 4,5 millions de tonnes annuels d'imprimés papiers en France. La bureautique (950 000 tonnes annuelles) sera soumise à cotisation en 2010 ; les livres et la presse payante resteront exonérés. En cas de non-respect, une amende du montant dissuasif de 900 euros par tonne sera imposée

4. Par exemple, EcoFolio demande à chaque émetteur de papier imprimé de lui verser une contribution volontaire de 35 euros par tonne et s'engage à reverser aux collectivités locales qui collectent les déchets une contribution modulée : 2 euros par tonne enfouie, mais 30 euros par tonne incinérée et 60 euros par tonne recyclée.

5. Aux États-Unis, la proportion de vieux papiers retraités est passée de 32 % en 1990 à 53,4 % en 2006.

6. Jusqu'à présent, seules 65 000 tonnes de déchets textiles sur 700 000 étaient recyclées en France ; le décret du 27 juin 2008 institue une « contribution environnementales textile », qui sera gérée par le groupement EcoTLC.

7. Des éléments entiers comme le démarreur ou le carburateur peuvent être vendus comme pièces de rechange d'occasion. L'acier (trié par aimantation), l'aluminium (trié par chocs électriques), le cuivre repartent en fonderie. Les métaux précieux des pots catalytiques (platine, or, argent, palladium) sont récupérés ; les huiles sont régénérées à hauteur de 45 % et brûlées pour 55 % ; le caoutchouc et les plastiques des pare-chocs, tapis de sol, etc. sont recyclés, de même que les verres des vitres et pare-brise...

8. Actuellement, 60 % du caoutchouc des vieux pneus est brûlé dans les fours des cimenteries et 20 % sont, après broyage, réutilisés pour constituer le sol de terrains de sport ou des sous-couches de routes. L'État financera le quart du coût de l'élimination des stocks restants, le solde étant pris en charge par manufacturiers et distributeurs.

9. Le protocole de Montréal a imposé, pour protéger la couche d'ozone (avec succès ; voir chapitre II, page 44) l'élimination des CFC et HCFC ; ils sont remplacés par des HFC (hydrofluorocarbones) et des PFC (hydrocarbures perfluorés) qui ont l'inconvénient de contribuer puissamment à l'effet de serre s'ils sont libérés, d'où la nécessité d'une vigilance particulière.

10. La fabrication d'un ordinateur avec écran de 17 pouces a nécessité près de deux tonnes de matériaux, dont 1,5 m³ d'eau, 240 kilos d'énergie fossile, 2 kilos de produits chimiques, etc. Il comprend 35 % de matières plastiques, 30 % d'acier et 10 % de métaux rares et coûteux comme le cuivre, l'or, l'argent, le cadmium... L'essentiel de ces composants peut être récupéré et valorisé.

11. La directive européenne D3E date de 2003 ; elle a été transposée par une loi française de juillet 2005, qui oblige les fabricants, à compter de fin 2006, à prendre en charge la récupération des équipements, *via* des organismes agréés.

12. L'écocontribution va d'un centime pour un téléphone portable à 13 euros pour une machine à laver ou un gros réfrigérateur ; pour un téléviseur, elle s'étage entre 1 et 8 euros. Elle rapporte 160 millions d'euros par an et s'appliquera jusqu'en 2013, le relais étant pris en direct par les producteurs, qui devront s'enregistrer auprès de l'ADEME et déclarer semestriellement les quantités mises sur le marché.

13. La récupération obtenue en 2008 devrait atteindre 4 à 5 kilos par habitant (contre moins de 2 kilos actuellement) sur une consommation totale de 13 à 14 kilos par personne (850 000 tonnes). Les entreprises ont accès (contre paiement), au même réseau de récupération et de recyclage, mais en fait, seuls 30 % de leurs équipements électriques

et électroniques passent par les circuits officiels. Il existe par ailleurs des réseaux spécialisés pour la récupération des vieux téléphones portables (6 millions sont jetés chaque année, en France !).

14. Ces matières dites « thermoplastiques », qui reprennent leur rigidité en refroidissant, comprennent le polychlorure de vinyle (PVC, utilisé pour les tubes et films), le polyéthylène (sacs, jouets) et le polypropylène (pièces automobiles, téléphones). 80 % des déchets plastiques sont thermoplastiques.

15. Pour le moment, 20 % seulement des emballages plastiques sont retraités, en France. Les bouteilles en PET (un plastique dérivé du pétrole, dont le coût est donc en forte hausse) sont partiellement recyclées pour faire de la laine polaire. L'utilisation de PET recyclé pour fabriquer directement de nouvelles bouteilles n'est autorisée que depuis 2007 ; les firmes Nestlé et Danone comptent réemployer ainsi un quart du PET utilisé, améliorant le bilan carbone de chaque bouteille de 17 %.

Annexe 46

POUR OU CONTRE L'INCINÉRATION DES DÉCHETS URBAINS

1. Un rapport de l'Institut de veille sanitaire paru fin 2006 et complété en mars 2008 conclut à « un lien statistique entre le niveau d'exposition aux incinérateurs dans les années 1970-1980 et l'augmentation de la fréquence de certains cancers » ; cette augmentation, mesurée sur un large échantillon (135 000 cas) est toutefois faible (moins de 10 %, sauf certains lymphomes et myélomes multiples) et le texte observe que ces résultats « ne peuvent pas être transposés au contexte actuel » d'incinérateurs, moins polluants et mieux contrôlés.

2. Les 3 incinérateurs en place à Halluin avaient contaminé le lait des vaches d'exploitations proches, qui contenait trois à cinq fois la quantité maximale autorisée de dioxines ; le bétail avait dû être abattu et les incinérateurs fermés ; la saturation des terres a conduit en 2001 à une nouvelle alerte sur la viande, le lait et les œufs produits localement, et à de nouveaux abattages. Une usine moderne, qui traite la moitié des 700 000 tonnes de déchets annuels de la communauté urbaine de Lille avec un très faible taux d'émissions, fonctionne depuis 2002.

3. Cette demande figure dans la « plate-forme nationale du corps médical » présentée en octobre 2007 par le Conseil national de l'Ordre des médecins et les principaux syndicats de praticiens. Outre les dioxines, les furanes et les PCB, molécules très proches (voir en annexe 41), les incinérateurs émettent des composés organiques volatils (hydrocarbures), des oxydes de soufre, d'azote et de carbone, de l'acide chlorhydrique, des poussières ou particules, du cadmium et divers métaux lourds (mercure, plomb, cuivre et zinc).

4. C'est par exemple le cas du nouvel incinérateur Isséane, en construction à Issy, près de Paris : partiellement enfoui (les fondations sont à 31 mètres sous terre) et bien intégré au site, il n'a ni cheminée ni fumées visibles ; sa surface sera entièrement recouverte de verdure ; les émissions de poussières, de chlore, de dioxine et de divers polluants chimiques seront largement inférieures aux normes en vigueur et la vapeur produite par la chaleur de la combustion annuelle de 460 000 tonnes de déchets alimentera le réseau local de chauffage urbain.

5. Ce chiffre concerne les nouveaux incinérateurs ; pour ceux déjà en place, le taux d'efficacité énergétique exigé sera seulement de 60 %.

6. La France comptait encore 130 sites d'incinération en 2007 contre 300 en 1998, mais les unités ne respectant pas les normes ont toutes été fermées avant 2005. Une unité d'incinération moderne émet cent fois moins de dioxine que ce n'était le cas en 1995 : la quantité totale de dioxines rejetées par nos incinérateurs serait revenue de 1 090 grammes en 1995 à 8,5 grammes seulement en 2006 selon l'ADEME, pour qui les risques sanitaires sont devenus « minimes, voire négligeables. On peut dire qu'aujourd'hui l'incinération n'est plus un problème de santé publique » (déclaration de M. Cheverry, *Le Monde*, juin 2007). La technologie de la « torche à plasma » (brûlage rapide à très haute température) permettrait en outre d'éliminer les cendres toxiques qui subsistent. Les études de l'AFSSA confirment que les émissions de produits dangereux, tant par l'industrie que par les usines d'incinération, ont notablement diminué.

7. La nouvelle limite pour les rejets de dioxines est de 0,1 nanogramme (milliardième de gramme) par m³ ; elle est nettement inférieure à celle datant de 1989 et applicable à partir de 1996, que la France n'était pas parvenue à respecter à temps, d'où sa condamnation par la CJE en 2002.

8. On peut toutefois regretter que la mesure en continu des rejets dans les cheminées ne soit pas obligatoire en France, comme elle l'est en Belgique. Seuls 16 de nos 130 incinérateurs se sont volontairement équipés de dispositifs de surveillance de ce type.

9. La taxe sur l'incinération serait de 5 à 20 euros la tonne, sauf en cas de rendement énergétique supérieur à 60 %.

10. L'un des projets les plus avancés, celui d'incinération et de méthanisation des déchets du Puy-de-Dôme, a été bloqué par décision préfectorale en juin 2008, faute de prendre suffisamment en compte le recyclage – ce qui ne résout pas pour autant le problème du traitement des 370 000 tonnes d'ordures du département.

11. Comme le font par exemple les Philippines depuis 1999.

BIBLIOGRAPHIE

Les adresses des éditeurs les plus renommés sont supposées connues. Pour les organisations internationales ou organismes officiels cités plusieurs fois, les références (adresse, site Internet éventuellement) ne sont pas répétées. Le lecteur se reportera à la première citation.

