



CENTRE D'ECONOMIE ET D'ETHIQUE POUR L'ENVIRONNEMENT
ET LE DEVELOPPEMENT (UMR No.063 IRD & UVSQ)

RAPPORT DE RECHERCHE DU C3ED

**DE L'IRREVERSIBILITE A LA CONCERTATION
L'EVOLUTION DES PRATIQUES DE PROSPECTIVE
NATIONALE POUR LA MAITRISE DES RISQUES
COLLECTIFS ENVIRONNEMENTAUX**

Rapport Final

Centre National de la Recherche Scientifique
Programme « Risques Collectifs et Situations de Crise »

Sous la responsabilité scientifique :

Professeur Sylvie Faucheux (Sylvie.Faucheux@c3ed.uvsq.fr)

Avec la participation de :

Géraldine Froger & Christelle Hue (C3ED, UMR IRD/UVSQ)

Rapport N° 2001-02

Juin 2001

Centre d'Économie et d'Éthique pour l'Environnement et le Développement (C3ED)

Adresse principale : Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines

47 boulevard Vauban, 78047 GUYANCOURT Cedex France

Tel : +33 (0)1 39 25 53 75 Fax : +33 (0)1 39 25 53 00

Email : Publications.C3ed@c3ed.uvsq.fr

Internet : <http://www.c3ed.uvsq.fr>

**CENTRE D'ECONOMIE ET D'ETHIQUE
POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT**



**DE L'IRRÉVERSIBILITÉ À LA CONCERTATION
L'ÉVOLUTION DES PRATIQUES DE PROSPECTIVE NATIONALE POUR
LA MAÎTRISE DES RISQUES COLLECTIFS ENVIRONNEMENTAUX**

Programme Risques Collectifs et Situations de Crise

Centre National de la Recherche Scientifique

Juin 2001

Responsable scientifique: Professeur Sylvie Faucheux (Directrice C3ED)

Chercheurs du C3ED impliqués : Géraldine Froger, Christelle Hue

*Centre d'Économie et d'Éthique pour l'Environnement et le Développement (C3ED)
Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines
47 bd Vauban, 78047 GUYANCOURT Cedex France
Tel : 01 39 25 53 75 Fax : 01 39 25 53 00
Email : Secretariat@c3ed.uvsq.fr
<http://www.c3ed.uvsq.fr>*

TITRE : De l'irréversibilité à la concertation. L'évolution des pratiques de prospective nationale pour la maîtrise des risques collectifs environnementaux

Rapport final pour le
Programme Risques Collectifs et Situations de Crise
du Centre National de la Recherche Scientifique

Subvention : n°SUB99004DR11

Direction scientifique : Professeur Sylvie Faucheux
Directrice C3ED-EGER, Université de Versailles – Saint Quentin en Yvelines
47, boulevard Vauban - 78047 Guyancourt Cedex, France
Tel : 01 39 25 53 75 - Fax : 01 39 25 53 00
Email : Sylvie.Faucheux@c3ed.uvsq.fr

Chercheurs impliqués : Géraldine Froger, Christelle Hue

Mots-clés : Risques collectifs environnementaux, concertation, irréversibilité, prospective environnementale, foresight, veille environnementale, politique scientifique et technologique, politique environnementale, signal faible, alerte, développement durable

Date de rapport :

Période du contrat : Septembre 1999 – Mars 2001

Rapport intermédiaire : Septembre 2000

Rapport final : Juin 2001

6 mois supplémentaires ont été accordés pour bénéficier des derniers résultats des foresights de la Grande-Bretagne, des Etats-Unis et de l'Allemagne.

Publications liées au projet :

- S. Faucheux, C. Hue, "Politique environnementale et politique technologique : vers une prospective concertative", *Natures, Sciences, Sociétés*, vol. 8, n°3, pp. 31-44, 2000.
- S. Faucheux, M. O'Connor, "Technosphère vs écosphère – Choix technologiques et menaces environnementales : signaux faibles, controverses et décisions", *Futuribles*, n°251, mars 2000.
- S. Faucheux, C. Hue, "From irreversibility to participation : towards a participative foresight for the control of collective environmental risks", *Journal of Hazardous Materials*, à paraître 2001.
- S. Faucheux, C. Hue, "Les grands foresights internationaux : de nouvelles perspectives pour l'innovation technologique environnementale", soumis à *Futuribles*.

Participation à des colloques :

- S. Faucheux, I. Nicolăi, "Vers une prospective concertative pour la gouvernance du développement durable", 2èmes Journées de l'APREMA, Université de Corse, 22-23 mai 2001.
- S. Faucheux, "Vers une prospective concertative pour la gestion des risques environnementaux", conférence "Politiques technologiques : fondements et perspectives", Bordeaux, 27-29 septembre 2000.
- S. Faucheux, C. Hue, "From Technological to Social Foresights : New Concertative Tools for Sustainable Development Policies", présentation à la 3^{ème} conférence de la Société Européenne d'Economie Ecologique, Vienne, 3-6 Mai 2000.
- S. Faucheux, "L'évolution des pratiques de prospective pour la maîtrise des risques collectifs environnementaux", journées "Economie de l'Environnement" du PIREE, Strasbourg, 2-3 décembre 1999.

TABLE DES MATIÈRES

Section 1 – Introduction Générale	10
1.1. Le contexte et les enjeux	10
1.2. La problématique et les objectifs	13
1.3. La méthodologie et la démarche	14
1.4. Le plan du rapport	16
Section 2. La prospective dans le domaine de l'environnement : un éclairage méthodologique	17
2.1. « Foresight technologique » / « Foresight social »	18
2.2. Une nouvelle relation entre prospective et concertation collective : vers une « prospective concertative »	24
2.3. Une typologie des différentes méthodes de prospective	30
2.4. De la prospective à la veille	43
Section 3 - Une analyse comparative au niveau international des pratiques de prospective en matière d'environnement.	49
3.1. L'expérience américaine : une culture généralisée et fragmentée du « foresight technologique »	49
3.1.1. Les exercices de foresights technologiques les plus populaires : l'environnement en tant que priorité nationale en matière de compétitivité	49
3.1.1.1. L'exercice des Technologies Critiques	50
3.1.1.2. Les exercices de prospective de type technologies critiques pour l'environnement	54
3.1.1.3. Les « Road Maps » assurés par le secteur privé	56
3.1.1.4. Les exercices développés par les « think tanks »	58
3.1.1.4.1. Les exercices de la World Future Society	58
3.1.1.4.2. Les études de Coates & Jarratt	60
3.1.2. L'essor récent d'une réflexion autour d'une veille environnementale articulée à des exercices de prospective : le nouveau programme de l'EPA	68
3.1.2.1. Une nouvelle réflexion à l'EPA	68
3.1.2.2. L'exercice Remembering the Future : Applying Foresight Techniques to Research Planning at EPA	72
3.1.2.2.1. L'objectif de l'expérience	72
3.1.2.2.2. Quelques résultats	74
3.1.2.3. La mise en place d'un nouveau programme	76
3.2. L'expérience britannique : du <i>foresight</i> technologique à un <i>foresight</i> plus social sans véritable veille environnementale.	82
3.2.1. Le programme de prospective technologique (<i>technology foresight</i>) britannique (1993-1997)	83
3.2.2. Les caractéristiques générales du nouveau programme de <i>foresight</i> britannique depuis 1999.	89
3.2.2.1. Le point de départ : du livre blanc consacré à la stratégie politique pour une « société de la connaissance » aux orientations scientifiques du nouveau foresight.	90
3.2.2.2. La mise en place du nouveau foresight	92
3.2.2.3. Une nouvelle méthodologie d'interaction : le « bassin de connaissances »	97
3.2.3. Le nouveau programme de <i>foresight</i> britannique : l'étude des travaux menés par le groupe « Energie et Environnement Naturel »	98
3.2.3.1. La continuité entre les deux exercices de foresights britanniques	100
3.2.3.1.1. Une présentation des quatre scénarios	100
3.2.3.1.2. Le regard complémentaire du sous-groupe « Futurs énergétiques »	110
3.2.3.2. Les recommandations du groupe de travail Energie et Environnement Naturel (EEN)	127
3.2.3.2.1. Les défis et les opportunités	128
3.2.3.2.2. Le domaine d'application	129

3.2.3.2.3. Le dépassement des limites pour une application et un développement réussis	132
3.2.3.2.4. Les recommandations	133
3.3. L'expérience allemande en matière de foresight technologique : d'une finalité concurrentielle à une priorité écologique.	137
3.3.1. Une succession d'exercices de prospective technologique et scientifique depuis le début des années 1990	137
3.3.2. La dimension environnementale au cœur du DELPHI 1998	142
3.3.3. Les premières ébauches d'un foresight social	149
3.4. L'expérience japonaise : un précurseur en perte de vitesse en matière de foresight scientifique et technologique.	154
3.4.1. Les enquêtes DELPHI du NISTEP/STA : une longue tradition	156
3.4.2. Une part grandissante de la dimension environnementale	159
3.4.3. La septième étude Delphi	162
3.4.3.1. Les caractéristiques fondamentales du système japonais pour la science et la technologie	163
3.4.3.2. Les évolutions du système japonais pour la science et la technologie depuis le milieu des années 1990	164
3.4.3.2.1. L'élaboration de la loi fondamentale pour la science et la technologie et la formulation du plan fondamental	164
3.4.3.2.2. La réforme gouvernementale en 2001	165
3.4.3.3. La mise en place du nouvel exercice : Une tentative d'intégration des besoins socio-économiques	167
3.5. L'expérience des Pays-Bas : un foisonnement de foresights technologiques et sociaux dans le champ de l'environnement et du développement durable	172
3.5.1. « Technology Options for Environmental Problems »	174
3.5.2. Advisory Council for Research on Nature and Environment	176
3.5.3. Sustainable Technological Development Programme (DTO)	178
3.5.4. Le Foresight Steering Committee	180
3.5.5. « 81 Options. Technology for Sustainable Development »	182
3.6. Le cas français : la nécessité d'un soutien institutionnel pour valoriser des expériences originales	189
3.6.1. Deux grands foresights technologiques nationaux avec une ouverture environnementale	190
3.6.2. Un foresight de type social dans le champ de l'environnement	198
3.6.3. Un exercice international de veille stratégique dans le domaine de l'environnement	201
Section 4 – Retours sur expériences et enseignements pour la gestion des risques environnementaux collectifs	206
4.1. Les technologies environnementales en émergence : les secteurs, les marchés, les opportunités	207
4.1.1. Les points de convergence sur les futures innovations technologiques environnementales : un tour d'horizon des principaux foresights au niveau international	207
4.1.2. Les marchés potentiels des principales innovations technologiques environnementales	214
4.2. La pertinence des «signaux faibles» pour l'orientation des choix technologiques : Le rôle complémentaire de la veille par rapport à la prospective dans les politiques environnementales	221
4.2.1. L'accident Seveso	221
4.2.2. Les CFCs et la couche d'ozone	222
4.2.3. Les pluies acides et le pot catalytique	224
4.2.4. La mésaventure de la «vache folle»	226
4.2.5. Les organismes génétiquement modifiés	228
Section 5 –Quelques conclusions et recommandations	232

Annexes	235
Annexe 1a : Thèmes de recherche du groupe EEN du foresight britannique	236
Annexe 1b : Applications des scénarios "Environmental Futures" du Foresight britannique	238
Annexe 2 : Liste des interlocuteurs	239
Annexe 3 : Liste des Sites Internet consultés	242
Bibliographie	245

TABLE DES ENCADRÉS

<i>Encadré 2.1. Deux exemples de "foresight technologique " a des fins compétitives</i>	<i>19</i>
<i>Encadré 2.2. Un exemple de "foresight social" : Etude "81 Options. Technology for Sustainable Development"</i>	<i>22</i>
<i>Encadré 2.3. Quelques techniques courantes de processus concertatifs.....</i>	<i>26</i>
<i>Encadré 2.4. Des exemples de conférences de consensus</i>	<i>27</i>
<i>Encadré 2.5. Des exemples de jurys de citoyens</i>	<i>28</i>
<i>Encadré 2.6. Quelques références d'exercices DELPHI.....</i>	<i>32</i>
<i>Encadré 2.7. Le "Benchmarking" le plus courant relève davantage d'un exercice de veille ..</i>	<i>35</i>
<i>Encadré 2.8. Un exemple de découpage possible en niveau hiérarchique dans un exercice recourant à la méthode des "relevance trees"</i>	<i>37</i>
<i>Encadré 2.9. Exemple d'une étude prospective utilisant l'analyse multicritères</i>	<i>38</i>
<i>Encadré 2.10. Les signaux faibles</i>	<i>43</i>
<i>Encadré 3.1. Quelques exemples d'exercices de foresight réalisés par Coates & Jarratt</i>	<i>51</i>
<i>Encadré 3.2. Technologies critiques environnementales aux Etats-Unis</i>	<i>52</i>
<i>Encadré 3.3. Catégories correspondant aux technologies émergentes de l'étude de la World Future Society</i>	<i>59</i>
<i>Encadré 3.4. Quelques exemples d'exercices de foresight réalisés par Coates & Jarratt</i>	<i>60</i>
<i>Encadré 3.5. Recherche exploratoire pour anticiper les futurs problèmes environnementaux</i>	<i>78</i>
<i>Encadré 3.6. Les recommandations clés du panel "Environnement et Ressources Naturelles"</i>	<i>87</i>
<i>Encadré 3.7. Les défis en termes de R&D de l'analyse de l'ensemble des scénarios.....</i>	<i>125</i>
<i>Encadré 3.8. Les questions posées lors de l'exercice de consultation</i>	<i>126</i>
<i>Encadré 3.9. Les divers exercices de prospective technologique menés en Allemagne.....</i>	<i>138</i>
<i>Encadré 3.10. Les champs technologiques du sixième Delphi japonais.....</i>	<i>158</i>
<i>Encadré 3.11. Les champs de recherche prioritaires dans le domaine de l'environnement selon le 6^{ème} foresight.....</i>	<i>161</i>
<i>Encadré 3.12. Liste des 15 domaines explorés dans l'enquête Delphi avec indication du nombre de sujets par questionnaire</i>	<i>192</i>
<i>Encadré 4.1. Les différents exercices de foresights étudiés</i>	<i>208</i>
<i>Encadré 4.2. Dioxine et terreur à Seveso</i>	<i>221</i>
<i>Encadré 4.3. La politique du pot catalytique</i>	<i>225</i>
<i>Encadré 4.4. La mésaventure de la vache folle : des signaux faibles négligés</i>	<i>227</i>
<i>Encadré 4.5. Le maïs génétiquement modifié en Europe</i>	<i>228</i>

TABLE DES FIGURES

<i>Figure 2.1. Une typologie des méthodes de Foresight et des techniques concertatives auxquelles elles font appel.</i>	31
<i>Figure 3.1. Une typologie de l'expérience nord américaine en matière de foresight.</i>	81
<i>Figure 3.2. Le système de l'emballage.</i>	62
<i>Figure 3.3. Matrice trois tests / trois méthodes</i>	73
<i>Figure 3.4. Les différentes tâches du nouveau programme de foresight</i>	76
<i>Figure 3.5. Le cahier des charges des groupes sectoriels</i>	97
<i>Figure 3.6. La structure organisationnelle du groupe EEN</i>	98
<i>Figure 3.7. Les divers scénarios</i>	100
<i>Figure 3.8. La structure des réponses des différents membres de la société civile à l'exercice de consultation de l'EEN</i>	127
<i>Figure 3.9. Questions et thèmes de R&D pour l'énergie et l'environnement naturel – les étapes d'application.</i>	129
<i>Figure 3.10. Les différents exercices de foresight britanniques</i>	136
<i>Figure 3.11. Importance du champ thématique « environnement et nature » pour différents aspects de la société</i>	143
<i>Figure 3.12. Technologies efficaces d'un point de vue environnemental et contribuant au développement durable : scénarios du DELPHI'98 des concepts de production et d'utilisation des produits</i>	146
<i>Figure 3.13. Une typologie des expériences allemandes : des foresights de plus en plus environnementaux mais fondés sur des dires d'experts.</i>	153
<i>Figure 3.14. Procédure d'intégration des besoins socio-économiques</i>	167
<i>Figure 3.15. Une représentation de l'expérience japonaise en matière de foresight</i>	171
<i>Figure 3.16. Une typologie des expériences hollandaises en matière de foresights environnementaux</i>	186
<i>Figure 3.17. Les systèmes d'innovation poussés par l'environnement</i>	183
<i>Figure 3.18. Une typologie de l'expérience française en matière de prospective dans les années 1990.</i>	205
<i>Figure 4.1. Calendrier indicatif des futures technologies de l'environnement. Date de la première application commerciale attendue d'après les études de foresight.</i>	183

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 2.1. Une récapitulation des diverses méthodes de prospective</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 2.2. Méthodes de veille en fonction de l'objet et des objectifs de la veille</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 3.1. Les groupes sectoriels du technology foresight britannique (1995)</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 3.2. Groupes sectoriels, thématiques et thèmes transversaux du nouveau foresight.</i>	<i>93</i>
<i>Tableau 3.3. Objectifs et thématiques des groupes de travail du nouveau foresight.</i>	<i>94</i>
<i>Tableau 3.4. Caractéristiques générales des quatre scénarios</i>	<i>102</i>
<i>Tableau 3.5. Caractéristiques générales du scénario « marchés mondiaux »</i>	<i>114</i>
<i>Tableau 3.6. Caractéristiques générales du scénario « entreprise régionale »</i>	<i>117</i>
<i>Tableau 3.7. Caractéristiques générales du scénario « durabilité globale »</i>	<i>120</i>
<i>Tableau 3.8. Caractéristiques générales du scénario « intendance locale »</i>	<i>123</i>
<i>Tableau 3.9. Exemples de défis et d'opportunités</i>	<i>131</i>
<i>Tableau 3.10. Domaines thématiques du DELPHI 1998</i>	<i>141</i>
<i>Tableau 3.11. Ensemble des sujets traitant des technologies efficaces d'un point de vue environnemental dans le Delphi 1998 allemand</i>	<i>147</i>
<i>Tableau 3.12. Récapitulatif des différentes enquêtes DELPHI japonaises</i>	<i>157</i>
<i>Tableau 3.13. Ensemble des sujets concernant le champs Environnement du 6^{ème} Delphi japonais</i>	<i>160</i>
<i>Tableau 3.14. Options technologiques pour les problèmes environnementaux dans l'exercice hollandais « Technology options for environmental problems »</i>	<i>176</i>
<i>Tableau 3.15. Ruptures technologiques prévues par le programme DTO</i>	<i>179</i>
<i>Tableau 3.16. Une synthèse de plusieurs expériences en matière de prospective et de veille environnementales</i>	<i>187</i>
<i>Tableau 3.17. Intitulé des sujets prioritaires en environnement dans le DELPHI français avec leur date médiane de réalisation</i>	<i>194</i>
<i>Tableau 4.1. Exemples de domaines de recherche et d'application potentielles des innovations technologiques environnementales en fonction des catégories de marché</i>	<i>215</i>

SECTION 1 – INTRODUCTION GÉNÉRALE

1.1. Le contexte et les enjeux

Les études de prospective ont suscité, dans les années 1990, un regain d'attention qui s'est opéré dans les deux champs de la politique environnementale et de la politique technologique, rapprochés par la mise en œuvre des politiques de développement durable¹. En effet, si les avancées technologiques, moteur de la compétitivité, vont se multiplier à une vitesse inconnue dans la première moitié du 21^{ème} siècle (IPTS, 1999), elles seront aussi de plus en plus porteuses de risques, notamment du point de vue de leurs effets environnementaux. Citons, par exemple, les pollutions émanant de certains processus de production industrielle (produits et sous-produits chimiques, fuites accidentelles, exposition des travailleurs aux produits toxiques, etc...), des filières énergétiques fossiles (pluies acides, émissions de gaz à effet de serre), de l'électronucléaire (risques d'accident, transport de stockage de déchets, etc...), des biotechnologies, notamment des organismes génétiquement modifiés.

L'innovation technologique engendre aussi de nouveaux risques pour la société et peut donc conduire à de nouvelles formes de pollution (exemple dans le passé : CFC, pot catalytique, etc..). Ainsi, de nombreux auteurs insistent sur le fait que si les avancées technologiques vont se multiplier à une vitesse inconnue dans la première moitié du 21^{ème} siècle, elles vont aussi créer de plus en plus de risques, notamment du point de vue de leurs effets environnementaux (Halal et alii, 1998).

On peut d'ores et déjà donner ci-dessous quelques illustrations d'innovations prévues dans divers secteurs pouvant poser, à terme, de nouveaux défis à l'environnement :

- ❖ Un accroissement potentiel de la consommation de pétrole, de gaz et/ou de charbon et les émissions de combustion en résultant et les déchets de mâchefer, par exemple à travers l'introduction de transport supersonique.
- ❖ Un accroissement potentiel de l'utilisation de matériaux bruts rares (surtout le métal) qui pourrait résulter de la mise en œuvre des systèmes d'information et de communication.
- ❖ Un accroissement potentiel des émissions liées à l'agriculture (élevage) intensive.
- ❖ La génération possible de nouveaux déchets complexes, difficiles à évaluer et provenant de l'usage des composites métalliques-matrix et de la fission nucléaire.
- ❖ L'utilisation de davantage d'espaces due par exemple à de nouvelles infrastructures de transport.
- ❖ De nouveaux problèmes environnementaux et sanitaires liés, d'une part, à la propagation généralisée de la nourriture génétiquement modifiée pour produire de nouvelles catégories de plantes et d'animaux; d'autre part, à leur arrivée sur le marché (selon les différentes perspectives technologiques internationales, vers 2025, ces produits constitueraient 30% de la consommation alimentaire pour nombre de pays).

¹ Par la suite, nous utilisons indifféremment les termes de développement durable, développement soutenable, durabilité, soutenabilité.

Il est donc de plus en plus difficile de procéder à une évaluation univoque de la pertinence environnementale des nouveaux systèmes technologiques. A titre d'illustration, la croissance des moyens de communication et d'information, au lieu d'aller dans le sens de la dématérialisation, peut très bien engendrer un gaspillage d'énergie et de matières (Faucheux et Hue, 2001).

Par ailleurs, les problèmes environnementaux se présentent de plus en plus à un niveau global et dans le long terme, tout en comportant des risques collectifs irréversibles (effets externes, santé publique, générations futures, etc.). Sur ces questions, les faits sont le plus souvent incertains, les enjeux sont élevés et la décision est urgente (Funtowicz et Ravetz, 1991 ; 1994). Le décideur politique doit agir dans des conditions d'incertitude très forte, voire d'ignorance. L'environnement est désormais un sujet qui éveille de multiples conflits d'intérêts au sein des sociétés et entre elles (ex : pluies acides, diminution de la couche d'ozone, accroissement de l'effet de serre, pertes en biodiversité, problèmes de quantité et de qualité de l'eau) (Faucheux et O'Connor, 1999a ; Faucheux et Noël, 1990 ; Roqueplo, 1988).

Précisons que le terme risque environnemental peut se référer à toute sorte de changements dans l'environnement physique qui affectent de façon négative non seulement la vie humaine, la santé, les activités économiques et sociales mais aussi les conditions de vie d'autres êtres vivants.

La restauration des écosystèmes endommagés ou altérés par l'activité économique ou la pollution peut être très coûteuse sinon impossible. C'est pourquoi les impacts nocifs, comme les émissions de gaz à effet de serre ou les contaminations par des déchets toxiques, sont caractérisés par des irréversibilités temporelles. Il est devenu courant, dans le contexte des risques environnementaux, d'évoquer les dimensions suivantes :

- Une pluralité de valeurs sociales et donc de préoccupations et de critères de justification divergents.
- Des incertitudes irréductibles.
- Des enjeux distributionnels et décisionnels élevés.

Devant les perspectives de menaces durables et de changements irréversibles causés aux écosystèmes (pertes d'espèces, déforestation, salinisation des sols, modifications génétiques, stockage de déchets toxiques durables), les enjeux décisionnels se complexifient. Qui va souffrir du dommage et qui va être en mesure d'obtenir un bénéfice ? Les victimes potentielles actuelles et futures des dommages sont-elles en situation de pouvoir exprimer leurs préoccupations ? Les nuisances écologiques comme la dégradation des écosystèmes, les perturbations des cycles hydrologiques et atmosphériques, les substances toxiques sur les lieux de travail et dans l'environnement peuvent peser sur des populations très larges . Les « effets secondaires », souvent inattendus, n'émergeront dans de nombreux cas qu'après de longues périodes et sur de grandes distances. La question d'équité intertemporelle, au cœur de la notion de développement durable, se pose dès que les générations qui perçoivent les bénéfices ne sont pas les mêmes que celles qui subissent les coûts (Faucheux et O'Connor, eds, 1998).

Les enjeux d'irréversibilité se révèlent à travers une dimension souvent oubliée des menaces environnementales liées aux choix technologiques, celle de l'héritage du passé. En effet, lorsqu'une technologie est abandonnée pour une nouvelle (par exemple l'énergie nucléaire en Allemagne ou l'exploitation des mines de charbon en France il y a quelques décennies), ses impacts environnementaux et/ou sociétaux ne sont pas immédiatement résolus. Ainsi, en France, en raison de l'inondation des mines de charbon désaffectées, des problèmes de pollution d'eau et des sols surgissent. En Allemagne, plusieurs générations futures devront vivre avec des risques potentiels associés aux déchets nucléaires. Avec la durée de vie des innovations technologiques qui devient de plus en plus brève, un nouveau défi de veille apparaît face aux technologies abandonnées. La nécessité de maintenir une compétence technologique pour de telles technologies se fera de plus en plus sentir dans le futur, afin d'éviter, pour les générations futures, des crises environnementales, sociales, voire économiques. Comment concilier le besoin d'introduire toujours plus d'innovations technologiques avec la nécessité de gérer les impacts toujours plus nombreux des systèmes technologiques choisis dans le passé ?

Face aux irréversibilités des risques collectifs environnementaux, la prévention s'impose, ce qui implique un engagement en amont de toute politique de choix technologique. Les adaptations ex post ne sont plus possibles. La réponse passe par une maîtrise du risque ex ante, d'où la notion de prospective. Les années 1990 ont apporté une accélération significative des activités de prospective dans de nombreux pays, notamment européens, mais dans des optiques différentes de ce qui se pratiquait dans le passé. Jusqu'à présent, la notion de prospective (notamment en matière environnementale) s'est fondée en grande partie sur des dires d'experts scientifiques et techniques. Or, dans le nouveau contexte des risques environnementaux, la science et la technologie ne sont pas toujours en mesure, à elles seules, de prendre la responsabilité pour désigner le "bon" ou le "meilleur" choix technologique. La qualité décisionnelle est alors à poursuivre en articulant l'expertise à la concertation des acteurs représentatifs de la "demande sociale". Il s'agit de "reconcilier savoirs profanes et connaissances scientifiques pour permettre un véritable exercice de la démocratie technique" (Callon, 1998). D'ailleurs, les pays qui ont le plus perfectionné les exercices de prospective et qui sont parmi les plus avancés des points de vue de l'innovation technologique et de la maîtrise des risques environnementaux, affirment de concert qu'il s'agit aujourd'hui de se focaliser sur l'aspect demande sociale.

Rappelons que, selon Sagoff (1998), pour aborder la demande sociale, deux niveaux interviennent : (i) les préférences individuelles telles qu'elles sont exprimées par les choix du consommateur dans une situation donnée ; (ii) l'avis de l'individu en tant que membre de la collectivité, c'est-à-dire fort de son statut de citoyen au niveau local, national et même planétaire. Sur cette base, la question des processus décisionnels démocratiques est de plus en plus analysée de façon délibérative et pas seulement comme un agrégat des comportements stratégiques. Ceci nous renvoie de nouveau à la construction et à la mise en œuvre de processus sociaux de concertation.

Dans ce cadre, certains ne parlent déjà plus de « foresight technologique », mais de « foresight social ». Les enquêtes DELPHI sont, soit en cours de restructuration totale, soit tombées en désuétude, soit utilisées de façon complémentaire avec d'autres méthodes capables d'intégrer cette nouvelle orientation. Ainsi, le gouvernement britannique a-t-il annoncé en octobre 1999, le lancement d'un nouvel exercice de prospective totalement recentré sur la « demande sociale ». Les thèmes choisis et l'accent mis sur la participation des forces sociales montrent que ce nouveau « foresight » sera largement orienté vers « l'animation sociale » et la valorisation de l'utilité sociale de la science pour tous (Masood, 1998 ; Barré, 1999).

Les études de prospective ne prétendent plus prédire le futur. Le terme de « forecast » (prévision) a d'ailleurs été abandonné au profit de celui de « foresight » (difficilement traduisible en français). Elles doivent plutôt offrir des visions du futur, allonger l'horizon temporel des stratégies des politiques scientifiques et technologiques et inciter les acteurs à prendre part au développement du futur. Elles constituent donc un moyen, a priori, d'améliorer l'interaction stratégique entre les acteurs clés et d'anticiper la mise en œuvre politique. La problématique s'est donc renversée dans le sens où le processus de l'étude de prospective importe autant que les résultats, ce qui renvoie à l'hypothèse de rationalité procédurale (Faucheux et O'Connor (eds), 1998). Le concept de « foresight » devient en lui-même un instrument pour faciliter les processus de concertation sociale. C'est la raison pour laquelle nous pouvons parler de l'émergence d'une "prospective concertative".

1.2. La problématique et les objectifs

Notre recherche porte sur l'introduction des méthodes, outils et pratiques de « prospective concertative ». Cette dernière consiste à étendre les procédures d'expertise collective et d'intégration des experts dans de nouvelles procédures de concertation à la conception de systèmes de prospective technologique nationaux visant notamment à la réduction des risques collectifs environnementaux.

Une telle problématique devrait contribuer à relever le défi lancé par le rapport Bailly du Conseil Economique et Social (1998), intitulé « Prospective, Débat, Décision Publique » (p. 15) :

« ...s'agissant de construire de bonnes décisions, opportunes, comprises et acceptées, la démarche prospective est plus utile que jamais à condition que l'on parvienne à se renouveler pour accompagner l'ensemble du processus de décision et contribuer à forger les concepts et les pratiques de nouvelles formes de gouvernance ».

Nous menons ce travail dans un cadre d'analyse comportant trois niveaux :

- celui de la méthode de prospective ;
- celui du traitement (ou du non traitement) de la forme de concertation utilisée au sein de la méthode de prospective considérée.
- celui de la relation existant entre prospective et veille environnementales.

Nous nous attachons en particulier :

- aux processus de concertation auxquels ces systèmes de prospective font appel ,
- aux objectifs et fondements ayant mené à ce choix,
- aux acteurs « inclus » et exclus dans ces exercices,
- à leur impact (réel ou potentiel) en matière de maîtrise des risques collectifs environnementaux,
- à leur rôle en matière de programmation de la recherche et de la technologie.

Nous nous plaçons ainsi dans le cadre de ce qui est désormais qualifié de « gouvernance concertative » (Froger, ed., 2001). Le concept de « gouvernance », à la différence de celui de « gouvernement » est utilisé dans notre travail suivant la conception véhiculée par la Commission Européenne, pour désigner :

« la totalité des différents moyens par lesquels les individus et les institutions publiques et privées gèrent leurs affaires communes. Il vise aussi bien des institutions et des régimes officiels dotés de compétences d'exécution, que des arrangements amiables que les citoyens et les institutions estiment, d'un commun accord ou intuitivement, vouloir passer »(Commission Européenne, 1995).