RÉFÉRENCES GÉNÉRALES ET INTRODUCTION

- ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) *Rapport d'activité annuel*, www.ademe.fr
- AGUITON (Christophe), *Le monde nous appartient*, Plon, 2001.
- ALLÈGRE (Claude), *Ma vérité sur la planète*, Plon, 2007
- Banque mondiale, *World Development Indicators (Indicateurs de développement mondiaux) 2008*, avril 2008, World Bank, Washington D. C., États-Unis, et éditions Eska, 12 rue du Quatre-Septembre, 75002 Paris ; www.worldbank.org ; www.eska.fr
- BROWN (Lester), RENNER (Michael), *L'État de la planète*, bilan annuel publié par l'Institut Worldwatch sur le développement durable
- CCNUCC (Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques), *Key GHG Data* ; unfccc.int/essential/background
- COCHET (Yves), *Sauver la Terre*, Fayard, 2003
- COHEN (Elie), *L'Ordre économique mondial*, Fayard, 2002
- DEFLESSELLES (Bernard), *Tous les défauts de la Terre. Pour une prise de conscience de l'urgence écologique*, Ramsay, 2007
- DIAMOND (Jared), *De l'inégalité parmi les sociétés. Essai sur l'homme et l'environnement dans l'histoire*, Gallimard, NRF essais, 2000
- Eurostat, office statistique de l'Union européenne, europa.eu.int/comm/eurostat/, ou epp.eurostat.ec.europa.eu
- FELLOUS (Jean-Louis) *et alii*, *Comprendre le changement climatique*, Odile Jacob, 2007
- FEMU (Fonds pour l'environnement mondial), *Rapport annuel*, www.gefweb.org
- FERRY (Luc), *Le Nouvel Ordre écologique*, Grasset, 1992
- FMI (Fonds monétaire international), *World Economic Outlook* (2 fois par an), 700, 19th Street N. W., Washington, D. C. 20431, États-Unis, www.imf.org/external/pubs/ft/weos
- FUKUYAMA (Francis), *La Fin de l'homme*, La Table ronde, 2002
- GÉNÉREUX (Jacques), *Une raison d'espérer*, Plon, 2000.
- GORE (Albert, dit Al), *Sauver la planète Terre*, Albin Michel, 1992 ; *Urgence planète Terre. L'esprit humain face à la crise écologique* (version actualisée du même livre), Alphée, 2007. Voir aussi le documentaire de 2006, très exagéré mais qui a

- eu un grand retentissement, *An Inconvenient Truth (Une vérité qui dérange)*, en DVD chez Paramount Home Entertainment
- GORZ (André), *Écologie et politique*, Galilée, 1975 ; *Écologie et liberté*, Galilée, 1977
- HULOT (Nicolas), *Pour un pacte écologique*, Calmann-Lévy, 2006
- Insee, statistiques en ligne ; www.insee.fr
- JACQUET (Pierre) et TUBIANA (Laurence), *Regards sur la Terre*, parution annuelle ; le volume 2007 (paru en novembre 2006) a pour dossier thématique « Énergie et changements climatiques » ; le volume 2008 (paru en novembre 2007) est centré sur « Biodiversité-Nature et développement », Presses de Sciences Po, coll. « Annuels », 117 boulevard Saint-Germain, 75006 Paris.
- JONAS (Hans), *Le Principe de responsabilité*, Le Cerf, 1990
- JUVIN (Hervé), *Produire le monde. Pour une croissance écologique*, Gallimard, coll. « Le Débat », 2008
- KOSCIUSKO-MORIZET (Nathalie), *Rapport au Parlement sur la lutte contre le changement climatique*, Assemblée nationale, juin 2006
- LOVELOCK (James), *La Revanche de Gaïa*, Flammarion, 2007
- OCDE (Organisation de coopération et de développement économique), *Environmental Outlook to 2030*, mars 2008 ; www.oecd.org ; statistiques en ligne, www.oecd.org/statsportal
- PNUD (Programme des Nations unies pour le développement), *Rapport mondial sur le développement humain* (annuel). L'édition 2007 porte sur « pouvoir, pauvreté et crise mondiale de l'eau »
- PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement), *GEO-4*, bilan environnemental d'ensemble comparant 4 scénarios possibles pour l'avenir de l'environnement en fonction des choix politiques, octobre 2007 ; UNEP, P.O. Box 30552, Nairobi, 00100, Kenya ; www.pnue.org
- REEVES (Hubert) et LENOIR (Frédéric), *Mal de Terre*, Seuil, 2003
- RIFKIN (Jeremy), *Le Rêve européen*, Fayard, 2005
- SMOUTS (Marie-Claude) et alii, *Le Développement durable. Les termes du débat*, Dalloz-Sirey, 2005
- SORIANO (Michel), *La planète va bien, c'est nous qui allons mal*, EMS, 2007
- STERN (Nicholas), *Rapport d'expertise et de prospective sur les effets économiques et humains du réchauffement global et les mesures à prendre*, Stern Review, octobre 2006
- STIGLITZ (Joseph), *La Grande Désillusion*, Plon, 2002 ; Livre de poche, 2003
- The Conference Board and Groningen Growth and Development Center, *Total Economy Database*, 2006 ; www.ggdc.net
- VIEL (Dominique), *Écologie de l'apocalypse. L'homme peut-il être sauvé ?*, Ellipses, 2006
- World Resources Institute (WRI), *Climate Analysis Indicators Tool*, 2006, cait.wri.org
- Worldwatch Institute pour le développement durable, *L'État de la planète*, rapport annuel publié par l'institut fondé par Lester Brown ; *Gros plan sur la Chine et l'Inde*, éditions État de la Planète ; www.delapalnete.org

CHAPITRE I : L'ACCUMULATION DES PÉRILS

- Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, compilation de Camille Carpentier synthétisant 866 études sur l'adaptation des espèces au changement climatique, Université du Texas, octobre 2006.
- AFSSA, *Rapport d'évaluation de l'impact du réchauffement climatique sur les risques d'apparition et de développement des maladies animales*, avril 2005 ; www.afssa.fr

- Agence européenne de l'environnement, EEA briefing 1/2005, *Changements climatiques et inondations liées aux rivières et fleuves en Europe*, 6 avril 2005
- Agence internationale de l'énergie (AIE), *Changements climatiques et inondations liées aux rivières et fleuves en Europe*, briefing, avril 2005 ;
- Agrawala (S.), *Changement climatique dans les Alpes européennes*, ouvrage collectif, OCDE, 2007 ; www.oecd.org/env/cc/alpes
- BARD (Édouard), *L'Homme et le climat, une liaison dangereuse*, Gallimard, coll. « Découvertes », 2005
- Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, « Étude sur la diffusion et les effets du virus "West Nile" en France », juillet 2007
- Canadian Medical Association Journal*, étude d'Amy Greer, Victoria Ng et David Fisman sur les conséquences sanitaires du changement climatique en Amérique du Nord, mars 2008
- CHASTEL (Claude), *Liens entre mouvements des oiseaux migrateurs et diffusion du virus de la fièvre du Nil*, revue *Virologie*, juillet-août 2000
- CIPRA (ONG) *Le Changement climatique et les Alpes*, 2006 ; www.alpmedia.net
- Circulation*, revue de l'association de cardiologie américaine ; étude de Beverley Balkau *et alii* sur les liens entre surpoids, diabète et maladies cardio-vasculaires dans le monde, novembre 2007, circ.ahajournals.org
- Colorado College, rapport *State of the Rockies*, 2006 ; www.coloradocollege.edu/StateoftheRockies.
- DAHAN DALMEDICO (A.), *Les Modèles du futur*, La Découverte, 2007
- DENHEZ (Frédéric), *Atlas du réchauffement climatique*, Autrement, 2007
- DURAND (Frédéric), *Le Réchauffement climatique*, Ellipses, 2007
- Emerging Infectious Diseases Journal*, étude du Dr Björn Olsen *et alii* sur la présence de bactéries multirésistantes aux antibiotiques chez des oiseaux de l'Arctique, janvier 2008
- Environmental Science and Technology*, étude de chercheurs norvégiens sur la pollution des lacs arctiques, février 2007
- EPSTEIN (Paul), « Réchauffement climatique et diffusion de la fièvre du Nil », *Scientific American*, août 2000
- FELLOUS (Jean-Louis), *Avis de tempêtes, la nouvelle donne climatique*, Odile Jacob, 2003
- FRUMHOFF (Peter), MCCARTHY (James) *et alii*, de l'Union of Concerned Scientists, *Confronting Climate Change in the US Northeast*, www.northeastclimateimpacts.org, juillet 2007.
- GALLUP (John Luke) et SACH (Jeffrey D.), « The economic burden of malaria », *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, juin 2001
- Haut Comité pour la santé publique, *Rapport sur les infections virales aiguës, importées, hautement contagieuses et leur prise en charge*, février 2002 ; www.hcsp.ensp.fr
- Geophysical Research Letters*, études de chercheurs du Laboratoire de glaciologie de Grenoble et de l'Université catholique de Louvain sur l'accélération de la fonte de la calotte glaciaire du Groenland, avril 2007 ; de J.-P. Gattuso *et alii* sur les conséquences de l'acidification des océans sur les animaux à coquille, avril 2007 ; de C. Vincent *et alii* sur le réchauffement climatique révélé par la température du glacier du Dôme du Goûter, août 2007 ; de K. Caldeira et D. Matthews sur les conséquences à long terme sur le réchauffement climatique de l'inertie thermique des océans, mars 2008 ; de D. Lawrence, P. Ciais *et alii* sur le risque de libération de carbone par le dégel du pergélisol lié à la réduction de