Dans ce nouveau contexte décisionnel, la pluralité des intérêts et des valeurs ainsi que la controverse sur les critères sont admises comme irréductibles. Une légitimation des choix politiques nécessite la concertation des différents acteurs, sous la forme d'un arbitrage parfois conflictuel entre eux, afin d'identifier le champ des actions acceptables.

1.3. La méthodologie et la démarche

Quelques précisions s'imposent afin de bien délimiter le champ empirique et théorique de notre recherche.

- Les risques collectifs impliqués par notre problématique sont ceux qui ont un impact en aval de l'activité économique liés aux relâchements ou aux émissions non maîtrisées.
- Le lien entre système de "prospective environnementale" et technologie est, comme nous l'avons indiqué, particulièrement important. En ce qui nous concerne, et afin d'éviter que la prospective apparaisse uniquement comme moyen d'utiliser des opportunités diverses pour concevoir et vendre des technologies sans intégrer les autres dimensions de l'intérêt public, nous recourons, dans cette étude, à une approche en termes de « système technologique ». Ce dernier peut se définir comme une collection de moyens techniques, de connaissances et d'activités humaines permettant de concevoir, disséminer et utiliser ces moyens. Cette définition est fondée sur les travaux de Carlson et Stakiewicz (1991) des systèmes technologiques et plus généralement sur ceux de l'économie évolutionniste (Freeman, 1982). Le développement technologique y est considéré comme lié inextricablement, non seulement à une dynamique sociale et

économique, mais également aux processus de changement institutionnel, ce qui est en conformité avec l'optique de la mise en œuvre du développement durable véhiculée par le rapport Brundtland. "Par essence, le développement durable est une évolution où l'exploitation des ressources, la direction de l'investissement, l'orientation du développement technologique et le changement institutionnel sont en harmonie et sont susceptibles de répondre aux éventuels besoins humains et aspirations actuels et futurs" (WCED, 1987). Cela signifie que, dans nos analyses d'évaluation comparative des systèmes de veille-prospective en matière d'environnement, nous n'approcherons pas la technologie uniquement comme une solution potentielle aux problèmes environnementaux existants, mais nous tiendrons également compte de tous les nouveaux problèmes environnementaux potentiels qui pourraient résulter du développement scientifique et technologique. Ensuite, nous combinerons un inventaire largement fondé sur l'offre technologique, avec une analyse du dynamisme de la demande de la société. Enfin nous nous intéresserons aux barrières, notamment organisationnelles, rencontrées par ces systèmes scientifiques et technologiques. En d'autres termes, nous partirons de l'hypothèse selon laquelle les nouveaux développements technologiques doivent être poussés en fonction des besoins exprimés par la société (Faucheux, 1997).

- L'analyse comparative critique que nous menons est celle des cas concrets de pratiques de veille et de prospective environnementales développés dans les années 1990 à l'échelle nationale, c'est-à-dire légitimés et financés par des gouvernements en Europe (principalement Pays-Bas, Allemagne, Grande-Bretagne, France, etc...), aux Etats-Unis et au Japon.

La démarche que nous avons adoptée dans ce travail peut être résumée de la façon suivante :

- ❖ Une étude systématique de la littérature grise nationale et internationale publiée, une description et une analyse des systèmes de veille et de prospective appliqués au champ de l'environnement utilisés (en France, dans les principaux pays européens ainsi qu'aux Etats-Unis et au Japon) dans la programmation de la recherche publique et privée en matière d'environnement et dans la détection de "signaux faibles".
- ❖ Une recherche systématique sur les sites web nationaux et internationaux consacrés à la prospective en général et à l'environnement en particulier (liste des sites Internet consultés en Annexe 3)
- ❖ Une mobilisation de l'ensemble des travaux du C3ED et de ses réseaux internationaux de chercheurs (ex : Réseau Européen sur le Développement Durable –REDD- et International Society for Ecological Economics –ISEE-) en matière de gouvernance, de développement durable et de recherche technologique environnementale (voir sites internet).
- ❖ Une première série d'enquêtes qualitatives menée en France auprès des organismes publics de recherche et auprès des principales institutions publiques concernées par un système de prospective environnementale. Cette première série d'enquêtes a fait appel à

une méthode d'entretiens semi-directifs dont la durée a été systématiquement d'environ deux heures. Au total 22 entretiens de ce type ont été menés au cours de la période de réalisation de ce travail. Ces entretiens ont permis d'obtenir une vue synthétique de la situation actuelle réelle et telle qu'elle est perçue par les différents acteurs en matière de prospective environnementale, ainsi que les attentes et propositions dans ce domaine émanant de ces acteurs.

- ❖ Une seconde série d'enquêtes qualitatives auprès d'experts nationaux ou de la Commission Européenne (en matière de gestion des risques environnementaux ou de prospective environnementale) de caractère méthodologique afin d'affiner un certain nombre de points conceptuels comme la notion de signal faible, la relation entre veille et prospective, les outils et méthodes pertinents, etc... Là encore, nous avons pratiqué des entretiens de type semi-directif dont la durée a été d'environ deux heures. 9 entretiens de ce type ont été réalisés (voir tableaux en Annexe 2).
- ❖ Une troisième série d'enquêtes qualitatives a été réalisée dans les pays suivants :
 - en Allemagne
 - aux Pays-Bas
 - en Grande-Bretagne
 - aux Etats-Unis.

Au total 27 entretiens semi-directifs ont été menés en anglais (voir tableaux détaillés des interlocuteurs en Annexe 2) auprès des principaux acteurs et institutions impliqués dans la prospective environnementale de ces différents pays. Ceci nous a permis de préciser les méthodes, les institutions et les organisations, les difficultés rencontrées, les soutiens politiques, les résultats, etc... de leur système de veille-prospective environnementale. La durée de chacun de ces entretiens a été, en moyenne, de l'ordre de trois heures.

1.4. Le plan du rapport

Dans la deuxième section nous explicitons, au niveau méthodologique, ce que l'on entend par prospective environnementale et en quoi celle-ci peut constituer un préalable à un système de veille environnementale. Dans la troisième section, nous procédons à une analyse comparative des pratiques internationales les plus représentatives en matière de prospective environnementale en positionnant celles de la France. Nous proposons, dans la quatrième section, des retours sur expériences afin de mettre en évidence l'intérêt des foresights pour les politiques scientifiques et environnementales d'un certain nombre de pays, mais également l'importance de la détection des signaux faibles.

SECTION 2. LA PROSPECTIVE DANS LE DOMAINE DE L'ENVIRONNEMENT : UN ÉCLAIRAGE MÉTHODOLOGIQUE

Nous avons expliqué en introduction combien les exercices de prospective sont à la fois en plein essor et en mutation depuis la fin des années 1980². Les réflexions tant au niveau méthodologique que pratique font l'objet d'une vaste littérature internationale. Le renouveau de la prospective passe par l'essor au niveau international des « foresights ». Le « foresight » se différencie des traditionnels « forecast » sur au moins deux aspects :

- Le « forecast » est un exercice probabiliste permettant d'anticiper un futur possible par le biais d'une estimation d'ordre quantitatif. Le « foresight » offre plusieurs futurs possibles dépendant des choix d'aujourd'hui et recourt à des méthodes pouvant concilier aspects quantitatifs et qualitatifs. De ce point de vue, la distinction entre « forecast » et « foresight » correspond assez bien à l'opposition opérée par la tradition française, de Berger (1967) à Godet (1991), entre prévision et prospective³.
- Le « foresight » s'intéresse aux futurs possibles et souhaitables correspondant à des besoins de la société. Certains considèrent même que le « foresight offre la possibilité de négocier une nouvelle relation plus fructueuse ou un nouveau 'contrat social' entre la science et la technologie, d'une part et la société, d'autre part » (Martin, 1997).

Lorsque nous parlons d'exercice de prospective dans cette recherche, c'est en référence à ces spécificités attribuées aux « foresights ».

Nous proposons un éclaircissement du concept de prospective appliqué au domaine de l'environnement. Pour ce faire, nous présentons successivement : (i) les diverses finalités à l'origine des exercices de prospective ; (ii) l'émergence de la dimension concertative au sein de la prospective ; (iii) une typologie des nombreuses méthodes de prospective ; enfin (iv) la relation étroite existant entre prospective et veille, notamment dans le domaine de l'environnement.

² « Les *technological forecast*, après avoir connu une certaine popularité dans les années 1960 et début des années 1970, sont tombés en désuétude en raison de leur incapacité à avoir prévu la crise pétrolière de 1973. Pendant la seconde moitié des années 1980, l'intérêt s'est porté sur le foresight ou la *prospective* » (OECD, 1996, p 22).

³ « Il n'existe d'ailleurs pas d'équivalent parfait du terme 'prospective' en langue anglaise, le plus proche étant foresighting » (Héraud et alii, 1997, p36).

2.1. « Foresight technologique » / « Foresight social »

Deux grandes philosophies coexistent au sein de la prospective :

(i) La première obéit à un impératif d'innovation technologique. C'est ce que l'on qualifie dans la littérature de « foresight technologique ». L'innovation technologique peut d'ailleurs être poursuivie pour deux types de motifs :

- ❖ Un motif de “leadership économique”. L'innovation technologique est le moteur de la compétitivité. Dès lors, il s'agit de sélectionner les domaines de R&D assurant le plus grand nombre de retombées en matière de valorisation passant notamment par le nombre de brevets. Or, le champ de l'environnement offre des perspectives intéressantes de ce point de vue.

L'exercice de prospective “critical technologies” réalisé par la Rand Corporation aux Etats-Unis est particulièrement illustratif à cet égard. En effet, les technologies de l'environnement et de l'énergie y sont perçues comme des “critical technologies” au même titre, qu'en leur temps, les technologies militaires. On peut d'ores et déjà noter que l'exercice de prospective à la base des “technologies clés” réalisés par le Ministère de l'Industrie en France en 1995 et relancé récemment est très proche de cette perspective (voir encadré 2.1).

ENCADRÉ 2.1. DEUX EXEMPLES DE "FORESIGHT TECHNOLOGIQUE " A DES FINS COMPÉTITIVES

◆ L'Exercice "critical technologies" aux Etats-Unis

Depuis 1991, le Congrès commande à intervalle régulier un rapport à un institut de recherche de la Rand Corporation sur la situation technologique des entreprises américaines.

Les deux premiers rapports ont été publiés en 1991 et 1993 par le U.S. GPO. Le rapport intitulé "National Critical Technologies" daté de 1995, est le troisième rapport biennal de ce type. Il répertorie 27 « technologies critiques » réparties en sept catégories différentes (énergie, qualité environnementale, information et communication, cadre de vie, fabrication, matériel et transport). Ce rapport fait état du développement technologique dans chaque catégorie et mentionne la position des Etats-Unis par rapport à l'Europe et au Japon.

Cet exercice est supposé identifier les technologies qui devraient :

- constituer une priorité pour la recherche - développement au niveau national,
- assurer l'utilisation efficace des ressources rares et
- analyser sa compétitivité par rapport à l'international.

Cet exercice permet de répertorier les technologies "critiques".

"Est considérée comme critique toute technologie essentielle au développement de long - terme de la sécurité nationale ou de la prospérité économique."

Pour le dernier rapport (Popper et alii, 1998), les auteurs ont procédé à l'entretien de membres du secteur privé américain. Les entretiens se sont fait individuellement sous forme de questionnaire. Le but était de connaître quelles seraient les technologies "critiques" pour les firmes (et plus largement pour l'industrie) dans lesquelles travaillent les personnes interrogées. Les secteurs étudiés sont les même qu'en 1995.

Remarques

Cette analyse ne tient pas compte de critères sociaux ou culturels. Elle laisse également de côté nombre de réalités du marché. Cette méthode n'a pas grande influence car peu d'industries sont généralement impliquées dans ce processus qui se focalise sur les plus grands groupes industriels et/ou les plus grands centres de recherche.

Pour une analyse complète, voir pp. 50-54.

Source: Popper, S.W., Wagner C.S., Larson E.V. (1998), New Forces at Work : Industry Views Critical Technologies, Rand Corporation, Washington, USA.

◆ L'exercice des "Technologies-clés" en France

Le Ministère de l'Industrie a publié en 1995 l'étude prospective "Les 100 technologies-clés pour l'industrie française à l'horizon 2000". Il a décidé de renouveler cet exercice avec la parution en octobre 2000 du rapport final "Technologies clés 2005".

"L'identification de ces technologies répond au souci de compétitivité industrielle et à l'impératif de sélectivité de l'action publique".

Les objectifs de l'étude : une réponse à trois questions

- Quelles sont les technologies importantes pour l'industrie nationale ?
- Quelle est la position française sur ces technologies ?
- Quelles doivent être, en conséquence, les priorités technologiques ?

L'exercice repose sur le travail d'analyse initiale d'un "premier cercle" d'experts (entreprises, centres techniques, recherche publique, sociétés de recherche sous contrat, réseau de diffusion technologique) auquel réagiront des experts du "second cercle" à travers des forums sur Internet.

Remarques

Le second exercice, bien que plus sophistiqué que le précédent, dans la mesure où il met en œuvre une démarche collective avec l'idée du "second cercle", reste entre les mains uniquement des experts. Par ailleurs, les critères privilégiés étant les besoins des marchés, les progrès scientifiques probables et les opportunités technologiques, la demande sociale y est confondue avec la demande solvable. Les critères sociaux et culturels y sont également absents.

Source : "Les 100 technologies clés pour l'industrie française à l'horizon 2000", 1995, Ministère de l'Industrie.

Le rapport final "Technologies clés 2005" est disponible sur Internet à l'adresse suivante :

<http://www.industrie.gouv.fr/abora/pdf/000352.pdf>

Pour une analyse complète, voir pp. 201-203.

❖ Un motif de bien-être social.

Le « contrat social » est ici orienté vers la technologie. L'innovation technologique doit répondre aux besoins de la société qui ne se confondent pas nécessairement avec la compétitivité. Cette conception inspire de plus en plus d'exercices de prospective servant à mettre en oeuvre des politiques de recherches⁴. En effet, le contexte de la R&D a beaucoup changé à partir des années 1980. Jusqu'à cette période, les chercheurs étaient en mesure de contrôler les informations nécessaires pour décider de l'allocation des fonds de R&D en fonction de la qualité de la recherche et des chercheurs ainsi que de la pertinence des thèmes proposés. Dans les années 1980, les gouvernements ont exigé davantage d'assurance sur l'intérêt socio-économique des efforts de R&D. Des liens plus importants avec des thèmes socio-économiques comme la santé ou l'environnement ont été jugés prioritaires. Dans les années 1990, le besoin d'information détaillée sur cette pertinence socio-économique de la R&D et la capacité de la R&D à répondre aux besoins de la société (ou de la demande sociale) les a conduits à développer un nouvel instrument clé pour guider la politique de R&D : les foresights et en particulier les « foresights technologiques »⁵. A l'aide de cet instrument, de plus en plus de gouvernements (notamment en Europe) tentent d'anticiper les domaines de recherche scientifique et technique susceptibles d'apporter des bénéfices sociaux, économiques et écologiques⁶(OECD, 1996 ; Grupp, 1999). Ainsi ces foresights, constituent-ils de toute évidence, un instrument de persuasion non négligeable, pour les pays les pratiquant, dans des négociations communautaires concernant, soit les politiques de recherche (comme, par exemple les 5^{ème} et 6^{ème} PCRD), soit les politiques environnementales, comme celles adoptées en matière de lutte contre le changement climatique.