- la banquise arctique, juin 2008 ; d'A. Sterl *et alii* sur les canicules attendues d'ici la fin du XXI^e siècle, septembre 2008
- GESSAIN (A.) et MANUGERRA (J.-C.), *Les Virus émergents*, PUF, coll. « Que sais-je ? », 2005
- Global Change Biology*, article d'A. Menzel et son équipe sur l'accélération de la floraison des espèces végétales, août 2005
- Hypertension*, revue médicale américaine : étude de Pierre Boutouyrie *et alii* sur les effets de la pollution atmosphérique sur les vaisseaux sanguins, novembre 2007
- JANCOVICI (Jean-Marc) et LE TREUT (Hervé), *L'Effet de serre*, Flammarion, coll. « Champs », 2004
- Journal of Physical Oceanography*, étude de P. Klein et Bach Lien Hua (de l'Ifremer) et G. Lapeyre (de l'ENS) sur les « tourbillons » marins brassant eaux chaudes et froides, 2008
- KANDEL (Robert), *Les Eaux du ciel*, Hachette-Littératures, 1998 ; *Le Réchauffement climatique*, PUF, coll. « Que sais-je ? », 2002
- LAMBERT (G.), CHAPPELLAZ (J.), FOUCHER (J.-P.) et RAMSTEIN (G.), *Le Méthane et le Destin de la Terre*, EDP Sciences, 2007
- MONGET (Yannick), *Demain, la Terre*, La Martinière, 2006
- National Intelligence Council, *The Global Infectious Disease Threat and its Implications for the United States*, Washington D. C., janvier 2000 ; disponible sur : www.cia.gov
- National Institutes of Health (NIH), www.nih.gov
- Nature*, articles de D. M. Sigman et E. A. Boyle sur la variation du dioxyde de carbone atmosphérique en périodes glaciaires/interglaciaires, 2000 ; de C. Parmesan et T. Root sur les migrations de la faune et de la flore vers le Nord sur le continent nord-américain, janvier 2003 ; de R. Snow et S. Hay, de l'Institut de recherche médicale du Kenya, sur la progression de la malaria dans le monde, mars 2005 ; de K. Emanuel sur le doublement de l'énergie dispersée par les cyclones de l'Atlantique Nord ; de T. Barnett, J. Adam et D. Lettenmaier sur les conséquences de la réduction des glaciers et de l'enneigement sur l'alimentation en eau des bassins des grands fleuves, novembre 2005 ; de J. Foley *et alii* sur l'impact sanitaire global du réchauffement climatique, novembre 2005 ; de Harry Bryden *et alii*, du National Oceanography Center britannique, sur le ralentissement du débit du Gulf Stream, décembre 2005 ; de P. Bousquet *et alii* sur les causes et l'évolution prévisible des émissions de méthane dans l'atmosphère, septembre 2006 ; de S. LaDeau, A. Kilpatrick et P. Maua sur le déclin d'espèces d'oiseaux sauvages touchées par le virus West Nile, avril 2007 ; de S. Solomon (coprésidente du rapport scientifique du GIEC) *et alii* sur les conséquences du changement climatique sur les précipitations dans le monde, juillet 2007 ; de P. Ciais *et alii* sur la diminution de l'apport net des forêts au captage du CO₂, janvier 2008
- Nature Geoscience*, études d'E. Rohling *et alii* sur la hausse des eaux de la mer Rouge lors de la dernière période interglaciaire (- 120 000 ans), décembre 2007 ; d'Éric Rignot *et alii* sur le bilan glaciaire de la calotte antarctique, janvier 2008 ; d'Anders Carlson *et alii* sur la rapidité de la fonte de la calotte glaciaire lauréntidienne (Amérique de Nord) après la dernière glaciation, septembre 2008
- NICOLAS (Adolphe), *Futur empoisonné*, Belin, 2007
- OMM (Organisation météorologique mondiale) et GIEC, *Rapport sur les dérèglements climatiques*, Genève, août 2007
- OMM et PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement), *Rapport conjoint sur le rétablissement progressif de la couche d'ozone*, août 2003

- PETIT (Michel), *Qu'est-ce que l'effet de serre ?*, Vuibert, coll. « Planète vivante », 2003
- Philosophical Transactions of the Royal Society*, étude de Greg Holland et Peter Webster sur la fréquence des cyclones dans l'Atlantique Nord, juillet 2007.
- PLoS (Public Library of the Academy of Sciences) Biology*, étude sur l'influence des migrations aviaires sur le comportement alimentaire des moustiques *Culex pipiens* (vecteurs de la fièvre du Nil) sur la côte Est américaine, avril 2006
- PLoS One*, étude d'Anna-Bella Failloux et Marie Vazeille sur la mutation pathogène du virus du chikungunya responsable de l'épidémie de 2005-2006 à la Réunion, novembre 2007
- PLoS Medicine*, étude du Pr Pierre Druilhe sur le MSP3, candidat-vaccin contre le paludisme, novembre 2007
- PNAS (Proceedings of the National Academy of Sciences)*, études de J. Hansen sur l'incidence de la pollution atmosphérique sur l'effet de serre, 2000 ; de M. Barthélemy *et alii* sur la propagation des épidémies suivant les routes aériennes, février 2006 ; de G. Velders, S. Andersen *et alii*, sur la contribution de l'interdiction des CFC par le protocole de Montréal à la protection de la couche d'ozone, mars 2007 ; de P. Cliais *et alii*, sur l'accélération des émissions de CO₂ depuis le début du XXI^e siècle, mai 2007 ; de J. Smol et M. Douglas sur la fonte des glaces arctiques, juin 2007 ; de P. Canadell et C. Le Quéré sur les causes de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO₂ depuis 1990, octobre 2007
- RANDALL (Doug) et SCHWARTZ (Peter), *Rapport secret du Pentagone sur le changement climatique*, Allia, 2006
- Science*, articles : de W. S. Broecker sur la circulation thermohaline, talon d'Achille de notre système climatique et les effets déséquilibrants des rejets humains de CO₂, 1997 ; de R. Ackert, H. Conway, et I. Joughin sur l'évolution du niveau des glaces dans l'Antarctique, 1999 ; de J. P. Kennett, K. G. Cannariato, I. L. Hendy et R. J. Behl sur l'instabilité des hydrates de méthane pendant les périodes interglaciaires au quaternaire, 2000 ; de S. Levitus, J. I. Antonov, T. P. Boyer et C. Stephens sur le réchauffement de l'océan mondial, 2000 ; de G. Beaugrand sur la migration du plancton tropical vers les eaux froides, mai 2002 ; de l'Université Stanford sur les effets du changement climatique sur le rendement des cultures de maïs et de soja, février 2003 ; de R. Nemani sur les liens entre augmentation de la biomasse végétale et réchauffement climatique, juin 2003 ; de l'équipe coordonnée par D. Fonseca et R. Wilkerson sur la diffusion du virus West Nile aux États-Unis, mars 2004 ; de T. A. Scambos, J. A. Bohlander *et alii* sur l'accélération de la fonte des glaces dans la péninsule de Larsen (Antarctique), septembre 2004 ; de P. Webster et son équipe sur la fréquence des ouragans dans l'Atlantique Nord, septembre 2005 ; des Pr. J. Overpeck, Otto-Bliesmer *et alii* sur le scénario de montée des eaux et sur l'accélération du glissement des glaciers groenlandais vers la mer, mars 2006 ; d'E. Rignot et P. Kanangaratam, février 2006 et de S. Luthcke, octobre 2006, sur la perte de masse glaciaire au Groenland ; de G. S. Bhat sur les effets du réchauffement sur la mousson indienne, décembre 2006 ; de S. Rahmstorf sur la hausse prévisible du niveau des océans, décembre 2006 ; des experts du GIEC comparant prévisions et réalité constatée en matière de GES et de réchauffement climatique sur la période 1990-2006, février 2007 ; du Pr Mark Meier sur le rôle de la fonte des glaciers dans l'élévation du niveau des mers, juillet 2007 ; de J. Chen *et alii* sur le déficit de glace du Groenland, août 2007 ; de D. Iglesias-Rodriguez *et alii* sur la faculté d'espèces de phytoplancton à coquille de prospérer en présence de quantités accrues de CO₂, avril 2008 ; de J. Lenoir *et alii* sur la montée en altitude de la végétation en zone montagneuse, juin 2008 ; de Tad Pfeffer *et alii*

sur l'accélération de la fonte des calottes glaciaires, aboutissant à une prévision de hausse du niveau des océans de 0,8 à 2 mètres d'ici 2100, septembre 2008
 TURPIN (Laurent), *Le climat change, et nous ? 74 questions*, Spécifique, 2007
 WACKERMANN (Gabriel) *et alii*, *La Géographie des risques dans le monde*, Ellipses, 2005

CHAPITRE II : LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : UNE COURSE BIENTÔT PERDUE ?

- ALLAIT (Emmanuel), *L'Altermondialisme. Mouvance ou mouvement ?*, Ellipses, 2007
 BALIUNAS (Sallie) et SOON (Willie), critique des hypothèses de réchauffement climatique rejoignant celle de McIntyre, *Climate Research*, 2003
 BECK (Ulrich), *Pouvoir et contre-pouvoir à l'ère de la mondialisation*, Aubier, coll. « Alto », 2003
 BOWEN (Marc), *Censoring Science*, Dutton Books, 2008
 CARFENTAN (Jean-Yves), *La Mondialisation déloyale*, Fayard, 2002
 CRICHTON (Michael), *État d'urgence*, Robert Laffont, 2006
 CROIZÉ (Jean-Paul), *Climat, la fausse menace ?*, Carnot, 2004
 DORIZE (Lucien), *Le Climat, objet de curiosité et de polémiques*, Ellipses, 2005
 DUCROUX (Anne-Marie), *Les Nouveaux Utopistes*, Autrement, 2002
Earth and Planetary Science Letters, étude de V. Courtillot et J.-L. Le Mouél sur le lien entre géomagnétisme terrestre, éclairage solaire et réchauffement du climat, janvier 2007 ; commentaire d'E. Bard et G. Delaygue réfutant le lien avancé dans l'étude précitée, décembre 2007
 EWALD (François), GOLLIER (Christian) et SADELEER (Nicolas de), *Le Principe de précaution*, PUF, coll. « Que sais-je ? », 2001
 FITOUSSI (Jean-Paul), *Le Débat interdit*, Arléa, 1995.
 FORRESTER (Viviane), *L'Horreur économique*, Fayard, 1996.
 FOURÇANS (André), *Effet de serre : le grand mensonge*, Seuil, 2002
 GEISTDOERFER (Patrick), *La Mer et les Océans*, Ellipses, 2005
Geophysical Research Letters, études de M. Mann, R. S. Bradley *et alii* sur les températures de l'hémisphère nord au cours du dernier millénaire, 1999 ; de S. McIntyre et R. McKittrick sur les inexactitudes de la « courbe de Mann » sur le réchauffement climatique, 2005
 GÉRONDEAU (Christian), *L'Écologie, la grande arnaque*, Albin Michel, 2007
 GLUCKSMANN (André), *Ouest contre Ouest*, Plon, 2003
 Gouvernement britannique, *Planning for a Sustainable Future*, livre blanc, base d'une consultation de la population sur Internet, mai 2007
 GRET (Marion) et SINTOMER (Yves), *Porto Alegre : l'espoir d'une autre démocratie*, La Découverte, 2003
Journal of Climate, revue de l'American Meteorological Society, article de Rutherford *et alii* confirmant par d'autres méthodes la « courbe de Mann » et contestant les résultats de McIntyre et McKittrick (voir ci-dessus)
 KLEIN (Naomi), *La Stratégie du choc, la montée du capitalisme du désastre*, Actes Sud, 2008
 KOURILSKY (Philippe) et VINET (Geneviève), *Le Principe de précaution*, rapport au Premier ministre, Odile Jacob, 2000.
 LARCHER (Laurent), *La Face cachée de l'écologie*, Le Cerf, 2004
 LEPAULT (Sophie), *Il faut désobéir à Bové*, La Martinière, 2005
 LEROUX (Marcel), *Global Warming : Myth or Reality ? The Erring Ways of Climatology*, Praxis Springer, 2005

- LOMBORG (B.), *The Skeptical Environmentalist : Measuring the Real State of the World*, Cambridge University Press, 2001. www.lomborg.com ; traduction française, *L'Écologiste sceptique*, Le Cherche Midi, 2004
- MCINTYRE (Stephen) et MCKITRICK (Ross), article critiquant la méthode d'établissement de la « courbe en crosse de hockey » du réchauffement climatique, *Energy & Environment*, 2003
- MIGNONE (Bryan) *et alii* (Brookings Institution et Université de Princeton), étude sur les conséquences climatiques d'un report de la mise en œuvre des mesures de réduction des émissions de CO₂, revue *Climatic Change*, mars 2008
- Nature*, articles de Michael Mann, R. S. Bradley *et alii*, « L'échelle mondiale des températures et du forçage climatique au cours des six derniers siècles (origine de la "courbe de Mann") », 1998 ; de E. Parker sur les effets de l'activité solaire sur le réchauffement climatique, juin 1999 ; de H. von Storch et N. Stehr, « A-t-on surévalué l'impact des activités humaines sur le climat ? », juin 2000 ; de Michael Mann rectifiant des erreurs sur l'approche initiale de la courbe de réchauffement climatique mais maintenant le constat global, juillet 2004 ; de Nicolas Bellouin *et alii* sur l'effet de refroidissement du climat terrestre dû aux aérosols, décembre 2007 ; de N. Keenlyside, M. Latif *et alii*, sur l'interruption temporaire du réchauffement climatique par une oscillation naturelle d'ici 2015, mai 2008
- Nature Geoscience*, étude du Pr David Vaughan *et alii* sur l'existence d'un volcan souterrain qui expliquerait en partie la fonte des glaces en Antarctique Ouest, janvier 2008
- PORQUET (Jean-Luc), *L'homme qui avait presque tout prévu* (il s'agit de Jacques Ellul), Le Cherche Midi, 2003
- Revue Mauss, *Quelle autre mondialisation ?*, La Découverte, 2002
- PASSET (René), ancien président du conseil scientifique d'Attac, *Une économie de rêve ! la planète folle*, Mille et Une Nuits, 2003.
- PASTRÉ (Olivier) et VIGIER (Michel), *Le Capitalisme déboussolé*, La Découverte, 2002.
- Proceedings of the National Academy of Science* (PNAS), affinement de la courbe « en crosse de hockey » du réchauffement climatique, par Michael Mann *et alii*, octobre 2008
- Proceedings of the Royal Society*, étude de Mike Lockwood et Claus Fröhlich montrant que l'éclairement solaire a diminué depuis vingt ans, juillet 2007
- Review Geophysics*, article de Michael Mann *et alii* sur l'évolution du climat au cours des millénaires passés, 2002
- Science*, études de J. Esper, E. R. Cook, « Reconstruction de la variabilité des températures à partir des anneaux des arbres », 2002 ; de H. von Storch *et alii*, « Reconstruire le climat passé », montrant les inexactitudes de la « courbe de Mann » sur le réchauffement climatique, 2004 ; de J. Luterbacher, D. Dietrich *et alii* sur la variabilité saisonnière et annuelle des températures en Europe depuis 1500, 2004
- VADROT (Claude-Marie), *L'Horreur écologique. De l'inutilité du ministère de l'environnement*, Delachaux & Niestlé, 2007
- VERSCHAVE (François-Xavier) et LILLE (François), *On peut changer le monde*, La Découverte, 2002.

CHAPITRE III : LE TIERS-MONDE, UNE BOMBE ÉCOLOGIQUE ?

- Banque mondiale, *Cost of Pollution in China. Economic Estimate of Physical Damages*, rapport conjoint avec le gouvernement chinois, Conference Edition, juillet 2007 (mars 2007 pour la version préliminaire, moins expurgée) ; *Dancing with Giants. China, India and the Global Economy*, World Bank Institute of policy studies, 2007
- Fondation des Nations unies pour la population (FNUAP), *État de la population mondiale*, www.unfpa.org
- HAUB (Carl), *World Population Data Sheet*, Population Reference Bureau, 1875 Connecticut Avenue NW, Washington D. C., 200009-5728, États-Unis ; www.prb.org
- INED (Institut national d'études démographiques), Revue *Population* et documentation en ligne, www.ined.fr
- IFRI (Institut français des relations internationales), étude prospective sur le commerce mondial au XXI^e siècle, mars 2003
- JOUANNEAU (Daniel), *L'OMC*, PUF, coll. « Que sais-je ? », 2003
- Journal of Environmental Economics and management*, étude de chercheurs de l'Université de Californie réévaluant en hausse les émissions de gaz carbonique de la Chine, mai 2008
- LAMY (Michel), *L'Écologie dans tous ses états*, Ellipses, 2002
- LE GOIX (Renaud), *Villes et mondialisation : Le défi majeur du XX^e siècle*, Ellipses, 2005
- LOZAC'H (Catherine), *Brésil : rencontre avec un géant*, Géorama, coll. « Un regard sur le monde », 2003.
- LUGAN (Bernard), *God Bless Africa*, Éditions Carnot, 2003
- OCDE, *Rapport sur la pollution en Chine*, juillet 2007
- OMC (Organisation mondiale du commerce – World Trade Organization) *Statistiques du commerce international*, annuelles ; *Rapport sur le commerce mondial*, annuel ; 154, rue de Lausanne, CH 1211 Genève, Suisse ; www.wto.org
- ONU, division de la population, *World Population Projections* (statistiques de la population mondiale et prévisions d'évolution par zones de 2000 à 2050), et *World Population Prospects : The 2006 Revision*, 2007. United Nations Organization, New York, États-Unis ; www.un.org ; esa.un.org/unpp/
- Organisation internationale pour les migrations, *World Migration Report*, Publications des Nations unies, Genève, 2001.
- PASTY (Jean-Claude), *De Doha à Cancun : la libéralisation des échanges au service du progrès humain ?*, rapport du Conseil économique et social, juin 2003
- PISON (Gilles), *Tous les pays du monde (2007)*, synthèse des statistiques démographiques mondiales, INED, juillet 2007 ; www.ined.fr
- Programme des Nations unies pour les établissements humains, *Rapport sur l'état des villes du monde*, Londres, octobre 2008
- RAVIER (Paul-Henri), *De Doha à Cancun : les enjeux du cycle de négociations*, revue Politique étrangère, février 2003
- US Census Bureau, *Résultats du recensement de 2000 aux États-Unis et prévisions mondiales d'ici à 2050*, 2001 ; www.census.gov
- VERMANDER (Benoît), *Chine brune ou Chine verte, le défi de l'État-parti*, Presses Sciences Po, coll. « Nouveaux débats », 2007
- WWF (World Wildlife Fund), *Re-Thinking China's Outward Investment Flows*, rapport d'avril 2007

CHAPITRE IV : RÉCONCILIER SCIENCE ET ENVIRONNEMENT

- AFSSA, *OGM et alimentation : peut-on identifier et évaluer des bénéfices pour la santé ?*, 2004
- Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, article de Gilles-Éric Séralini, responsable scientifique du Crii-Gen, sur les conséquences rénales et hépatiques dues à la consommation de maïs OGM chez le rat, mars 2007
- BEUZIT (Pierre), *Hydrogène, l'avenir de la voiture ?*, L'Archipel, 2007
- BOUCHER (Stephen), *La Révolution de l'hydrogène*, Le Félin, 2006
- CABAL (Christian) et GATIGNOL (Claude), *La Voiture du futur : moins polluante et plus économe*, rapport de l'Office parlementaire de choix scientifiques et techniques, Assemblée nationale, 2006
- CRUTZEN (Paul), *Renforcement du réfléchissement terrestre par injections de soufre dans la stratosphère*, article de la revue *Climatic Change*, août 2006
- FAO, *Rapport sur la situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture en 2003-2004. Les biotechnologies agricoles, une réponse aux besoins des plus démunis ?* (voir notamment études sur les bénéfices du coton transgénique pour les petits producteurs en Chine et en Afrique du Sud), FAO, 2004
- KAFADAROFF (G.), *OGM : le gâchis*, Le Publieur, 2005
- KUNTZ (Marcel), *Les OGM, l'environnement et la santé*, Ellipses, 2006
- Journal of Plant Diseases and Protection*, étude de deux savants allemands sur la forte variation du taux de toxine insecticide dans les plants de maïs OGM, Mon 810, avril 2007
- LAFFITE (Pierre) et SAUNIER (Claude), *Les Apports de la science et de la technologie en développement durable*, tome I : *Changement climatique et transition énergétique*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques, juin 2006.
- LE DÉAUT (Jean-Yves) *et alii*, *Rapport de la mission d'information sur les enjeux des essais et de l'utilisation des OGM*, Assemblée nationale, 13 avril 2005
- Nature*, articles d'Ignacio Chapela et David Quist, de l'Université de Californie, sur la contamination de plantes locales par des gènes de maïs OGM (démenti par la suite par l'étude publiée dans PNAS) ; de Miroslav Radman *et alii* sur le mode de « réparation » de son ADN cellulaire par la bactérie *Deinococcus radiodurans*, septembre 2006 ; d'Antje Boetius, du Max Planck Institut de Brême, sur l'absorption d'émissions sous-marines de méthane par des micro-organismes, octobre 2006 ; de Stéphane Blain *et alii* disqualifiant les techniques de « fertilisation » du phytoplancton par adjonction de fer pour accroître l'absorption de CO₂ par les océans, avril 2007 ; de James Dumesic et son équipe sur les méthodes de production d'un nouveau biocarburant, le DMF, juin 2007
- Nature Biotechnology*, études d'Éric Duchaud et 25 chercheurs de l'INRA, de l'Institut Pasteur et de Bayer CropScience sur le séquençage du génome de la bactérie *Photorehabdus luminescens*, aux fortes capacités insecticides naturelles, novembre 2003 ; de Xiao-Ya-Chen *et alii*, et de James Roberts *et alii*, sur l'efficacité de l'interférence ARN transférée à des OGM contre, respectivement, les larves de chenilles de la tomate *Helicoverpa armigera* et de chrysomèle du maïs *Diabrotica virgifera*, novembre 2007 ; de B. Tabashnik *et alii* sur le développement par les noctuelles *Helicoverpa zea* d'une résistance à la toxine Cry1Ac de coton OGM
- Nature Nanotechnology*, articles de Vincent Chiang, de l'Université de Raleigh, sur la technique de création d'arbres OGM à teneur réduite en lignine, août 1999 ; de Neal Stewart et Ayalew Mentewab sur l'utilisation d'un gène de résistance provenant de la plante *Arabidopsis thaliana* et non plus de bactéries pour le tri des gènes d'intérêt dans les OGM, janvier 2006 ; de Kan Wang *et alii*, de