Dans l'un ou l'autre cas, la vision technicienne prédomine. Dans le premier, c'est évident puisque les besoins de la société se confondent avec la compétitivité économique passant par l'innovation technologique. Dans le second, on suppose que la technologie, si elle est bien choisie, pourra toujours satisfaire la demande sociale. Se fonder uniquement sur un foresight de ce type pour mettre en oeuvre une politique de l'environnement, par exemple, reviendrait à supposer qu'une programmation adéquate de la R&D permettra une série d'innovations technologiques répondant à l'ensemble des objectifs d'une politique environnementale. En d'autres termes, on retombe sur l'hypothèse d'une

⁴ « L'idée d'introduire la demande sociale dans les exercices de prospective est importante et la voie qu'il faudra désormais suivre car de nombreuses recherches liées à des sujets sensibles (Sida, cancer, influence des flux électromagnétiques sur la santé, problèmes d'environnement, etc...) touchent de près les citoyens. Ils ont donc aussi leur mot à dire sur l'orientation de ces recherches » (entretien avec Dr Doug Bauer, NRC, Etats-Unis).

⁵ Il ne faut pas confondre le « foresight technologique » et l'évaluation technologique (technology assessment), même s'il existe des points de recouvrement entre les deux en termes de méthodes employées et d'informations compilées. En effet, ils ont des points de départ et des finalités différentes. « Dans le cas de l'évaluation technologique, on commence avec une technologie particulière (ou une série de technologies) et on se demande quels impacts (positifs ou négatifs) elles peuvent avoir. Dans le Foresight, en revanche, on essaie d'établir quelle serait la technologie à même d'obtenir de plus grands bénéfices économiques et sociaux. Afin de répondre à cette question, on a besoin à nouveau de considérer toutes les catégories d'impacts que les différentes technologies peuvent avoir, mais l'objectif est différent de celui de l'évaluation technologique » (OECD, 1996, p 38).

⁶ « Un bon outil de veille-prospective en environnement paraît indispensable pour mieux anticiper les problèmes et pour mieux se situer par rapport au niveau international. » (entretien avec Jacques Theys).

substituabilité illimitée entre le capital naturel et le capital technique qui se trouve au cœur des approches qualifiées désormais de « soutenabilité faible » (Faucheux et Noël, 1995 ; Faucheux et O'Connor (eds), 1998)

ii) La seconde obéit à un impératif sociétal :

On s'interroge d'abord sur les besoins de la société en termes économiques, sociaux ou écologiques, puis on cherche les moyens de les satisfaire entre autres les moyens technologiques, ainsi que les ruptures envisageables (y compris les ruptures technologiques) et les nouveaux problèmes émergents (y compris ceux liés à la technologie). La priorité ne porte plus sur l'innovation technologique qui ne devient qu'un moyen parmi d'autres de parvenir à un objectif de société⁷. Cette forme de prospective peut alors être qualifiée de « Foresight social ». Elle connaît un certain succès avec le concept de développement durable, notamment pour des choix de politiques d'amélioration environnementales (ou de santé et plus largement de qualité de vie). Dans ce contexte on ne suppose pas d'emblée que l'innovation technologique peut résoudre les besoins de la société en matière d'environnement. On cherche d'abord quelles sont les attentes de celle-ci, puis on définit les différents moyens d'y parvenir. Peuvent alors être envisagés, en plus de la stimulation des technologies améliorant l'efficacité environnementale des produits, des processus et des activités, des changements institutionnels, organisationnels ou réglementaires. Cette approche est celle qui prend le pas dans certains pays européens qui ont entrepris (ou entreprennent) des programmes de prospective sur le devenir de leur société en matière de développement durable. Celle-ci relève davantage des approches en termes de "soutenabilité forte". Les Pays-Bas sont les premiers à avoir affiché ce type de prospective dès le début des années 1990. On peut, par exemple citer un passage d'une étude de prospective de ce type réalisée par RMNO qui soulignait en 1992 *« dans une prospective de long terme et dans un but de soutenabilité, plus que des connaissances scientifiques et des compétences technologiques, nous avons besoin de comprendre les causes sociales d'un manque de soutenabilité et les déterminants instrumentaux, institutionnels (organisationnels) et culturels de la soutenabilité et leurs opposés. »*. L'exercice de prospective néerlandais intitulé « 81 options. Technology for Sustainable Development » réalisé par le TNO en 1997, constitue une illustration intéressante de cette catégorie de prospective (voir encadré 2.2).

⁷ « Dans les nouveaux Foresights, on ne considère pas la technologie comme une fin en soi, mais que le système technologique est là pour nourrir la demande sociale » (entretien avec Dr Frans A. Vollenbroek, Ministry of Housing ; Spatial Planning and the Environment – Pays Bas).

Encadré 2.2. UN EXEMPLE DE « FORESIGHT SOCIAL » : ETUDE « 81 OPTIONS. TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT »

Aux Pays-Bas »

- ❖ Cette étude a été réalisée par le TNO Centre for Technology and Policy Studies en collaboration avec le TNO Institute of Environmental and Energy Research and Process et le Cental Planning Bureau à la demande du Ministère Néerlandais du Logement, de la Planification Spatiale et de l'Environnement en 1997.
- ❖ L'objectif était de proposer des marges de manœuvre pour stimuler la sélection de « systèmes technologiques » (au sens où nous l'avons défini en introduction, c'est-à-dire innovations technologiques, mais aussi changements institutionnels et organisationnels)⁸ permettant l'amélioration de l'efficacité environnementale des produits, process et activités tout en ayant une acceptation sociale.
- ❖ L'hypothèse de départ était que si dans le passé on pouvait supposer que la science et la technologie poussaient la demande (solvable), désormais ce sont les besoins sociaux, exprimés par la demande sociale (à ne plus confondre avec la demande solvable) qui doivent entraîner la science et la technologie.
- ❖ La démarche est de type back-casting puisque le point de départ consiste à définir la situation désirée à un point déterminé du futur. Dans un second temps, la méthode de scénarios est utilisée pour relier la situation présente à la situation future désirée. Cet exercice aboutit à une étude prospective normative de long terme. Elle correspond à une volonté d'atteindre une situation donnée à un horizon donné.

Remarques

- ❖ La demande sociale peut pleinement intervenir dans la définition de la situation future souhaitée et dans la construction de scénarios puisque différents types d'acteurs peuvent être impliqués dans les panels mis en place pour la réalisation de cet exercice.
- ❖ Cette méthode permet de déterminer les innovations technologiques incrémentales et radicales dans une logique de Développement Durable. Un exemple intéressant peut être donné. Les « zepellins » figuraient parmi les technologies à pousser pour réaliser des déplacements inter-régionaux. Un programme de R&D a pu être lancé pour cette technologie, apparemment incongrue, grâce à la participation de différentes catégories d'acteurs tout le long de cet exercice. En effet, plusieurs industriels ont été convaincus de se joindre à l'effort d'investissement réalisé par les pouvoirs publics. En ce sens le processus, pour un tel exercice, revêt une importance aussi grande que le rapport lui même.

Pour une analyse complète, voir pp. 187-190.

Sources : R. Weterings, J.Kuijper and E. Smets, 1997, *81 options Technology for sustainable Development* », *Final report of the Environment-oriented Technology Foresight Study commissioned by the Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment.*

⁸ « Il est préférable de raisonner en termes de systèmes technologiques plutôt qu'en termes de technologies environnementales du point de vue du développement durable et même de l'amélioration de l'environnement car le champ des opportunités est alors beaucoup plus important » (entretien avec Dr Frans A. Vollenbroek, Ministry of Housing, Spacial Planning and the Environment, TNO).

Plusieurs précisions doivent être apportées :

- ❖ Tout exercice de prospective doit être initié au niveau décisionnel lorsqu'il s'inscrit dans la première philosophie. Toutefois, le niveau décisionnel en question peut concerner soit une échelle micro-économique, une entreprise ou un institut de recherche en vue d'une programmation de sa R&D à des fins purement compétitives, soit l'échelle macro-économique, où la question de la compétitivité est également cruciale, non seulement pour les autorités nationales (ou communautaires) chargées de l'industrie, mais aussi de plus en plus pour les autorités nationales (ou communautaires) chargées de la recherche et de l'enseignement.

De tels exercices peuvent alors :

- (i) éclairer la programmation de l'enseignement et de la recherche en fonction des débouchés possibles en termes d'innovations technologiques;
 - (ii) indiquer vis-à-vis de l'extérieur les priorités du pays (ou de l'entreprise ou de l'institut de recherche), ses capacités et ses forces et peuvent donc constituer un atout important en matière d'effet d'annonce et d'attraction.
- ❖ Les exercices de prospective relevant de la seconde approche sont plus facilement initiés au niveau macro-économique puisque l'enjeu relève d'un choix de société. Dès lors que l'on s'interroge sur des politiques autres que celles de l'innovation technologique proprement dite, en l'occurrence une politique environnementale ou de développement durable, on doit opter pour un tel exercice de prospective.
- ❖ Les deux types de prospective peuvent être menés de façon complémentaire. Ainsi, s'il s'agit d'orienter les politiques en vue d'une amélioration de l'environnement, on peut, par le biais d'une prospective de la seconde catégorie, anticiper les besoins émergents de la société en cette matière et voir quels types de changements scientifiques et techniques permettent d'y parvenir. Ensuite, parmi ces changements, on peut sélectionner, par une prospective de la première catégorie, les politiques pour lesquelles le gouvernement dispose d'un plus grand avantage comparatif et qui seront susceptibles d'offrir le plus grand nombre d'innovations valorisables en termes de dépôt de brevets, par exemple. De ce point de vue les "foresight technologiques" et les "foresights sociaux" apparaissent comme deux grandes catégories de prospective complémentaires puisque susceptibles d'éclairer des questionnements différents.

2.2. Une nouvelle relation entre prospective et concertation collective : vers une « prospective concertative »

Comme nous l'avons indiqué en introduction, on assiste à l'émergence de la « prospective concertative » consistant à étendre à la fois les procédures d'expertise collective et l'intégration des experts scientifiques et techniques dans de nouvelles procédures de concertation ouvertes sur la demande sociale⁹.

Ainsi, les enquêtes Delphi, fondées exclusivement sur les visions d'experts (voir 2.3 pour la présentation de la méthode Delphi), qui ont servi, au cours des trente dernières années, à insuffler les grandes orientations de la science et de la technologie, dans la plupart des exercices de prospective, sont-elles, soit en cours de restructuration (au Japon), soit tombées en désuétude (en Allemagne et au Royaume Uni), ou encore utilisées de façon complémentaire avec d'autres méthodes capables d'intégrer cette nouvelle orientation (aux Etats-Unis, l'exercice régulier de la World Future Society)¹⁰. Dans le domaine de la prospective environnementale, cette évolution participe au mouvement plus général de « gouvernance concertative » face aux enjeux de l'environnement et plus largement de développement durable (Faucheux et O'Connor, 2000).

Dans les exercices de prospective, la spécificité de la dimension concertative est de mettre en œuvre les mécanismes de dialogue dans la recherche collective pour des futurs originaux (parfois inattendus) et pour définir, soit le domaine des choix acceptables, soit (lorsque cela est possible) les choix faisant l'objet d'un consensus fondé sur le respect des divergences de critères et de besoin de coexistence. Elle s'attache également « à rendre visibles les conflits d'intérêt en présence et à rendre intelligibles les ajustements qui ont été opérés entre eux » (Lascoumes, 1998). Ainsi, le processus de construction et de mise en œuvre de l'exercice de prospective devient aussi important que ses résultats. « *Le 'comment' importe autant que le 'quoi'* » (Bailly, 1998).

⁹ «Comme Roqueplo l'a montré dans son dernier ouvrage, l'expertise doit être d'abord un exercice collectif. On peut alors mieux diffuser l'information. Il n'est en effet pas sûr que tout chercheur puisse, par nature, et au niveau individuel, faire de la veille ou de la prospective. Dans le domaine de l'environnement où il existe tant d'enjeux, les vraies solutions passent par un exercice collectif. Si on prend l'exemple de la vache folle, ce qui est important c'est la préparation de l'esprit. Or, l'expertise collective aide à préparer et à rendre flexible les esprits face à ce genre de situation. L'expérience collective fournit une pratique pour désamorcer les problèmes et empêcher les propositions stupides. Cela s'avère d'autant plus important pour les problèmes d'environnement où on a de multiples acteurs qui ont des intérêts immédiats divergents. Tant qu'il existe un désordre, ils peuvent avancer en ordre dispersé et en suivant leur propre intérêt. Dès qu'il y a expérience collective, cela devient plus difficile. Ainsi on voit avec les dialogues avec les citoyens sur les OGM, que les esprits changent. Ce ne sont pas les systèmes techniques qui changeront les choses, mais la façon d'aborder les problèmes avec des systèmes participatifs d'aide à la décision. On peut voir que tous les chercheurs qui ont participé aux débats organisés par le programme environnement, perçoivent différemment les problèmes. En écologie, on voit que les choses basculent. Les problèmes essentiels ne sont plus des problèmes biologiques, mais l'implication des différents partenaires (stakeholders). Les "disciplines raides" (les traditionnelles) ont du mal à s'adapter à ce changement" (entretien avec Robert Barbault, CNRS).

«La consultation d'experts est nécessaire pour nourrir le débat, mais il faut aller au delà. Il faut mobiliser des profanes. Il faut tenir compte du savoir profane. Ainsi, en matière de santé, on intègre de plus en plus les malades dans le débat de connaissances.» (entretien avec Michel Callon, CSI, Ecole des Mines).

¹⁰ "L'étude Delphi est légitime mais pas crédible. Ce que les différents experts considèrent comme des résultats (outputs) ne sont que de simples éléments d'information et rien de plus (inputs), de simples points de départ. A partir de ces premiers éléments d'information, il faudrait développer les points qui semblent intéressants" (entretien avec J. Coates, Washington D.C., Etats-Unis).

Dans ces conditions, les méthodes de prospective appropriées à un exercice de « foresight technologique » et encore davantage de « foresight social », doivent, idéalement, réunir un ensemble d'acteurs, ce que Callon (1997) qualifie de « forum hybride », et donc faire appel à une technique qualifiée de concertative¹¹.

La démarche de concertation renvoie à l'idée que différents groupes d'acteurs, avec leurs diverses expériences de la vie, peuvent, tous ensemble, apporter une plus grande sagesse au processus de résolution de problèmes caractérisés par des risques et des irréversibilités liés au choix technologique. Ainsi, l'utilisation de processus multi-critères, délibératifs et participatifs s'est-elle développée en Europe et ailleurs, dans le but de s'assurer de la qualité tant scientifique et technique que politique des processus de résolution des problèmes comportant des enjeux élevés et de fortes incertitudes. Jean Simos (1990) a donné une documentation détaillée sur la façon dont une négociation multilatérale associée à des analyses multicritères scientifiques et économiques peut constituer un moyen efficace pour obtenir une « gestion intégrée » d'options de développement, dans le domaine de la politique de traitement des déchets solides de Genève et dans celui de l'évaluation des impacts environnementaux d'extensions autoroutières.

Si les procédures d'articulation « collective » des valeurs n'excluent pas l'utilisation de techniques d'évaluation analytiques fondées sur les approches classiques comme l'analyse probabiliste, l'analyse risque-bénéfice, ou encore le principe ALARA (*As Low as Reasonably Achievable*), elles impliquent toutefois que diverses formes de mesures et de principes de justification puissent être appliquées. Les processus discursifs et délibératifs permettent d'évaluer la pertinence des informations fournies par l'expertise et d'examiner des questions relatives aux valeurs sous-jacentes qui divisent ou unissent les communautés de lieux ou d'intérêts. Prendre en compte ensemble les considérations scientifiques, sociales et économiques en temps réel, comme une sorte de processus d'apprentissage social collectif, fournit une base tant pour gouverner dans les situations d'incertitude et de conflit que pour déterminer les actions prioritaires.