l'Université d'Iowa, sur l'implantation de nanoparticules protectrices au sein des végétaux, mai 2007

OURY (Jean-Paul) *La Querelle des OGM*, PUF, 2006

Pastor (Jean-Marc), *Quelles biotechnologies pour la France ?*, rapport de la Mission d'information sur les enjeux économiques et environnementaux des OGM, Sénat n° 301, 2003

PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences*), six études d'entomologistes, en juin 2000 et septembre 2001, portant sur le papillon monarque et le machaon écartant le risque d'effets toxiques du gène Bt du maïs OGM (invoqué dans un article de la revue *Nature* en mai 1999), qu'elles jugent « négligeable » aux concentrations rencontrées en plein champ ; articles : de Peter Van de Water *et alii* sur la diffusion à longue distance du pollen d'*Agrostis stolonifera*, une graminée transgénique, septembre 2004 ; de Charles Arntzen, Yasmin Thanavala *et alii*, sur une pomme de terre OGM vaccinant contre l'hépatite B, février 2005 ; d'Allison Snow (Université de l'Ohio), Exequiel Ezcurra (Institut national mexicain d'écologie) *et alii*, démentant la contamination des plantes de la région d'Oaxaca par du maïs transgénique, septembre 2005 ; d'Eviatar Nevo *et alii* sur le gène EhHOG de tolérance au sel découvert dans des champignons de la mer Morte, décembre 2005 ; de Rakesh Agrawal *et alii* de l'université Purdue d'Indiana, sur l'amélioration de la technique « BTL » (biomass to liquid) par la recapture du CO₂ émis, mars 2007 ; de Helen Sang, de l'Institut Roslin, sur la production d'un antiviral et d'un anticorps monoclonal dans des œufs de poules OGM, janvier 2007 ; de Marcelo Jacobs-Lorena *et alii* sur des moustiques transgéniques résistants au paludisme, mars 2007 ; de chercheurs de l'Université de Tokyo sur un riz OGM vaccinant contre le choléra, juin 2007 ; de Shaoan Cheng et Bruce Logan sur la production d'hydrogène par fermentation bactérienne, novembre 2007 ; de chercheurs de l'Université du Nebraska sur les possibilités du *switchgrass* (panic) pour fournir des biocarburants de seconde génération, janvier 2008

POCHON (André), *Les Sillons de la colère*, La Découverte, 2006

PricewaterhouseCoopers (cabinet de consultants), 2006 Fuel Cell Industry Survey, 2007

RIFKIN (Jeremy) *L'Économie hydrogène*, La Découverte, 2005

Science, articles de Linda Castle *et alii* sur le développement de résistances à l'herbicide Roundup (glyphosphate) dans les cultures tant classiques qu'OGM, mai 2007 ; de M. Behrens, Donald Weeks et leur équipe de l'Université du Nebraska sur la mise au point d'un OGM résistant au nouvel herbicide *Dicamba*, mai 2007 ; de Mario Soberon *et alii* sur l'addition aux OGM d'un gène accroissant le pouvoir insecticide de la toxine Bt, novembre 2007 ; de Falk Warnecke et d'Andreas Brune sur la décomposition de la cellulose par les termites, novembre 2007 ; de C. Harjes et E. Bucklet sur le marquage de gènes codant pour le bêta-carotène (provitamine A) dans les graines de maïs, janvier 2008 ; de Craig Venter *et alii* sur l'assemblage chimique et le clonage du génome entier de la bactérie *Mycoplasma genitalium*, janvier 2008 ; de Jian Zhou Zhao *et alii* sur le bénéfice apporté aux cultures classiques voisines par la réduction des populations de chenilles *Helicoverpa armigera* du fait des plants de coton OGM insecticide, octobre 2008

Transgenic Research, article de chercheurs de l'INRA, du CNRS et de Bioprotein Technologies sur la production d'un vaccin contre les rotavirus dans du lait de lapine génétiquement modifiée, décembre 2005

ZHANG (Percival) *et alii*, étude sur la production d'hydrogène par des micro-organismes décomposant l'amidon, *PLoS ONE*, mai 2007

CHAPITRE V : RÉCONCILIER ÉCONOMIE ET ENVIRONNEMENT

- BALLET (Jérôme) et CARIMENTRAND (Aurélie), *Le Commerce équitable*, Ellipses, 2007
- BELL (Robert), *La Bulle verte*, Scali, 2007
- BERNIER (Aurélien), *Le Climat otage de la finance*, Mille et Une Nuits, 2008
- BONTEMS (Philippe) et ROTILLON (Gilles), *L'Économie de l'environnement*, La Découverte, 2007
- BRADFORD (D.), *Improving on Kyoto : Greenhouse Gas Control as the Purchase of a global Public Good*, Université de Princeton, 2002.
- BROWN (Lester), *Écoéconomie, une autre croissance est possible*, Seuil, 2003.
- Cercle des économistes, *Un monde de ressources rares*, Perrin-Descatres, 2007
- CHALMIN (Philippe), *Cyclope 2007 : les marchés mondiaux*, Economica, 2007
- CLINTON (Bill), *Donner*, Odile Jacob, 2007
- Club de Rome, *Halte à la croissance*, 1972. Attention, le titre anglais, *The Limits of Growth*, donne une tonalité différente. Au lecteur de choisir...
- COCHRAN (Ian Thomas) et LEGUET (Benoît), *Fonds d'investissement CO₂ : l'essor des capitaux privés*, Caisse des dépôts et consignations, Mission climat, novembre 2007
- Commissariat général au Plan, *Horizon 2020 : l'État face aux enjeux du développement durable*, novembre 2005
- Commission européenne, *Réforme fiscale et environnement*, Livre vert, mars 2007
- DARNIL (Sylvain) et LE ROUX (Mathieu), *80 hommes pour changer le monde. Entreprendre pour la planète*, Le Livre de Poche, 2006
- Deutsche Bank et Conseil européen de l'énergie renouvelable, *Investir dans le changement climatique, nécessité et opportunités en période de turbulences*, octobre 2008
- ECKAUS (Richard), du MIT, et Wing (Ian Sue), de l'Université de Boston, étude montrant que la solution la plus efficace pour freiner la consommation d'énergie et les GES est la hausse du prix des combustibles, *Energy Policy*, novembre 2007
- GADREY (Jean), *Les Nouveaux Indicateurs de richesse*, La Découverte, coll. « Repères », 2005
- GODARD (O.), « Le Changement climatique planétaire. Le commerce de permis d'émission au service de la protection d'un bien collectif », *Revue d'économie financière* n° 66, 2002.
- GUESNERIE (Roger), *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*, rapport du Conseil d'analyse économique, La Documentation française, 2003.
- HANEMANN (M. W.) et FARRELL (A. E.), *Managing Greenhouse Gas Emissions in California*, Université de Berkeley, 2006
- HAWKEN (Paul), *L'Écologie de marché*, 1994
- JANCOVICI (Jean-Marc), *Le plein, s'il vous plaît*, Seuil, 2006
- JOLLY (Cécile), *L'Entreprise responsable. Sociale, éthique, verte... et bénéficiaire ?*, Le Félin, 2006
- KLEIN (Naomi), *No Logo*, Babel, 2002.
- LLEWELLYN (John), *Le Marché du changement climatique*, Lehman Brothers, 2007
- OIT (Organisation internationale du travail), PNUE et Worldwatch Institute, *Pour un travail décent dans un monde durable à faibles émissions de carbone*, septembre 2008
- PASTORE-REISS (Élisabeth) et NAILLON (Hervé), *Le Marketing éthique*, Village mondial, 2004
- PASTRÉ (Olivier) et VIGIER (Michel), *Le Capitalisme déboussolé*, La Découverte, 2002
- PHILIBERT C., *How Could Emissions Trading Benefit Developing Countries ?*, Energy Policy, 2000

- PHILIBERT (Cédric) et PRESHING (Jonatahan), *Beyond Kyoto Energy Dynamics and Climate Stabilization*, rapport OCDE/AIE, 2002
- RENOUARD (Cécile), *La Responsabilité éthique des multinationales*, PUF, 2007
- REICH (Robert), *Supercapitalism*, Vuibert, 2008
- RIEU (J.), *Politiques nationales de lutte contre le changement climatique et réglementation de la concurrence : le cas de la fiscalité*, Mimeo, ministère de l'Écologie et du Développement durable, 2002
- RIFKIN (Jeremy), *La Fin du travail*, La Découverte, 1996
- STIGLITZ (Joseph), *Quand le capitalisme perd la tête*, Fayard, 2003 ; *Un autre monde : contre le fanatisme du marché*, Fayard, 2006
- STIGLITZ (Joseph) et MUET (Pierre-Alain), *Governance, Equity and Global Markets*, Oxford University Press, 2001
- WINTREBERT (Raphaël), *Mesurer le bonheur : des indicateurs pertinents pour la France ?*, Fondation pour l'innovation politique, 2007 ; www.fondapol.org

CHAPITRE VI : COMMENT COMBATTRE EFFICACEMENT L'EFFET DE SERRE ?