Toutefois, sous le couvert de la concertation se dissimulent des mécanismes extrêmement divers (voir encadré 2.3). En fait, ces mécanismes ne relèvent pas tous du même niveau de concertation¹².

Ainsi, les enquêtes publiques et les commentaires publics peuvent-ils impliquer des flux d'information en sens unique : du public vers le gouvernement, sans que le premier sache vraiment l'utilisation qui en sera faite par le second. Le degré de réciprocité entre les différents acteurs s'avère alors très faible et le « sens » de la communication peut être monopolisé par le pouvoir privé ou public (Fischhoff, 1995).

¹¹ « Le but d'un forum hybride est de communiquer et non pas seulement de prendre des décisions. Il faut un cadre, une mécanique ou procédure pour encadrer les discussions, surtout pour construire un scénario. Sans tomber dans la logique des outils ou instruments, il faut quelque chose de continu, régulier, une certaine technique » (entretien avec Michel Callon, CSI, Ecoles des Mines).

¹² « Pour organiser les forums hybrides, il existe un ensemble de travaux complets, classés selon la place plus ou moins grande qu'ils accordent aux non spécialistes : enquêtes publiques, focus group, conférences de citoyens, etc. » (entretien avec Michel Callon, CSI, Ecoles des Mines).

ENCADRÉ 2.3. QUELQUES TECHNIQUES COURANTES DE PROCESSUS CONCERTATIFS

- **Enquêtes publiques et commentaires publics** : groupes de discussion sur différents sujets pour recueillir l'avis des citoyens sur des problèmes particuliers.
- **Panels de citoyens** : petits groupes sélectionnés pour fournir aux processus de prise de décision des opinions représentatives des citoyens, habituellement à un niveau local, à travers des discussions sur les problèmes importants.
- **Jury de citoyens** : groupes ressemblant aux panels de citoyens, excepté que leur délibération doit déboucher sur un "verdict" ou une recommandation de planification spécifique sur certaines questions pertinentes.
- **Conférences de consensus** : concertations plus larges qui combinent un panel de personnes profanes avec des témoignages d'experts dans un forum public ad hoc, pour considérer des questions plus larges ou plus fondamentales et pour produire un rapport écrit avec des recommandations.
- **Médiation** : les parties prenantes d'un débat ou d'une controverse cherchent à identifier leurs différences et les solutions en cours lors de discussions avec l'aide d'une troisième partie neutre.

Les jurys de citoyens et les panels de citoyens (jusqu'aux conférences de consensus avec un statut officiel) sont autant de variations de techniques concertatives consistant à articuler des connaissances et des valeurs pertinentes d'une manière à la fois interactive et structurée. Ils peuvent être mobilisés, tant pour examiner et recommander des décisions, que pour imaginer des futurs possibles en liaison avec diverses méthodes de prospective pour un large spectre de questions comportant des risques et des conflits (la littérature surtout anglo-saxonne est devenue vaste sur cette question ; voir par exemple : Aldred et Jacobs, 1997 ; Armour, 1995 ; Jacobs, 1997 ; Stewart et alii, 1994).

De même, des processus discursifs, tels que les panels de citoyens, ou des procédures délibératives comme la médiation, les jurys de citoyens et les conférences de consensus, peuvent être utilisés de façon élargie — parfois avec l'aide de technologies de simulation de bases informatiques — pour permettre, par exemple, la construction de "futurs" sociaux, économiques et écologiques. L'évaluation et la discussion autour de ces futurs deviennent alors un processus d'articulation des valeurs au sein de la communauté et une contribution dynamique à la prise de décision (O'Connor, 1998 ; O'Connor et alii, 1999a ; Beierle, 1998). De tels processus concertatifs permettent d'évaluer la pertinence et/ou l'acceptabilité des informations fournies par l'expertise et d'examiner des questions relatives aux valeurs sous-jacentes qui divisent ou unissent les communautés de lieux ou d'intérêts. Certaines méthodes permettent d'inclure ou d'exclure les acteurs les mieux organisés. Si l'exclusion des « acteurs faibles » ne répond pas aux idéaux de la concertation, la recherche de l'inclusion de toutes les parties intéressées, peut, quant à elle, faciliter la « capture » de la concertation par certains des acteurs les « plus forts » et/ou les mieux informés.

L'idée de conférence de consensus telle qu'elle a été développée à l'origine au Danemark (Joss et Durant, 1995), consiste à établir une discussion sur des points de science ou de technologie faisant réellement ou potentiellement l'objet d'un contentieux, au-delà des lieux traditionnels de débat entre les seuls experts ou groupes d'intérêts spécifiques. Le succès, évident au Danemark, n'a pas toujours été confirmé par des expériences similaires ailleurs. Cependant on peut noter nombre d'initiatives récentes de haute qualité appliquant la procédure de la conférence de consensus à l'évaluation sociale de problèmes comportant de forts enjeux, tels que l'entreposage de déchets nucléaires et les technologies de génie génétique (voir encadrés 2.4 et 2.5).

ENCADRÉ 2.4. DES EXEMPLES DE CONFÉRENCES DE CONSENSUS

La forme développée par le Bureau Danois pour la Technologie consiste à combiner un «panel» de spécialistes avec des témoignages d'experts au sein d'un forum public. Le panel de spécialistes est choisi plus ou moins au hasard, mais en respectant des critères de diversité. Les membres du panel (en général 16 personnes) doivent consacrer deux week-ends à sa préparation et un certain temps à des lectures imposées sur le sujet. La conférence de consensus elle-même dure trois jours et est ouverte au public. Le premier jour, une série d'experts convoqués à cet effet, présentent au panel des informations et des évaluations sur la technologie en question, et répondent aux questions des membres du panel. Ceci inclut la présentation de différents types d'expertises interdisciplinaires ainsi que des opinions d'experts en conflit. Le deuxième jour, le panel pose aux experts des questions supplémentaires en vue d'une clarification. Cela peut être aussi le moment des questions et réponses avec l'auditoire. Puis le panel prépare un rapport, et le troisième jour, ce document final est présenté à l'ensemble de la conférence, ensuite disponible pour les médias, pour le Parlement et pour le grand public. Quelques exemples de l'expérience danoise peuvent être cités : les technologies génétiques dans l'industrie et l'agriculture (1987) ; irradiation de la nourriture (1989) ; pollution de l'air (1990) ; l'avenir du transport privé (1993) ; agriculture intégrée (1994) ; le génie génétique dans l'alimentation (en mars 1999). Pour une documentation complète voir le Danish Board of Technology: <http://www.tekno.dk/eng/index.htm>.

Le Loka Institut aux Etats-Unis a établi un inventaire de plus de 35 exemples de panels de citoyens traitant des questions de technologie¹³. Citons, à titre illustratif, quelques-uns sur le génie génétique : une conférence de consensus nationale du Royaume-Uni sur le «Plant Biotechnology» organisée en 1994 ; une conférence de citoyens sur les organismes génétiquement modifiés en France, juin 1998 (voir aussi Marris 1999 pour une documentation détaillée) ; une conférence multi-latérale sur les organismes génétiquement modifiés, en Australie, début 1999. Enfin, une conférence de consensus a eu lieu sur une question de la technologie nucléaire : en avril 1999 au Royaume-Uni, sur les déchets radioactifs (voir: <http://www.ukceed.co.uk/conference/home.htm>).

¹³ Voir: <http://www.loka.org/pages/worldpanels.html>.

ENCADRÉ 2.5. DES EXEMPLES DE JURYS DE CITOYENS

Les jurys de citoyens sont de petits groupes, comprenant entre 12 et 25 personnes choisies pour représenter le grand public plutôt que des intérêts particuliers, que l'on réunit pour délibérer sur des problèmes intéressant ce grand public. Comme les jurys de cours d'assises, les jurys de citoyens peuvent être choisis au hasard à partir des listes électorales, mais ils peuvent être également choisis par un institut d'enquêtes d'opinion pour être représentatifs de la composition de la population. Les jurés sont généralement rétribués. La durée d'un jury de citoyens varie de quatre à six jours. Un modérateur contribue à la discussion. L'information et des arguments sont présentés par des intervenants supposés « neutres », par exemple par des scientifiques, et par des témoins, représentants des intérêts concernés. Généralement la réunion d'un jury de citoyens se termine par un vote.

On peut demander au jury de répondre à des questions ou de faire des recommandations. Les jurés peuvent également expliquer leur vote et donner les arguments qui les ont décidés ou les valeurs ou les objectifs sociaux qu'ils ont pris en considération. Le « jugement » du jury peut se fonder sur des options définies à l'avance, mais le jury peut également avoir la capacité de faire ses propres propositions. Dans son inspiration et son mode opératoire, le jury de citoyens « mime » dans une certaine mesure la procédure pénale, en l'appliquant à la décision politique dans un domaine sujet à polémique.

Les jurys de citoyens ont été employés en particulier aux Etats-Unis, en Allemagne, en Espagne, en Grande-Bretagne et en France, pour définir une politique d'orientation sur une échelle plutôt large (comme le « jury de citoyens » organisé en France en 1998 à l'initiative de l'Office parlementaire français des choix technologiques pour exprimer l'attitude à avoir et les décisions à prendre en ce qui concerne les OGM), pour choisir ou proposer une solution à des problèmes écologiques ou à des conflits plus limités (comme le jury de citoyens réuni à Ely (UK) en juillet 1997 par des chercheurs de l'université de Lancaster pour exprimer une opinion sur diverses options de retransformation d'une zone de polders (les Wet Fens) en zone humide).

Les procédures concertatives — participatives et délibératives — visent généralement à assurer une large légitimité sociale et, ainsi, des choix technologiques robustes sur les plans économiques et techniques dans un contexte de conflits et d'indétermination sociale. Si l'accent est mis sur l'intégration de la demande sociale (dans toute sa diversité) pour une gouvernance satisfaisante de l'innovation technologique et de ses risques, il ne s'agit pas moins de vouloir assurer la qualité scientifique (ainsi que la crédibilité des contributions scientifiques) dans un contexte de complexité, de hautes incertitudes et d'irréversibilités.

Afin de s'assurer des meilleures conditions de mise en œuvre des procédures concertatives choisies et de l'atteinte de leurs objectifs, un certain nombre de précautions doivent être prises. Il s'agit le plus souvent des éléments suivants :

- ❖ L'identification d'un sujet.

- ❖ L'identification et le développement des éléments de définition commune des problèmes et de langage commun pour une communication claire.
- ❖ La compréhension des hypothèses sous-jacentes aux techniques d'évaluation des experts, des termes dans lesquels ces techniques peuvent contribuer aux décisions raisonnées et des limites à leur application.
- ❖ Le partage des raisons et des justifications fournies par les divers groupes sociaux au processus concertatif.
- ❖ La formation permanente des citoyens et la "professionnalisation" des groupes d'intérêt publique et sectoriel dans les processus concertatifs.

La "concertation" de la société civile et la négociation entre groupes d'intérêts, réseaux et secteurs se veulent un mode de coordination entre des acteurs sociaux très variés — administrations publiques, entreprises privées, organismes semi-publics, groupes de pression, consultants, mouvements de citoyens et associations de consommateurs notamment — et ceci pour rendre l'élaboration de l'action publique plus légitime. Ce faisant, un exercice de prospective n'est pas à l'abri d'une exclusion des acteurs les plus faibles (PVD, générations futures, PME) au profit d'acteurs plus forts (pays les plus industrialisés, générations présentes, FMN) dans les processus des négociations publiques (van den Daele, 1994). C'est pourquoi, des processus étendus de partage de connaissance, de délibération et de négociation d'acteurs doivent être développés pour être adaptés à la grande diversité des acteurs sociaux impliqués, parmi lesquels doivent être cités en particulier :

- ❖ Les agences gouvernementales et les instances de régulation.
- ❖ Les citoyens concernés et le grand public.
- ❖ La communauté scientifique.
- ❖ Les intérêts industriels et commerciaux.
- ❖ Les ONG et les groupes activistes d'intérêt public.

Ainsi, le repérage et la désignation des acteurs invités à participer au débat s'avère une étape fondamentale dans le choix et la mise en œuvre d'une technique de concertation¹⁴.

Au total, la pertinence des nombreuses méthodes de prospective, discutées ci-dessous est-elle, entre autres, fortement dépendante, non seulement de la dimension concertation, mais aussi des techniques de concertation mises en œuvre.

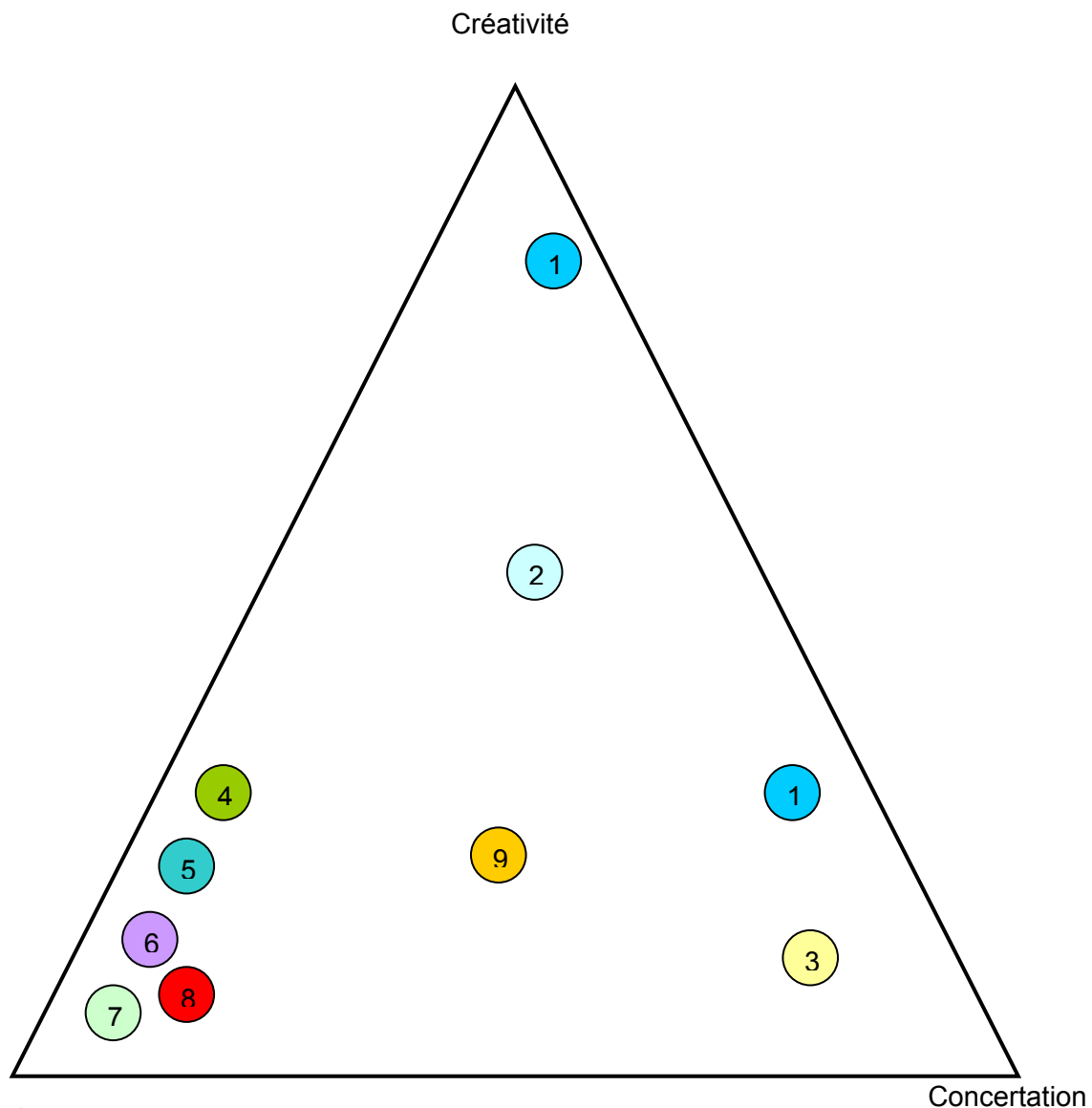
¹⁴ « L'enjeu avec la prise en compte de la demande sociale est d'élargir le cercle du groupe de pression et d'avoir affaire à une multiplication des groupes de pression et à leurs implications. Il faut sur un thème donné répertorier tous les acteurs. Une méthode possible est la suivante : (i) lister les acteurs, (ii) désigner un porte parole, (iii) puis organiser un débat. Les discussions des connaissances sur un thème font proliférer les acteurs concernés. Souvent lorsqu'on pense le problème résolu, on repère encore des acteurs concernés par le débat » (entretien avec Michel Callon, CSI, Ecoles des Mines).