- ADEME (Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), rapports et statistiques en ligne ; www.ademe.fr
- Agence européenne de l'environnement, EEA briefing 3/2004, *Transports et environnement en Europe*, 19 octobre 2004
- Agence internationale de l'énergie (AIE), *Transports et environnement en Europe*, briefing, octobre 2004
- ALDY (J. E.), ORSZAG (P. R.) et STIGLITZ (J. E.), *Climate Change : an Agenda for Global Collective Action*, Centre on Global Climate Change, octobre 2001
- American journal of science*, simulation du BRGM sur la dissolution progressive du CO₂ stocké dans les aquifères souterrains, 2007
- Caisse des dépôts et consignations, *Rapport de la Mission Climat*, novembre 2007, 56, rue de Lille, 75356 Paris CEDEX 7 ; www.caissedesdepots.fr
- JANCOVICI (Jean-Marc) et LE TREUT (Hervé), *L'Effet de serre. Allons-nous changer le climat ?*, Flammarion, coll. « Champs », 2004
- KEMPF (Hervé), *Comment les riches détruisent la planète*, Seuil, 2007
- Nature*, article de Michael Behrenfeld *et alii* sur la chute de l'absorption du carbone par le phytoplancton dans le Pacifique tropical, août 2006 ; de Gwyn Prins et Steve Rayner sur une approche alternative à celle du protocole de Kyoto, octobre 2007
- PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences*), étude de chercheurs du LLNL sur l'impact comparé des forêts septentrionales et tropicales sur le réchauffement climatique, avril 2007
- RADANE (Pierre), *Facteur 4*, rapport sur la réduction des émissions de GES en France, 2005
- RABOURDIN (Sabine), *Changement climatique. Comprendre et agir*. Delachaux & Niestlé, 2005
- Science*, article de Corinne Le Quéré, C. Rödenbeck *et alii* sur la chute des capacités d'absorption du carbone par l'océan Austral, mai 2007 ; de Scott Denning *et alii* sur la réestimation des capacités d'absorption du CO₂ par les forêts boréales et tropicales, juin 2007
- TELLER (Edward), *Geoengineering. A Climate Change Manhattan Project*, Université Stanford, 1998

CHAPITRE VII : QUELLE STRATÉGIE ÉNERGÉTIQUE POUR DEMAIN ?

- ACKERMANN (Galia), *Tchernobyl, retour sur un désastre*, Gallimard, coll. « Folio », 2007
- Agence européenne de l'environnement, EEA briefing 2/2004, *Subventions à l'énergie et énergies renouvelables*, 4 juin 2004
- Agence internationale de l'énergie (AIE), *Subventions à l'énergie et énergies renouvelables*, briefing, juin 2004 ; www.iea.org ou info@aiea.org ; *Renewables in Global Energy Supply*, janvier 2007 ; *Key World Energy Statistics*, 2007 ; *World Energy Outlook 2007, China and India insights*, novembre 2007 ; *Medium-Term Oil Market Report*, 2008 ; *Energy Technology Perspectives – Scenarios and Strategies to 2050*, 2008 ; *Energy Statistics of OECD Countries 2005-2006*, 2008 ; *Energy Balances of OECD Countries*, 2008
- Banque mondiale, *Extracting Industries Review. Striking a Better Balance*, 2007
- BATAILLE (Christian) et BIRRAUX (Claude), *La Durée de vie des centrales nucléaires et les nouveaux types de réacteurs*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 2003 ; www.assemblee-nationale.fr
- BIRRAUX (Claude) et LE DÉAUT (Jérôme), *Rapport sur les énergies renouvelables*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, décembre 2001
- BOBIN (Jean-Louis), NIFENECKER (Hervé), STEPHANI (Claude), *L'Énergie dans le monde*, EDP Sciences, 2008
- BONAL (Jean) et ROSSETTI (Pierre) (sous la direction de), *Énergies alternatives*, Écrin, Omniscience, 2007 ; www.omniscience.fr
- BOUCHER (Stephen), *La Révolution de l'hydrogène. Vers une énergie propre et performante ?*, Le Félin, 2007
- BRGM, *Statistiques sur les ressources minérales*, 2007 ; www.mineralinfo.org
- CEA (Commissariat à l'énergie atomique), « Systèmes nucléaires du futur, génération IV », revue *Clefs*, n° 55, été 2007 ; www.cea.fr
- COCHET (Yves) *Pétrole Apocalypse*, Fayard, 2005
- Commission européenne, *Plan d'action dans le domaine de la biomasse*, communication du 7 décembre 2005, JOCE du 28 février 2006
- CRUTZEN (Paul) *et alii*, « Effets des émissions de protoxyde d'azote dues aux cultures intensives de biocarburants sur le réchauffement climatique », *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, septembre 2007
- Environmental Science and Technology*, étude canadienne sur la pollution des sols forestiers du Costa Rica par les produits phytosanitaires, mars 2007
- FAO et OCDE, *Perspectives agricoles 2007-2016* (pour les biocarburants), juillet 2007 ; *Perspectives agricoles 2008-2017*, mai 2008
- Institut Montaigne, *Quelle politique de l'énergie pour l'Union européenne ?*, 2007
- JACQUET (Pierre) et TUBIANA (Laurence), *Regards sur la Terre. Dossier énergie et changements climatiques*, Presses de Sciences-Po, 2006
- NGÓ (Christian), *L'Énergie-Ressources, technologies et environnement*, Dunod, 2002 ; *Quelles énergies pour demain ? 94 questions*, Spécifique, 2007
- OLIVIER (Philippe), *Éoliennes. Quand le vent nous éclaire*, Privat, 2006
- PELLION (Antoine), *Renouveler la production d'énergie en Europe : un défi environnemental, industriel et politique*, Fondation Robert-Schuman, 2008 ; www.robert-schuman.eu
- PNAS (*Proceedings of the national Academy of Sciences*), étude de C. Le Quéré sur l'accélération de la croissance des émissions de GES dues aux énergies fossiles, mai 2007

- PRÉVOT (Henri), *Trop de pétrole !*, Seuil, 2007
- ROJEV (Alexandre), *Énergie et climat. Réussir la transition énergétique*, Technip, 2008.
- RTE (Réseau de transport d'électricité), *L'Équilibre offre-demande d'électricité en France à l'horizon 2020*, juillet 2007
- SCHEER (Hermann), *L'Autonomie énergétique. Une nouvelle politique pour les énergies renouvelables*, Actes Sud, 2007
- SCHWARTZ (Peter), *Inevitable Surprises*, Gotham, 2003
- Scientific American*, article de K. Zweibel, J. Mason et V. Fthenakis sur le projet *Grand Solar Plan* visant à produire de vastes quantités d'énergie solaire stockée sous forme de gaz comprimés, janvier 2008
- USGS (United States Geological Survey), *Natural Gas Hydrates : Vast Resource, Uncertain Future*, USGS Fact Sheet, mars 2001

CHAPITRE VIII : COMMENT PROTÉGER DURABLEMENT NOTRE PLANÈTE ?

- Agence française de développement, *Rapport annuel 2007*, mai 2008 ; www.afd.fr
- AID (Association internationale de développement), *Rapport annuel 2002* ; www.worldbank.org/ida
- Agence européenne de l'environnement, EEA briefing 1/2003, *État des eaux en Europe*, 27 novembre 2003 ; EEA briefing 1/2004, *Enrayer la perte de diversité biologique en Europe*, 9 février 2004 ; *Intégration de l'environnement dans la politique agricole de l'UE* (non-layouted version), 21 mars 2006 ; *La dégradation continue des côtes européennes menace le niveau de vie de ses citoyens*, 3 juillet 2006 ; *L'environnement en Europe*, quatrième évaluation, 10 octobre 2007
- Agence internationale de l'énergie (AIE), *État des eaux en Europe*, briefing, novembre 2003 ; *Enrayer la perte de diversité biologique en Europe*, briefing, février 2004 ; *Intégration de l'environnement dans la politique agricole de l'UE*, mars 2006 ; *La dégradation continue des côtes européennes menace le niveau de vie de ses citoyens*, briefing, juillet 2006 ; *L'Environnement en Europe*, quatrième évaluation, octobre 2007
- Alternatives économiques*, dossier « Environnement et développement. Le défi du XXI^e siècle », juillet 2002
- American Journal of Science*, simulation du BRGM sur la dissolution progressive du CO₂ stocké dans les aquifères souterrains, octobre 2007
- ANDRÉANI (Gilles), « Gouvernance globale : origines d'une idée », *Politique étrangère*, n° 3/01
- ARNAUD (Emmanuel), BERGER (Arnaud) et PERTHUIS (Christian de), *Le Développement durable*, Nathan, 2006
- Atlas mondial de l'eau*, Autrement, 2002.
- BafD (Banque africaine de développement), *Rapport annuel*, www.afdb.org
- Banque mondiale, *Le Financement du développement dans le monde*, 2007
- BARBAULT (Robert), *Un éléphant dans un jeu de quilles* (sur la réduction de la biodiversité), Seuil, 2006
- BARLOW (M.) et CLARKE (T.), *L'Or bleu : l'eau, le grand enjeu du XXI^e siècle*, juin 2007, Pluriel
- BARNEAUD (Lise) et TARDIEU (Vincent), *Santo. Les Explorateurs de l'île-planète*, Belin, 2007
- BasD (Banque asiatique de développement), *Rapport annuel 2002* ; www.adb.org
- BERTRAND (Agnès) et KALAFATIDES (Laurence), *OMC, le pouvoir invisible*, Fayard, 2002.

- BIANCO (J.-L.) et SÉVERINO (J.-M.), *Un autre monde est possible*, tomes 1 et 2, Notes de la Formation Jean-Jaurès, n° 20 et 23, Paris, 2001
- Bioscience, étude de Richard Mack *et alii* sur les plantes invasives en Chine, avril 2008
- BODIN-RODIER (Dominique), *La Guerre alimentaire a commencé*, Albin Michel, 2001
- BOURG (Dominique) et RAYSSAC (Gilles-Laurent), *Le Développement durable. Maintenant ou jamais*, Gallimard, coll. « Découvertes », 2006
- BOURGUIGNON (François), *Les Défis du développement global*, novembre 2007
- BRIONES (Hélène) et TELLENNE (Cédric), *Mondialisation, environnement et développement*, Ellipses, 2004
- Caisse des dépôts et consignations, *Rapport de la Mission climat*, novembre 2007, 56, rue de Lille, 75356 Paris CEDEX 07 ; www.caissedesdepots.fr.
- CAMDESSUS (Michel) *et alii*, *Eau*, Robert Laffont, 2004
- CASTEL (Odile), *Le Sud dans la mondialisation. Quelles alternatives ?*, La Découverte, coll. « Alternatives économiques », 2002 ; www.editionsladecouverte.fr
- CLINE (William), *Global Warming and Agriculture : Impact Estimates by Country*, Peterson Institute Publications, 2007
- CNUCED (Conférence des Nations unies sur le commerce et le développement), *Rapport sur le commerce et le développement*, annuel ; *Rapport sur l'investissement dans le monde*, annuel ; Palais des Nations, CH 1211, Genève, Suisse ; www.unctad.org
- COLBORN (Theo) *et alii*, *L'Homme en voie de disparition ?*, Terre vivante, 1998
- Commission européenne, *Rapport annuel sur la politique de développement européenne et la mise en œuvre de l'aide extérieure*, Office des publications officielles des Communautés européennes, L-2985 Luxembourg ; www.europa.eu.int:comm/europeaid/reports
- Commission sur la croissance et le développement, *The Growth Report*, sur la performance de 13 économies en développement ayant soutenu un rythme de croissance de 7 % pendant 25 ans ou plus, Banque mondiale, mai 2008 ; www.growthcommission.org
- Conseil économique et social des Nations unies, *Mise en œuvre d'« Action 21 »*, rapport du Secrétaire général à la Commission du Développement durable, février 2002
- DFID (Department for international development), Royaume-Uni, *Rapport annuel* ; www.dfid.gov.uk
- DIAMOND (Jared), *Effondrement. Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Gallimard, NRF essais, 2006
- DRANCOURT (Michel), *Les arbres ne poussent pas jusqu'au ciel*, Village mondial, 2003.
- FAO, *La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*, 2007 ; étude *World Agriculture : Towards 2030-2050*, montrant la possibilité d'augmenter les terres cultivées, 2007 ; rapport de H. Steinfeld *et alii* sur l'impact écologique de l'élevage, novembre 2006 ; rapport *L'Insécurité alimentaire dans le monde*, annuel ; *Rapport sur la diversité des animaux d'élevage*, 2001 ; www.fao.org ; voir aussi le rapport conjoint FAO/OCDE *Perspectives agricoles 2008-2017*, précité
- Fondation des Nations unies pour la population (FNUAP), *Population et disponibilités en eau à l'horizon 2050*, novembre 2001 ; www.unfpa.org
- Fondation Nicolas Hulot, *La Terre en partage, Éloge de la biodiversité*, La Martinière, 2005
- GALOCHET (Marc) *et alii*, *La Forêt, ressource et patrimoine*, Ellipses, 2006
- GEORGE (Susan), *Comment meurt l'autre moitié du monde*, Robert Laffont, 1977
- GRIFFON (Michel), *Nourrir la planète*, Odile Jacob, 2006

- GRUNDMANN (Emmanuelle), *Ces forêts qu'on assassine*, Calmann-Lévy, 2007
- GUÉRIE (Martine) et KING (Dominique), *Agriculture de précision*, Quae, 2007
- HACQUEMANT (Jocelyne), *Faim dans le monde et politiques agricoles et alimentaires : bilan et perspectives*, Conseil économique et social, 2008
- IZRAELEWICZ (Erik), *Demain, quel gouvernement pour le monde ?*, *Revue des Deux Mondes*, février 2000.
- JETIN (Bruno), *La Taxe Tobin et la solidarité entre les nations*, Descartes, coll. « Interfaces-économie », 2002.
- JOLY (Éric), *Écologiquement incorrect* (sur la relation avec le monde animal), J.-C. Godefroy, 2004
- JOLIAT-FERRIER (Laurent) et VILLY (Tania), *L'Empreinte écologique*, SAP, 2006
- KRUGMAN (Paul), *The Eternal Triangle*, disponible sur <http://web.mit.edu/krugman/www/triangle.html>
- LAFFITTE (Pierre) et SAUNIER (Claude), *Rapport sur les apports de la science et de la technologie au développement durable, tome II : La Biodiversité : l'autre choc ? l'autre chance ?*, Office parlementaire des choix scientifiques et techniques, Sénat, décembre 2007
- LAMBIN (Éric), *La Terre sur un fil*, Le Pommier, 2004
- LATOUCHE (Serge), *Justice sans limites*, Fayard, 2003.
- LEPELTIER (Serge), *Rapport d'information sur la mondialisation et l'environnement*, Sénat, 2004
- MANZAGOL (Claude), *La Mondialisation, données, mécanismes et enjeux*, Armand Colin, 2003.
- MARTINAND (Claude), *Environnement et développement durable, l'indispensable mobilisation des acteurs*, rapport du Conseil économique et social, 2003 ; www.ces.fr
- MAZOYER (Marcel) et ROUDART (Laurence), *Histoire des agricultures du monde*, Seuil, 2001
- MINC (Alain), *La Mondialisation heureuse*, Librairie générale française ; *Épîtres à nos nouveaux maîtres*, Grasset, 2002
- Ministère des Affaires étrangères, *Rapport annuel d'activité de la direction générale de la Coopération internationale et du Développement*
- MONET (Yannick), *Gaïa*, France-Europe, 2006
- NAHON (Daniel), *L'Épuisement de la terre, l'enjeu du XXI^e siècle*, Odile Jacob, 2008
- Nature*, études de Chris Thomas sur la perte de biodiversité à venir du fait du réchauffement climatique ; de T. Hayes sur les *Perturbations causées par l'atrazine sur le sexe des grenouilles en milieu naturel*, octobre 2002 ; d'A. Rodrigues *et alii* sur l'efficacité du réseau global d'aires protégées pour préserver la biodiversité, avril 2004 ; de David Lobell *et alii*, de l'Université Stanford, sur l'impact du changement climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire, janvier 2008
- NOTTRET (Patrick), *Mort sur la forêt*, Laffont, 2007
- OCDE, *Rapport du Comité d'aide au développement (CAD)*, annuel ; *Environmental Outlook to 2030*, 2008 ; www.oecd.org
- ONU, *Water for people, water for life*, 2003, consultable en ligne sur www.unesco.org
- PARMETIER (Bruno), *Nourrir l'humanité, les grands problèmes de l'agriculture mondiale au XXI^e siècle*, La Découverte, 2007
- PAULET (Jean-Pierre), *Le Développement durable*, Ellipses, 2005
- PEARCE (Fred), *Quand meurent les grands fleuves*, Calmann-Lévy, 2006
- PELT (Jean-Marie), *Nouveau Tour du monde d'un écologiste*, Fayard, 2005
- PNAS (*Proceedings of the national Academy of Sciences*), études de Helmut Haberl, Marina Fischer-Kowalski *et alii*, Quantifying and mapping the human appro-

- priation of net primary production in Earth's terrestrial ecosystems (évaluation de l'appropriation humaine de la production primaire nette), juillet 2007 ; de Céline Le Bohec, Yvon Le Maho *et alii* sur les conséquences de la hausse des températures sur la survie des manchots royaux, février 2008
- PNUD (Programme des Nations unies pour le développement), *rapport 2002 sur le développement humain*, annuel ; www.undp.org
- PNUE, *Asian Brown Cloud : Climate and other Environmental Effects*, août 2002 ; *Évaluation des écosystèmes pour le millénaire*, 2005 ; *GEO-4*, rapport sur la situation environnementale de la planète, novembre 2007 ; *Le Changement climatique, risque sécuritaire*, décembre 2007
- RAHNEMA (Majid), *Quand la misère chasse la pauvreté*, Fayard/Actes Sud, 2003
- REES (William) et WACKERNAGEL (Mathis), *Our Ecological Footprint : Reducing Human Impact on the Earth*, livre fondateur du concept d'empreinte écologique, New Society Publishers, 1995
- RISCHARD (Jean-François), *Vingt défis pour la planète, vingt ans pour y faire face*, Actes Sud, 2003.
- SACQUET (Anne-Marie), *Atlas mondial du développement durable*, Autrement, 2002
- Science*, articles (en anglais) de S. Stuart *et alii* sur les menaces d'extinction pesant sur nombre d'espèces d'amphibiens, octobre 2006 ; de B. Worm *et alii* sur le recul de la biodiversité marine dans le monde, novembre 2006 ; de R. Gullison, P. Friedlingstein *et alii* sur les effets à attendre d'un arrêt de la déforestation en termes de réduction des émissions de GES, mai 2007 ; de P. Kareiva *et alii* sur l'asservissement des paysages et des écosystèmes par l'homme, juin 2007 ; de K. Caldeira *et alii* sur les effets de l'acidification des océans sur la mortalité des coraux, décembre 2007 ; de chercheurs de l'Université Stanford sur les conséquences du réchauffement climatique sur la production céréalière dans les PVD, février 2008 ; de K. Carpenter *et alii* sur le risque d'extinction des coraux, juillet 2008
- SHIVA (Vandana), *Le Terrorisme alimentaire : comment les multinationales affament le tiers-monde*, Fayard, 2001.
- STRAUSS (J.) et THOMAS (D.), « Health, nutrition and economic development », *Journal of Economic Literature*, 1998.
- TAVERNIER (Yves), *Rapport sur les activités et le contrôle du Fonds monétaire international et de la Banque mondiale*, Assemblée nationale, décembre 2001
- THOMAS (Chris D.), CAMERON (Alison) *et alii*, étude sur le risque d'extinction d'espèces du fait du changement climatique, *Nature*, janvier 2004
- TROMMETTER (Michel) et WEBER (Jacques), « Biodiversité et mondialisation : défi global, réponses locales », *Politique étrangère*, février 2003
- Unesco, *Water for People, Water for Life*, 2003, consultable en ligne sur www.unesco.org
- Unicef (Fonds international de soutien de l'enfance), *Rapport annuel* ; www.unicef.org
- USAID (Agence gouvernementale américaine d'aide au développement), *Yearly Report 2002* ; www.usaid.gov
- WATSON (Robert), *Évaluation internationale des sciences et technologies agricoles au service du développement*, rapport rédigé avec les soutiens de la FAO et de la Banque mondiale, avril 2008
- WILSON (Edward), *Sauvons la biodiversité*, Dunod, 2007
- WWF (World Wildlife Fund), *Living Planet 2008*, rapport mis à jour tous les deux ans ; *Desalinisation : option or distraction for a thirsty world ?*, juin 2007