2.3. Une typologie des différentes méthodes de prospective

Les méthodes de prospective, comme les catégories de prospective, doivent être rigoureusement choisies en fonction des objectifs que l'on assigne à l'exercice de prospective. Or, il existe une grande variété de méthodes de prospective.

Si la concertation semble indispensable pour faire émerger des visions partagées sur les futurs possibles et/ou souhaitables de la société, l'expertise et la qualité scientifique et technique sont également nécessaires pour lier les futurs possibles aux défis technologiques présents et aux grandes avancées scientifiques ainsi que la créativité pour défier les croyances fortes et les intérêts (van der Meulen, 1999). Il s'agit de s'interroger sur la capacité des diverses méthodes de prospective (voir tableau synthétique 2.1) à intégrer ces trois dimensions. C'est pourquoi nous proposons une typologie des méthodes de prospective selon un triangle dont les trois pôles représentent respectivement l'expertise, la concertation et la créativité (figure 2.1).

Figure 2.1. Une typologie des méthodes de Foresight et des techniques concertatives auxquelles elles font appel.



Expertise

- 1 : Scénarios fondés uniquement sur des acteurs non experts de la société (2 extrêmes peuvent se produire)
- 2 : Scénarios à partir de techniques concertatives alliant experts et société civile
- 3 : Analyse Multicritères et méthodes des Relevance Trees à partir de techniques concertatives excluant les experts
- 4 : Scénarios à partir de panels d'experts
- 5 : Enquêtes Delphi
- 6 : Exercices de Technologies Critiques
- 7 : Benchmarking
- 8 : Analyse Multicritères et méthode de Relevance Trees à partir des seuls dire d'experts
- 9 : Analyse Multicritères et méthode de Relevance Trees à partir de techniques concertatives alliant experts et acteurs de la société.

➤ Les enquêtes DELPHI

Il s'agit de la méthode la plus fréquemment utilisée notamment dans les « foresights technologiques » qui s'interrogent sur l'efficacité des politiques de R&D en matière d'innovation technologique (Héraud et alii, 1997). Elle a été développée dans les années 1950 par la Rand Corporation, qui l'a abandonnée depuis (Gordon and Helmer, 1964). Elle a été appliquée par le Japon qui mène des enquêtes DELPHI régulièrement depuis la fin des années 1960, puis par les Etats-Unis. La plupart des pays développés, à l'exception des Pays-Bas qui ont préféré opter pour d'autres méthodes (pour plus de détails voir la troisième section), pratiquent plus ou moins régulièrement ce type d'exercice. La France a initié un DELPHI en 1994, à l'initiative du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, sous la responsabilité de la SOFRES et du BETA (BETA, 1995) (voir encadré 2.6).

Encadré 2.6. QUELQUES REFERENCES D'EXERCICES DELPHI

Allemagne (ISI) : 1993, 1998

↳ Première étude DELPHI en parallèle avec le 5^e DELPHI japonais
BMFT (ed.) (1993), Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik, Bonn, Allemagne.

↳ DELPHI'98 : Etude Delphi
Cuhls K., Grupp H., Blind K. (1998), Delphi'98 Umfrage – Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Allemagne.

France (BETA & SOFRES) : 1994

↳ Enquête sur les technologies du futur : Etude Delphi
Héraud J.-A., Munier F. (1995) Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 'Enquête sur les technologies du futur par la méthode Delphi : Présentation des résultats, synthèse et commentaires', Etude réalisée en coopération avec la SOFRES et le Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA, CNRS, Université Louis Pasteur), Strasbourg, France.

Grande Bretagne (PREST) : 1996

↳ UK Technological Foresight : Etude Delphi
Loveridge, D., L. Georgiou et M. Nedeva (1995), United Kingdom Technology Foresight Programme : Delphi Survey, a report to the Office of Science and Technology, PREST, University of Manchester, UK.

Japon

Depuis 1971, une étude DELPHI est réalisée tous les 5 ans.

↳ 5^e étude DELPHI
NISTEP (1992), The 5th Technology Forecast Survey : Future Technology in Japan, NISTEP rapport n°25, Science and Technology Agency, Tokyo, Japon.

↳ 6^e étude DELPHI
NISTEP (1997), The 6th Technology Forecast Survey : Future Technology in Japan Toward the Year 2025, NISTEP rapport n°52, Science and Technology Agency, Tokyo, Japon.

↳ 7^e étude DELPHI
NISTEP (2001)

Cette méthode repose sur les opinions des experts concernant les évolutions de la technologie et ses ruptures dans les trente années à venir et en fournit des résultats agrégés. Le but de la méthode est de recueillir, non seulement l'opinion brute des experts

sur un certain nombre de questions concernant l'avenir, mais également de faire réagir chaque expert à l'opinion générale de ses pairs. Pour cela, on procède généralement à l'envoi d'un questionnaire par courrier, en deux vagues. Le second tour est affiné en fonction des réponses du premier tour. Le questionnaire et les experts diffèrent selon le secteur. Il est rare qu'un expert puisse répondre à l'ensemble du questionnaire, ses connaissances sont souvent limitées à un domaine¹⁵.

Dans le cadre d'une étude DELPHI portant sur l'innovation technologique, on demande aux experts de se prononcer sur les éléments suivants :

- le degré d'importance de certains sujets,
- le champ d'impact d'une technologie émergente,
- le temps moyen de réalisation de cette technologie,
- les contraintes majeures de réalisation ou de non-réalisation de cette technologie,
- le pays le plus avancé,
- les mesures efficaces du gouvernement,
- la nécessité de coopération internationale.

Cette méthode comporte un certain nombre d'avantages:

- elle fournit une vue synthétique d'un très grand nombre de réponses d'experts
- elle réalise des comparaisons internationales.

Toutefois, la meilleure comparaison possible n'implique pas nécessairement que le questionnaire soit le même pour l'ensemble des pays. Ce procédé a été tenté par l'Allemagne et la France en utilisant le même questionnaire qu'au Japon. Les résultats n'ont pas été toujours concluants dans la mesure où le questionnaire japonais n'était pas adapté au contexte socio-économique et culturel européen.

Elle comporte aussi les inconvénients listés ci-dessous :

- ❖ Il est difficile de contacter beaucoup d'experts qui souhaitent s'impliquer.
- ❖ Le système des deux vagues engendre une lassitude et donc une perte de motivation de la part des experts.
- ❖ La méthode est très lente avant d'obtenir les premiers résultats.
- ❖ Elle nécessite des fonds importants.
- ❖ L'aspect qualitatif est souvent délaissé au profit de l'aspect quantitatif.
- ❖ Le choix des experts peut constituer un biais. En effet la technologie choisie dépend de l'origine de l'expert, de sa culture, alors que la technologie est un concept international.
- ❖ Le premier questionnaire n'est pas toujours réalisé par un panel d'experts.

Toutefois, la plupart de ces limites peuvent être résolues en partie par des moyens suffisants et la qualité scientifique de l'équipe menant le DELPHI.

¹⁵ Dans le cas de l'enquête DELPHI française, 3388 experts ont été contactés et ont reçu l'un des 15 questionnaires thématiques correspondant à leur domaine technologique d'expertise. Environ un tiers ont donné des réponses exploitables. Chaque questionnaire comprend une centaine de sujets (énoncés d'innovations) que les experts doivent commenter en répondant à 7 questions (importance, date de réalisation, principaux obstacles, etc.).

Par ailleurs, il est reproché à cette méthode de se focaliser sur les exercices de prospective technologique. Pourtant ce type de méthode peut être appliqué à d'autres champs que celui de l'innovation technologique et scientifique. On peut très bien imaginer appliquer une méthode Delphi sur un sondage d'opinions d'experts portant sur les « thèmes prioritaires et thèmes émergents » selon la communauté scientifique. Ainsi, l'étude française « Recherche et environnement » portant le sous titre précédent et réalisée pour le MATE et le MENRT (1998) aurait très bien pu appliquer une méthode Delphi (aux mêmes types de questions qu'elle contenait) pour transformer son exercice de veille en prospective, mais ne l'a pas fait par choix : « *la méthode Delphi, qui s'appuie sur des listes élaborées a priori et sur l'utilisation de questionnaires successifs, ne nous a pas semblé adaptée à nos attentes* » (p 33). Toutefois, il faut être conscient du fait que cette méthode n'intègre pas véritablement la demande sociale, dans la mesure où par définition, elle ne s'applique qu'auprès d'experts. On peut évidemment intégrer des experts en sciences sociales mais cela ne saurait suffire pour refléter les besoins et les perceptions de la société civile. On peut également penser que les experts, en dehors de leur propre champ de compétence, sont des citoyens comme les autres et que leur avis sur ces questions peut refléter, là encore, la demande sociale. Or on obtient nécessairement un biais ne serait ce que parce qu'il s'agit d'une catégorie particulière de la population. En d'autres termes, l'aspect « concertatif » est quasiment absent de cette méthode et ce d'autant plus qu'elle cherche à identifier les convergences entre experts. Elle tend également à gommer les différences et porte peu d'attention aux articulations entre les problèmes, à la construction par les acteurs de leur « vision » et aux facteurs clés de l'évolution du contexte. Il en est de même pour la dimension « créativité », dans la mesure où les experts tendent à se focaliser sur leur propre domaine et préoccupation (voir figure 2.1). D'ailleurs les études DELPHI n'ont jamais véritablement permis d'anticiper de grandes ruptures ni offert de grandes surprises. En d'autres termes, la méthode DELPHI nous paraît peu adaptée à un exercice de prospective de type « social Foresight ».

➤ **La méthode du Benchmarking**

Cette méthode a été initialement pratiquée par les entreprises qui la perçoivent souvent “comme un processus continu d'évaluation de leur produit, service et méthode par rapport à ceux des concurrents les plus sérieux ou des entreprises reconnues comme leader dans le secteur.” (Balm, 1994, p. 16). Le benchmarking est donc, en quelque sorte, une recherche des meilleures méthodes et idées afin de les intégrer et de devenir à son tour le meilleur. On mesure et on compare par rapport aux autres. On se fixe des objectifs et on cherche à atteindre le meilleur qui existe (voir encadré 2.7). De toute évidence, cette méthode peut, en étant appliquée au niveau national, s'avérer pertinente dans le cadre d'un “foresight technologique”

De plus en plus, la méthode du benchmarking est utilisée afin d'évaluer et améliorer l'efficacité environnementale des produits et procédés. Elle est d'ailleurs souvent à la base des procédures de certification environnementale. De ce point de vue, elle peut constituer un outil intéressant aussi pour un exercice de prospective nationale s'interrogeant sur les conditions de mise en œuvre d'une politique environnementale ou, plus largement de développement durable en indiquant le niveau de performance environnementale actuel et les objectifs possibles à atteindre, compte tenu des performances d'autres.

Cependant, la méthode du benchmarking, quel que soit son domaine d'application, repose sur l'avis exclusif d'experts très spécialisés au niveau technologique. L'aspect concertation y est totalement absent ce qui la rend peu applicable à un exercice de "social Foresight". Par ailleurs, aucune dimension créative n'est intégrée, en ce sens que l'on raisonne en permanence par rapport aux meilleures performances disponibles et donc à partir de technologies déjà existantes (voir figure 2.1). De ce point de vue, la méthode de benchmarking ne peut pas vraiment être considérée, selon nous, comme une méthode de prospective mais plutôt comme une méthode de veille stratégique consistant à "alerter" le décideur sur la performance de son entreprise, ou de son pays, notamment en matière de performance environnementale.

ENCADRÉ 2.7. LE "BENCHMARKING" LE PLUS COURANT RELÈVE D'AVANTAGE D'UN EXERCICE DE VEILLE

Il existe cinq types de Benchmarking :

1. Le benchmarking interne :

Comparaison d'un processus, d'un produit ou d'un service à un processus, un produit ou un service similaire à l'intérieur de l'organisation considérée. Dans ce cas les partenaires potentiels (autres services) sont faciles à identifier. Le coût de l'information est faible ; le partage de l'information confidentielle ne se pose pas. Mais il existe peu de chance d'une amélioration significative.

2. Le benchmarking concurrentiel

Comparaison par rapport au meilleur des concurrents sur le marché. Ils sont faciles à identifier. Les possibilités d'amélioration sont intéressantes. La difficulté réside dans le partage de l'information surtout confidentielle. Mais ce système de veille sur les points forts des concurrents est important et doit être ancré dans une entreprise.

3. Le benchmarking fonctionnel

Comparaison avec les meilleurs au monde dans la même branche. Ce ne sont pas forcément des concurrents directs. Exemple dans le secteur de l'électronique, IBM, Xerox ou Motorola peuvent avoir un intérêt à un échange d'informations confidentielles. Une amélioration significative est alors presque assurée.

4. Le benchmarking générique

Comparaison à une des meilleures entreprises au monde hors du secteur industriel dans lequel on évolue mais qui a des processus similaires (exemple : processus de recrutement). Ces partenaires potentiels sont difficiles à identifier. Toutefois il existe deux avantages : ils sont prêts au partage d'information et cela permet une amélioration considérable du processus. Cela permet aussi de bénéficier ou de créer une technologie ou un processus révolutionnaire. Malgré le coût que ceci engendre, ce type d'opportunité est très intéressante.

5. Etudes de Benchmarking de consultants

Comparaison à une entreprise des plus performantes avec l'assistance d'un consultant. Le consultant agit en tierce personne. Il est neutre et indépendant. Il recueille et analyse l'information confidentielle. Il fournira des moyennes, des fourchettes ... non confidentielles. Cela ne mobilise pas les ressources utilisées pour n'importe quel benchmarking. Mais il faut alors former le consultant à ce qu'on l'on recherche. De plus on paie une étude dont les résultats profiteront à d'autres organisation en échange de leur contribution.

Dans tous les cas, un exercice de benchmarking nécessite une coordination, pour cela il faut un superviseur, le soutien d'une équipe d'encadrement.

Les avantages

Ce système continu peut être assimilé à un système de veille. On rejoint alors le système de veille technologique puisque l'on cherche à s'aligner sur la concurrence. Ce système prend en compte la satisfaction du " client ", c'est à dire savoir ce que les clients seraient en droit d'exiger si tout allait mieux.

Les inconvénients

Les coûts sont souvent importants même si l'on peut considérer que c'est un investissement pour le futur. Il faut, en effet, se procurer l'information, voire parfois la partager. La formation est aussi coûteuse, de même que la mise en œuvre des améliorations.

➤ **Les études des Technologies Critiques**

Une autre approche de prospective technologique consiste en l'élaboration d'une liste de Technologies Critiques. Cette liste est générée par des groupes de discussion composés d'experts techniques. La sélection des technologies est fondée sur des critères incluant l'importance de la compétitivité économique, la pertinence pour la sécurité nationale, la contribution à la qualité de la vie et l'application potentielle à différents secteurs industriels. Les problèmes méthodologiques, associés à cette approche, incluent le fait qu'il n'existe pas de définition commune acceptée sur ce qui rend certaines technologies critiques. Les critères sont définis arbitrairement. Ils impliquent relativement peu de personnes et identifient des technologies qui sont souvent très larges (Mogee, 1997 ; Martin, 1996). Il existe beaucoup d'exercices de ce type (comme nous le verrons dans la troisième section), en raison de leur faible coût. Les études de ce type démontrent que diverses technologies sont pertinentes d'un point de vue environnemental. Elles reposent exclusivement sur l'avis d'experts et ne se prêtent pas à la concertation (voir figure 2.1). En d'autres termes, elles peuvent revêtir une utilité pour des exercices de Foresight technologique à des fins de compétitivité, mais pas pour un exercice de prospective s'insérant dans notre problématique (voir encadré 2.2).

➤ **La méthode des "Relevance Trees"**

Il s'agit d'une méthode normative dans la mesure où l'on commence par déterminer les problèmes émergents et les besoins dans le futur en recourant à un panel. L'horizon est, en général, le moyen terme. Cette méthode est fondée sur l'analyse des systèmes en ce sens qu'elle analyse les situations suivant leur niveau hiérarchique et leur degré de complexité (Grupp et Reiß, 1997). Ainsi, peut-on indiquer l'étude de prospective allemande (« Technology at the Threshold of the 21st Century » réalisée par *Fraunhofer ISI*) recourant à cette méthode pour guider le décideur en matière de R&D. L'identification des besoins a conduit à un certain nombre d'objectifs en termes de santé, de performances socio-économiques et de qualité environnementale. La seconde phase procède à une analyse des technologies selon deux "relevance trees". Le premier arbre est relatif aux conditions financières, le capital humain, les infrastructures en R&D. Le second arbre contient des critères relatifs à la santé, à l'économie et aux problèmes environnementaux et sociaux. Une telle méthode nécessite beaucoup de temps et de moyens et se montre bien adaptée aux exercices de prospective qui retiennent ici notre attention. Toutefois, une grande part de la qualité de l'exercice repose sur le type de panel sélectionné et sur son mode de fonctionnement. En effet, s'il s'agit d'un panel uniquement constitué d'experts (comme cela a été le cas dans l'étude allemande citée), il est clair que les dimensions concertatives et créatives seront plus limitées que s'il s'agit d'un panel plus diversifié (voir 2.2.3). Cette méthode peut donc s'adapter à un exercice de prospective, soit de « foresight technologique », soit de « foresight social » (voir encadré 2.8 et figure 2.1).

Encadré 2.8. UN EXEMPLE DE DÉCOUPAGE POSSIBLE EN NIVEAU HIÉRARCHIQUE DANS UN EXERCICE RECOURANT À LA MÉTHODE DES "RELEVANCE TREES"

1. un domaine d'application : la chimie ;
2. plusieurs objectifs importants : le recyclage, la productivité, l'absence d'effluents toxiques, l'emploi ;
3. différents axes de recherche : catalyse, liquéfaction du charbon ;
4. de nombreux projets ou approches importants en matière de R&D.

Quelques exemples de critères de sélection de base :

- Infrastructure de la R&D
- Contraintes scientifiques et technologiques de réalisation
- Capital humain
- Dépenses d'innovation
- Intérêts des entreprises
- Compétitivité nationale
- Intérêt public
- Division internationale du travail

Quelques exemples de critères concernant les solutions potentielles aux problèmes par les nouvelles technologies :

- Pénétration économique
- Impact sur la structure économique
- Taille du marché et impacts sur la compétitivité
- Impacts sur la santé humaine et les services médicaux
- Impacts sur les progrès sociaux (éducation, conditions de travail, démocratie, consensus social, état constitutionnel, génération future)
- Impacts sur l'environnement et la nature.

Source :

Grupp H., Reiß T., (1997), "Foresight in German Science and Technology", in Anderson, Joe ; Fears, Robin ; Taylor, Bernard (Eds.) *Managing Technology for Competitive Advantage*, Pearson Professional, London, p 58-73.

➤ **L'analyse multicritères**

Cette méthode, comme la précédente, comporte plusieurs étapes qui restreignent au fur et à mesure le nombre de solutions possibles. Elle permet de classer des informations d'origines multiples. Elle peut être appliquée à différents domaines et à diverses catégories de prospective. Là encore, sa pertinence, notamment pour notre problématique, repose de façon importante sur la façon dont ont été obtenus les différents critères qu'elle doit classer : sont-ils issus d'avis d'experts, de représentants de la société civile, des deux ? Mais dans ce cas est-ce par une juxtaposition de critères fournis ou par le biais d'une concertation entre les deux catégories d'acteurs ? En réalité, l'analyse multicritères ne constitue qu'un outil de classement de l'information et ce qui importe est le type de techniques concertatives en amont. Notons que l'utilisation de méthodes multicritères recourant à des processus délibératifs et participatifs s'est développée rapidement en Europe et ailleurs, dans le but de s'assurer de la qualité, tant scientifique que politique, d'exercices de prospective liés à des enjeux environnementaux. Simos (1990) a ainsi fourni une analyse détaillée sur la façon dont une négociation multilatérale associée à des analyses multicritères scientifiques, économiques, écologiques et sociales, peut constituer une méthode efficace afin d'obtenir

des options de développement dans le domaine de la politique de traitement des déchets solides de Genève et dans celui de l'aménagement du territoire¹⁶.

Encadré 2.9. EXEMPLE D'UNE ÉTUDE PROSPECTIVE UTILISANT L'ANALYSE MULTICRITÈRES

A titre d'illustration, on peut indiquer l'étude néerlandaise intitulée ***Technology Options for Environmental Problems***. Cette étude a été réalisée en 1992 à la demande du Ministère du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Affaires Environnementales. Le choix des technologies est déterminé par une équipe de dix consultants. Elle fait appel à cette méthode dans le cadre d'une prospective ayant pour objectif de retenir des options technologiques satisfaisantes du point de vue environnemental. Elle comporte les quatre étapes suivantes :

- Identification et évaluation d'un maximum d'options technologiques
- Isolement de celles qui ne sont pas encore sur le marché
- Sélection des options qui correspondent aux critères suivants :
 - (i) celles qui promettent une contribution majeure à la solution des problèmes environnementaux;
 - (ii) celles qui évitent de nouveaux problèmes environnementaux;
 - (iii) celles qui sont efficaces énergétiquement.
- Puis on procède à une nouvelle sélection en fonction des critères suivants :
 - (i) effet multiplicatif : la technologie en question traite-t-elle plusieurs problèmes environnementaux simultanément;
 - (ii) obstacles socio-économiques à la mise en œuvre de cette technologie;
 - (iii) maturité technologique : la technologie peut-elle être développée à moyen terme ?

Une seconde étude de ce type a été réalisée en 1994. Une étude récente, demandée par le même ministère, devait intégrer des aspects sociaux et culturels dans les développements technologiques.

Sources : VAN DER MEULEN, B.J.R., (1996), *Environmental Foresight in the Netherlands : Methods, Results, Experience*, Centre for Studies of Science, Technology and Society, Université de Twente, Enschede, Netherlands. Article préparé pour la conférence : *The Environment for the 21st Century, Long-term Governability and Democracy*. September 8-11. Abbaye de Fontevraud, France.

Dans l'exemple d'exercice de prospective recourant à la méthode multicritères que nous donnons dans l'encadré 2.9, la dimension créativité est totalement absente. Seuls les problèmes environnementaux et les technologies déjà existants sont pris en compte. Or, il est tout à fait possible de procéder à une analyse multicritères ne recourant pas à ce type de

¹⁶ Voir aussi De Marchi et al. (2000) qui présentent une application des méthodes d'analyse multicritères recourant à des diverses techniques concertatives aux questions de politiques de développement local et de maîtrise des ressources en eau.

présupposé. De la même façon, dans l'exercice néerlandais donné en exemple, ce sont les experts qui se constituent les portes parole de la demande sociale. Là encore il s'agit d'un choix de l'exercice et non pas d'une contrainte imposée par la méthode. Il est en effet envisageable de faire intervenir directement des représentants de la société civile en tant que représentants de la demande sociale. Ainsi, il apparaît nettement qu'une même méthode de prospective peut donner des résultats extrêmement divergents en fonction de la technique concertative à laquelle elle fait appel en amont (voir figure 2.1).

➤ **L'élaboration de scénarios**¹⁷

Il existe une très grande variété de méthodes de scénarios et nous ne pouvons pas prétendre à l'exhaustivité dans ce travail. Il s'agit de la méthode la plus développée par les spécialistes français de la prospective, réunis notamment autour de l'association Futuribles (Jouvenel, 1993). De façon générale, les scénarios suggèrent des futurs possibles. Ils donnent des descriptions alternatives du futur. Ceux-ci ne sont, en aucun cas, des prévisions. Ils permettent d'imaginer l'évolution et les ruptures sociales, économiques, technologiques ou encore écologiques. On peut également tenter d'introduire des indicateurs quantitatifs pour compléter les caractéristiques qualitatives des scénarios.

Les scénarios, dont le nombre dépasse rarement quatre dans les exercices de prospective, ne sont pas des "produits finis" mais apparaissent comme des instruments puissants de concertation. Ils permettent en effet de stimuler la discussion avant la prise de décision tout en encourageant l'action. Le scénario représente la méthode de prospective souvent la plus intéressante du point de vue des trois critères que nous avons retenus puisqu'il peut intégrer simultanément l'expertise, la créativité et la concertation entre les divers acteurs impliqués. Cela explique pourquoi cette méthode de prospective est utilisée tant au niveau micro-économique que macro-économique et pour des exercices de prospective obéissant indifféremment à une philosophie de « foresight technologique » ou de « foresight social ». Toutefois, cette méthode nécessite beaucoup de temps avant d'élaborer le scénario définitif.

Là encore tout dépend des acteurs à partir desquels les scénarios sont réalisés et des techniques de concertation choisis en amont. En fonction de ces éléments on peut en effet avoir un exercice qui relève de la pure science fiction, si aucun garde fou d'expertise n'est introduit, tout comme un autre qui soit sans aucune créativité s'il n'est que le reflet de la pensée ou de l'interprétation de quelques experts (voir figure 2.1).

¹⁷ Godet, M., (1998), Manuel de prospective stratégique 1, Une indisciplinette intellectuelle, Edition Dunod, Paris, France.

Godet, M., (1998), Manuel de prospective stratégique 2, L'art et la méthode, Dunod, Paris. France.

En fait, toute méthode de scénario doit comporter, en totalité ou en partie, les étapes suivantes :

1. Une analyse du système.

On procède à l'identification la plus exhaustive possible de toutes les variables composant le système. Pour constituer cette liste, on a recouru à des méthodes de recueils de données : entretiens avec des spécialistes, brainstorming et à des exercices de concertation entre différents acteurs. On détermine ensuite les interactions entre les variables et les stratégies des acteurs.

2. Une étude rétrospective.

Cela consiste en une analyse du passé du système et permet de discerner les tendances lourdes du système.

3. Une étude de la stratégie des acteurs.

Il s'agit souvent de construire une matrice acteurs/acteurs afin de mettre en évidence les conflits entre ces derniers.

4. L'élaboration des scénarios.

Grâce aux étapes précédentes, on peut alors imaginer les mécanismes d'évolution. On peut obtenir autant de scénarios que d'hypothèses, leurs réalisations étant plus ou moins probables.

5. Un test d'acceptabilité des scénarios auprès des divers acteurs impliqués.

Mais cette méthode introduit aussi le risque de ne faire intervenir aucun autre acteur que le "scénariste" et donc d'extrapoler les grandes tendances en repérant certains "signaux faibles" pour lesquels le scénariste sera encore une fois seul juge "alertant".

L'étude prospective française « De la science autrement » a été réalisée sur la base d'ateliers de citoyens qui ont exprimé leur demande en matière d'environnement et de choix technologique pour le prochain siècle, à travers des scénarios prospectifs (construit à partir des exercices de consultations publiques où émergeaient leurs conceptions quant aux thèmes prioritaires en matière d'environnement au cours du temps) (BIPE, CDC consultants, CEA, 1997).

Ces différences entre méthodes de prospective (et à l'intérieur d'une même méthode de prospective) reflètent l'équilibre difficile qu'il s'agit de trouver entre l'expertise des scientifiques et des ingénieurs, la concertation entre les chercheurs et les utilisateurs (industrie, gouvernement, société) et la créativité des visions du futur. Or, on le voit dans le triangle à partir duquel nous avons élaboré notre typologie de méthodes de prospective (figure 2.1.), beaucoup de prospectives sont dépendantes des techniques de concertation auxquelles elles font appel. De plus aucune de ces méthodes ne permet de trouver vraiment l'équilibre idéal. C'est pourquoi, il semble préférable, pour un exercice de prospective, d'utiliser simultanément et de façon complémentaire plusieurs méthodes de prospective¹⁸ et de faire appel à plusieurs techniques de concertation pour une même méthode.

¹⁸ « En Grande-Bretagne, Delphi n'est qu'une méthode du programme global de prospective qui utilise à la fois plusieurs autres méthodes. C'est la bonne direction à rechercher pour couvrir le plus de questions possibles et éviter trop d'erreurs » (entretien avec Mauritz Butter, TNO, Pays-Bas).

« Comme le dit Godet, il est essentiel de retenir le pluralisme et les complémentarités des méthodes qui offrent pour chaque problème d'anticipation de l'avenir une réponse méthodologique appropriée. Il n'y a pas d'incompatibilité entre la méthode Delphi et celle des scénarios. Nous avançons même l'idée que l'une devrait constituer la première étape de l'autre dans le cas qui nous intéresse ici, à savoir la prospective technologique nationale » (Héraud et alii, 1997).

Tableau 2.1. Une récapitulation des diverses méthodes de prospective

Méthode	Approche	Avantages	Possibilité d'intégrer la concertation	Limites
Étude DELPHI	Analyse d'un groupe large d'experts.	Vue synthétique d'un grand nombre de réponses d'experts.	Non	Méthode lente et coûteuse ; difficulté de mobiliser beaucoup d'experts ; perte d'information car résultats basés sur le quantitatif.
Méthode des Scénarios	Construction de futurs alternatifs possibles.	Aide à la décision sans donner de prévision ; explore l'incertitude.	Oui en fonction des techniques concertatives et des acteurs retenus.	Plausibilité ; nécessite du temps avant d'établir un scénario définitif ; imagination dépend des "scénaristes".
Méthode des Relevance Trees	Approche normative et systémique.	Les objectifs sont fixés ; mise en évidence de choix possibles.	Oui en fonction des acteurs et des techniques concertatives retenus.	Prendre en compte tous les facteurs prédéfinis ; nécessite des niveaux hiérarchiques distincts ; perte d'information concernant les relations entre les systèmes.
Méthode du Benchmarking	Recherche des meilleures méthodes et idées afin de les intégrer et de devenir à son tour le meilleur.	Fixation d'objectifs toujours plus performants que ce qui existe déjà.	Non.	Repose sur l'avis exclusif d'experts très spécialisés ; pas de concertation possible. Aucune création possible.
Exercices des Technologies Critiques	Classement des technologies en fonction de différents critères.	Un coût peu élevé et rapidité des résultats.	Non.	Repose sur l'avis exclusif d'experts, de critères définis de façon aléatoire ; peu créatif.
Analyse multicritères	Un ensemble de critères permet de restreindre le nombre de solutions possibles.	Permet un simple classement de l'information.	Oui en fonction des acteurs et des techniques concertatives retenus.	Peut empêcher la créativité.