CHAPITRE IX : COMMENT DÉPOLLUER INTELLIGEMMENT LA TERRE ?

- ADEME, *Dioxines et polluants organiques persistants*, mars 2004
- AFSSA (Agence française de sécurité sanitaire des aliments), *Exposition de la population française à la contamination par les dioxines*, juin 2000 ; *Rapport annuel*, juillet 2003 ; étude multifactorielle sur les causes de la mortalité des abeilles dans cinq départements français entre 2002 et 2005, mars 2008 ; www.afssa.fr
- AFSSA et AFSSE (Agence de sécurité sanitaire environnementale), rapport conjoint montrant l'innocuité à court terme pour l'homme de l'ingestion non massive de fipronil (Gaucho), avril 2005, site précité
- Agence européenne de l'environnement, EEA Briefing 3/2005, *Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques en Europe*, 7 décembre 2005 ; *Qualité de l'air et bénéfices indirects des politiques en matière de changements climatiques*, 11 mai 2006 ; *Une meilleure gestion des déchets municipaux réduira les émissions de gaz à effet de serre*, 31 janvier 2008
- Agence internationale de l'énergie (AIE), *Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques en Europe*, briefing, décembre 2005 ; *Qualité de l'air et bénéfices indirects des politiques en matière de changements climatiques*, mai 2006 ; *Une meilleure gestion des déchets municipaux réduira les émissions de gaz à effet de serre*, janvier 2008
- American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, étude de Jane Hoppin et alii sur l'asthme atopique lié à l'utilisation de pesticides par 25 000 fermières de l'Iowa et de la Caroline du Nord, janvier 2008.
- ARGOS (collectif), *Réfugiés climatiques*, Infolio, 2007
- ASCHIERI (André), *La France toxique*. Santé-environnement : les risques cachés, La Découverte, 1999 ; *Silence ! on intoxique*, La Découverte, 2005
- BOYLE (Peter) et TUBIANA (Maurice), *Les Causes de la mortalité par cancer en France*, rapport conjoint des Académies des sciences et de médecine et du CIRC, septembre 2007
- BELPOMME (Dominique), *Avant qu'il ne soit trop tard*, Fayard, 2007
- BORM (Paul) et alii, étude sur la perturbation de l'activité cérébrale par l'inhalation de gaz d'échappement diesel (du fait des microparticules), *Particle and fibre technology*, mars 2008.
- CACHIER (Hélène) et alii, étude du LSCE (laboratoire mixte CEA-CNRS) et du centre municipal de surveillance de l'environnement de Pékin sur la pollution atmosphérique dans la capitale chinoise, mars 2008
- CHARBONNIER (Jacques), *Bhopal, la pire catastrophe de tous les temps*, Préventique, 2004
- Circulation*, « Complications cardio-vasculaires résultant de la pollution de l'air », juillet 2002.
- COLBORN (Theo), DUMANOSKI (Diane) et MYERS (John), *L'Homme en voie de disparition*, Terre vivante, 1997
- CONFIANT (Raphaël) et BOUTRIN (Louis), *Chronique d'un empoisonnement annoncé* (ouvrage extrêmement polémique, mais illustrant bien certaines craintes), L'Harmattan, 2007
- Conseil économique et social, *Les Enjeux de la gestion des déchets ménagers en 2008*, avril 2008
- Environmental and Occupational Medicine Journal*, étude de chercheurs de l'Université de Hambourg sur le rôle de la proximité du lieu d'habitation des mères avec des incinérateurs de déchets industriels sur la naissance de jumeaux, 2004

- Environment Science and Technology*, revue publiée par la Société américaine de chimie, étude de James Corbett *et alii* sur la pollution atmosphérique due au trafic maritime dans le monde, novembre 2007
- European Respiratory Journal*, revue médicale, enquête sur les conséquences de l'exposition de jeunes enfants à la pollution automobile (asthme, notamment), avril 2007
- ÉTIENNE (Jean-Claude) et GATINOL (Claude), *Pesticides, environnement et santé de l'homme : état des lieux et perspectives*, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques, février 2008
- Guide du traitement des déchets*, ouvrage collectif, Dunod, 2006
- HENDERSON (John) *et alii*, de l'Université de Bristol, « Effets toxiques pour les bébés des produits ménagers domestiques », *Journal européen de pneumologie*, mars 2008
- INSERM (Institut national pour la santé et la recherche médicale), *Les Risques pour la santé des dioxines dans l'environnement*, octobre 2000
- Institut français de l'environnement (IFEN), *Rapport sur l'état de l'environnement en France* (quadriennal), octobre 2006 ; *Les Pratiques environnementales des Français en 2005*, (étude conduite avec l'INSEE, l'ADEME et le ministère de l'Écologie), décembre 2007
- Institut national de veille sanitaire (InVS), étude de Pascal Fabre *et alii* sur la relation entre rejets atmosphériques des incinérateurs d'ordures ménagères et cancers, novembre 2006 (résultats provisoires) et mars 2008 (résultats définitifs)
- Journal of General Virology*, revue médicale américaine, article de Ilan Sela, de l'Université de Jérusalem, sur la mortalité des abeilles face au virus IAPV, 2007
- Journal of Geophysical Research*, étude d'Adams, Racherla et Dawson sur les liens entre réchauffement climatique et pollution à l'ozone à basse altitude, 2008
- LACOSTE (Élisabeth) et CHALMIN (Philippe), *Du rare à l'infini, Panorama mondial des déchets*, Economica, 2006
- MCDONOUGH (William) et BRAUNGART (Michael), *Cradle to Cradle*, ouvrage prônant le recyclage intégré des produits dès leur conception et fabrication, North Point Press, 2003
- MOORE (Charles), « La densité des déchets dans l'océan Pacifique », *Maritime Pollution Bulletin*, 2001
- Nature*, présentation des résultats du décryptage du génome de l'abeille domestique *Apis mellifera*, octobre 2006
- New England Journal of Medicine*, revue américaine, « Liens entre les émissions de microparticules et la mortalité dans vingt grandes villes américaines », décembre 2000 ; « Effets de la présence d'antibiotiques dans la chaîne alimentaire », 2001.
- NICOLAS (Adolphe), *Futur empoisonné. Quels défis ? Quels remèdes ?*, Belin, coll. « Pour la science », 2007
- OCDE, *La Performance environnementale de l'agriculture depuis 1990*, juin 2008
- PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences*), étude de M. Skinner *et alii*, de l'Université de l'État de Washington, sur la transmission à la descendance de rats d'anomalies de la reproduction dues à un antifongique, la vinclozoline, mars 2007
- Rapport de la commission d'orientation du Plan national santé-environnement*, coprésidée par les Pr I. Momas, J.-F. Caillard et B. Lesaffre, février 2004 ; *Évaluation à mi-parcours du Plan national santé-environnement*, mêmes auteurs, juillet 2007
- Science*, études de J. Lelievre, H. Bonesheim *et alii*, « Les carrefours de la pollution atmosphérique en Méditerranée », octobre 2002 ; d'I. Lipkin sur le rôle détermi-

nant du virus IAPV dans le « syndrome d'effondrement » des ruches d'abeilles, juillet 2007 ; de Diana Cox-Foster *et alii* expliquant la mortalité des abeilles par un virus paralysant, septembre 2007 ; de B. Halpern *et alii* sur la pollution des océans par les activités humaines, février 2008

SERALINI (Gilles-Éric) *et alii*, étude sur les effets perturbateurs de l'herbicide Roundup sur les cellules embryonnaires et les glandes endocrines, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, mai 2007

SILGUY (Catherine de), *Histoire des hommes et de leurs ordures*, Le Cherche Midi, 2005

The Lancet, études de N. Künzli, R. Kaiser *et alii*, sur les effets de la pollution atmosphérique sur la morbidité humaine en France, Autriche et Suisse, septembre 2000 ; de A. J. Hedley *et alii* sur la mortalité toutes causes et d'origine cardio-respiratoire après la réduction des teneurs en composés soufrés des carburants à Hong Kong, novembre 2002 ; des Pr P. Grandjean et P. Landrigan sur la toxicité neurologique des produits chimiques chez la femme enceinte et le jeune enfant, novembre 2007

Unicef et OMS, rapport conjoint *Eau et assainissement, le challenge de la décennie*, mars 2007 ; www.wssinfo.org

WACKERMANN (Gabriel) *et alii*, *Ville et environnement*, Ellipses, 2005