2.4. De la prospective à la veille

La veille apparaît comme un domaine beaucoup moins balisé et étudié que la prospective. D'une part, il n'existe pas véritablement de littérature consacrée à la veille ; d'autre part, nous n'avons pas trouvé, à la différence de la prospective, de systèmes nationaux de veille environnementale constitués ou en cours de constitution. Quelques projets aux Etats-Unis, émanant notamment de l'EPA, commencent à poindre, comme nous le montrerons dans les sections suivantes de ce rapport.

Une exception notable provient du sanitaire, en France, où se met en place un Institut de Veille Sanitaire. Or, le sanitaire peut constituer un enseignement important pour l'environnement en raison de la proximité du type de risque qui lui est associé. En effet, la notion de risque environnemental, comme celle de menace sanitaire, introduit une fonction de transmission (même dans le cas de faibles doses) dépassant alors le traditionnel risque collectif localisé aux niveaux spatial et temporel. Par ailleurs, il existe un recouvrement indéniable entre impacts sanitaires et impacts environnementaux dans nombre de cas (exemple : la vache folle, Sévêso, déchets toxiques, organismes génétiquement modifiés, etc...). Le champ de l'environnement, comme celui de la santé, est en prise directe, bien sûr avec la demande sociale, mais aussi avec la recherche scientifique, à la différence des autres domaines de la politique publique (exemple : l'urbain est davantage lié à la technique plutôt qu'à la science). Enfin, il s'agit, dans les deux cas, de domaines où s'exercent des conflits importants entre une très grande diversité d'acteurs et subissant de fortes pressions médiatiques et donc devant faire face à une grande quantité d'informations disparates en même temps qu'à une absence de données sur certains points.

La veille a pour rôle de limiter la cécité face aux « signaux faibles » (voir encadré 2.10).

ENCADRÉ 2.10 : LES SIGNAUX FAIBLES

La « faiblesse » des signaux peut avoir des origines multiples :

1. La « faiblesse » des signaux d'un danger environnemental peut être attribuable au caractère scientifique de la situation (par exemple la menace pèse sur un futur lointain ou le signal est faible numériquement, ou le signal est noyé dans trop d'informations et de « bruit » statistique).
2. La « faiblesse » peut être également due à des circonstances institutionnelles par exemple le signal est faible parce qu'il est émis par des acteurs non légitimes ou parce qu'il n'a pas de relais institutionnel.
3. Il existe des « signaux faibles » pour des problèmes connus (par exemple les avalanches) et des signaux faibles pour des problèmes latents (par exemple la vache folle).
4. Certains « signaux faibles » peuvent être émis par des experts et d'autres peuvent être issus de la société civile (assimilables à la demande sociale).

Le développement de la veille environnementale devient critique à un moment où se multiplient de nouveaux principes au cœur des systèmes juridiques (internationaux, multinationaux et nationaux) à l'égard des problèmes environnementaux (responsabilité étendue du producteur, principe de précaution en plus du principe pollueur-payeur). Cette tendance rend progressivement les décideurs publics et privés sensibles à une gestion plus attentive et plus précoce du risque environnemental visant à traquer les « signaux faibles », d'où le rapprochement de plus en plus étroit de la notion de veille avec celle de prospective.

Compte tenu de ce qui précède, en matière de catégorie de veille, il importe d'opérer une distinction entre :

- l'objet de la veille
 - les objectifs de la veille
 - les outils et méthodes de la veille.
- (i) L'objet de la veille environnementale varie en fonction de l'origine des « signaux faibles » dont elle se préoccupe. Ainsi, parle-t-on de *veille scientifique* lorsqu'il s'agit d'assurer un repérage des signaux faibles émanant de la communauté scientifique. De la même façon il peut être question de *veille sur la demande sociale* lorsqu'on se préoccupe de la traque des signaux faibles en provenance de la société civile. On peut aussi repérer les changements opérés en matière d'innovation technologique et de champ de R&D lié à l'environnement au niveau national et international par le biais de ce que l'on peut qualifier de *veille technologique*. Enfin, si l'on veut suivre les évolutions en matière réglementaire, on entre dans le domaine de la *veille réglementaire*. Cette dernière peut tout aussi bien repérer les signaux faibles en matière de nouvelles réglementations¹⁹ que pour le non respect des normes et réglementations environnementales²⁰.
- (ii) Une veille, quel que soit son objet, peut obéir au moins à trois grandes catégories d'objectifs qu'il convient de dissocier.
- ❖ Tout d'abord, elle peut servir à des besoins de recueil et (éventuellement) de circulation et de diffusion de l'information. On met alors en place un système de *veille documentaire*. Ainsi, les 4 catégories de veille précédentes obtenues en fonction de l'objet d'étude peuvent elles être de type documentaire au sens large puisqu'il s'agit aussi du suivi des divers réseaux existants et pertinents. Une telle veille peut paraître à première vue aisément accessible. Toutefois, pour prétendre à une certaine exhaustivité elle nécessite des moyens non négligeables en personnel qualifié, provenant de diverses disciplines

¹⁹ « En matière de veille réglementaire environnementale, le mieux c'est de suivre la législation de Californie. L'air y est extrêmement pollué, mais c'est l'état pionnier en matière de législation environnementale. Si l'on souhaite anticiper la législation américaine en matière environnementale (et notamment en matière de pollution de l'air) pour les futures années, il suffit de se tourner vers l'évolution de la législation en Californie » (entretien avec J. Coates, Coates and Jarrat Inc, Washington D.C., Etats-Unis).

²⁰ Ainsi, "en matière sanitaire, la veille passe d'abord par l'application des normes de santé. Il faut donner des moyens pour faire appliquer ces normes. Par exemple, dès 1977, il existait pour l'amiante des réglementations, des normes de référence valides. Mais on a quand même utilisé l'amiante que l'on savait dangereuse." (entretien avec Denis Hémon, INSERM).

avec une expertise importante²¹, « une part maudite » c'est-à-dire quelques éléments originaux et une rotation régulière du personnel (tous les trois, quatre ans).

- ❖ Un système de veille peut poursuivre un objectif de compétitivité, c'est ce que l'on trouve couramment sous le vocable de *veille (ou encore d'intelligence) économique*²². Elle doit alors se préoccuper à la fois des évolutions significatives dans la recherche scientifique en matière d'environnement (par exemple, s'il s'agit d'une industrie grosse consommatrice d'énergie ou d'un institut de recherche en énergie, il semble indispensable de suivre les signaux faibles dans le domaine des recherches scientifiques sur le changement climatique, les pluies acides, etc.), dans les mouvements de la demande sociale (pour l'image, pour adapter sa production ou sa recherche aux besoins de la société, etc.), dans la réglementation et la technologie. Ainsi, une veille technologique, passant par une analyse détaillée des brevets, permet-elle de suivre ce que font les concurrents pour décider de poursuivre ou non une recherche. Elle permet également de décider dans quel domaine il est possible de déposer des brevets afin de faire barrage aux prochaines innovations technologiques de concurrents. De la même façon, un tel système de veille peut (soit au regard d'autres expériences technologiques comparables, soit en fonction de la réglementation dans d'autres pays) mettre en évidence certaines implications écologiques de technologies et donc permet d'éviter de se positionner sur un "lock-in" technologique²³. Ajoutons qu'une *veille économique* doit être de préférence accompagnée d'une veille documentaire structurée par un questionnement en termes de compétitivité.
- ❖ Enfin, un système de veille peut avoir un rôle d'alerte auprès des décideurs responsables des politiques de recherche d'une part, des politiques de l'environnement, d'autre part, afin d'éviter le passage à la situation de crise (économique, sociale ou écologique). On parlera alors de *veille stratégique* dans la mesure où la transmission de l'alerte doit être en prise directe avec le niveau décisionnel, notamment pour des raisons de responsabilité. En effet, le récepteur du « signal faible » est ici le décideur. D'ailleurs lorsque la veille stratégique existe, elle est directement reliée à la présidence des institutions publiques ou des grands groupes industriels (exemple : la cellule de prospective de la présidence européenne créée par Jacques Delors et dont le rôle consiste en partie à réaliser de la veille stratégique afin d'insuffler de grandes orientations politiques aux diverses Directions Générales) ou au niveau des cabinets des Ministres.

²¹ « Dans quelle mesure une personne qui ne connaît pas de manière approfondie un sujet - comme le sanitaire ou l'environnement - peut-elle détecter un signal faible ou un problème. Pour cette raison il faut être vigilant sur le niveau d'expertise de ceux qui s'occupent de la veille documentaire dans son ensemble » (entretien avec Denis Hemon, INSERM).

²² « Dans les grandes entreprises, ce qui est en général bien développé et qui constitue une forme de veille, c'est l'intelligence économique souvent associée à la veille technologique, mais qui peut tout aussi bien l'être à la veille réglementaire ou scientifique. » (entretien avec Jacques Theys).

²³ « Au départ d'un choix de développement technologique, il manque souvent de réflexion sur les implications de ce choix qui finalement peut transformer une forme de pollution en une autre. Souvent une technologie qui peut paraître fiable du point de vue économique, ne l'est pas du point de vue écologique ni économique sur le long terme. On peut donc penser qu'un système de veille technologique et réglementaire éviterait ce genre d'erreur » (entretien avec Mr Feugier, IFP).

L'alerte peut provenir ici de toutes les origines possibles du signal faible (science, société civile, réglementation, technologie). Cela signifie que si l'on veut donner à la veille une dimension stratégique, cet objectif doit alors s'appliquer à une veille portant sur la demande sociale, à une veille scientifique, une veille technologique et à une veille réglementaire. De même, avant de constituer une alerte, le « signal faible » doit avoir été détecté, puis trié, par les autres niveaux de veille, c'est à dire la veille documentaire et la veille économique.

En d'autres termes, il existe un continuum entre les trois objectifs possibles que nous avons assignés à un système de veille.

- (iii) Enfin, ces divers objectifs de veille peuvent recourir à des méthodes et des outils plus ou moins facilement accessibles et plus ou moins applicables en fonction des échelles décisionnelles.

Tableau 2.2. Méthodes de veille en fonction de l'objet et des objectifs de la veille

Objet Objectif	Veille documentaire (recueil et transmission d'informations)	Veille économique (compétitivité)	Veille stratégique (alerte)
Veille sur la demande sociale (repérer les signaux faibles issus de la société civile)	Presse non scientifique (internationale, nationale, régionale, locale), insertion dans des réseaux et forums nationaux et internationaux d'ONG, de syndicats, d'associations de consommateurs	Etudes de marché	Baromètre social Sondage Focus group
Veille scientifique (repérer les signaux faibles issus de la recherche)	Presse scientifique, Insertion dans des réseaux nationaux et internationaux de scientifiques, participation à des séminaires et des conférences internationales, suivi des appels d'offre, sites web des grands centres de recherche		Conseil d'experts Enquête auprès d'experts
Veille technologique (repérer les signaux faibles issus de la technologie)	Presse technique, les retours sur expérience, note des conseillers d'ambassade	Base de données technologiques, bases de données sur les brevets	Benchmarking
Veille réglementaire (repérer les signaux faibles issus de la réglementation non respectée ou des nouvelles réglementations)	Presses diverses et juridiques, plainte auprès des tribunaux, retours sur expérience	Base de données réglementaires	

Par rapport à un système de veille, le rôle d'un exercice de prospective est de fournir les questionnements permettant d'assurer l'orientation et la structuration de la veille, afin d'éviter, soit une recherche aveugle de « signaux faibles », soit un amoncellement d'informations sans grille de lecture et de critère de rejet²⁴. De même, les alertes vers lesquelles la veille stratégique est orientée ne peuvent émerger et être retenues par les décideurs qu'en fonction d'une réflexion en amont tournée vers les ruptures envisageables et déterminantes parmi les futurs possibles. En d'autres termes, la veille stratégique en matière environnementale doit résulter d'une (sinon s'inscrire dans) logique de prospective²⁵.

Dans ces conditions, un exercice de prospective environnementale apparaît comme un préalable à la mise en place d'un système de veille environnementale. Cette constatation est d'ailleurs corroborée par l'absence actuelle de système de veille environnementale stratégique, y compris dans les pays ayant développé les foresights environnementaux les plus élaborés. D'après notre enquête, la plupart d'entre eux ont préféré se focaliser sur l'élaboration de leur exercice de prospective pour, ensuite, se préoccuper de la mise en place d'un système de veille.

²⁴ "La difficulté vient souvent du passage de la prospective à la veille car rapidement on finit noyé sous le ramassage d'informations et par oublier le questionnement qui avait été sous-jacent à la prospective et par là même à la veille" (entretien avec Marie Delattre, Cirad).

²⁵ "Dans un bon système de veille, même de type intelligence économique, les objectifs et les questions doivent être orientés par un exercice de prospective" (entretien avec Alain Feugier, IFP).

"Nous n'avons pas encore développé de système de veille (vigilance) environnementale. Toutefois, lorsque nous aurons fini de mettre au point notre nouvelle méthode de Foresight, nous développerons un système de veille pour nous-mêmes et pour le public" (entretien avec Harald Hiessl, ISI-Allemagne).

SECTION 3 - UNE ANALYSE COMPARATIVE AU NIVEAU INTERNATIONAL DES PRATIQUES DE PROSPECTIVE EN MATIÈRE D'ENVIRONNEMENT.

Nous menons une analyse comparative critique des expériences, au niveau international, de prospective environnementale nous semblant les plus significatives, tant dans leur finalité que dans leur méthode. Il s'agit des expériences des six pays suivants : Etats-Unis, Japon, Grande-Bretagne, Allemagne, Pays-Bas et France. Nous nous interrogeons, dans chacun des cas, sur la façon dont, d'une part, est appréhendée la préoccupation environnementale ; d'autre part sont traités et intégrés les besoins de la société dans le domaine de l'environnement et plus largement du développement durable.

3.1. L'expérience américaine : une culture généralisée et fragmentée du « foresight technologique »

Vers la fin des années 1980, la préoccupation croissante concernant la compétitivité industrielle et technologique des Etats-Unis (notamment vis-à-vis du Japon) entraîne une prise de conscience sur le besoin d'une politique technologique, d'où le regain d'intérêt pour la prospective technologique aux Etats-Unis (Martin, 1993).

Les Etats-Unis ne développent pas un programme Foresight à l'échelle nationale comme dans les autres exemples nationaux présentés dans ce rapport. Il existe plusieurs exercices, tant privés que publics, qui sont identiques à un exercice Foresight. Toutefois, on n'identifie aucun organe de coordination entre ces divers exercices, surtout depuis la disparition de l'Office of Technology Assessment (OTA) dans les années 1990, pour des raisons budgétaires²⁶. Les Etats-Unis montrent une diversité considérable dans leurs approches de prospective. Cette section analyse dans un premier temps, les trois foresights technologiques les plus populaires actuellement aux Etats-Unis, en s'interrogeant sur la façon dont l'environnement y est abordé. Dans un second temps, elle se focalise sur les divers exercices de veille et de prospective en environnement développés par une diversité d'institutions.

3.1.1. Les exercices de foresights technologiques les plus populaires : l'environnement en tant que priorité nationale en matière de compétitivité

Les Etats-Unis développent plusieurs exercices de prospective. Nous en présentons quatre catégories : (i) l'exercice « Critical Technologies » ou Technologies Critiques, réalisé par la Rand Corporation pour le Congrès ; (ii) les exercices technologiques environnementaux ; (iii) les « road maps » qui sont des exercices de prospective menés par le secteur privé ; et (iv) des études réalisées par des ONG et des cabinets de conseil qui assurent en réalité l'essentiel des exercices de prospective aux Etats-Unis.

²⁶ « L'avantage de l'OTA est qu'il permettait de fournir une coordination transversale des recherches dans le domaine de l'environnement (entre autres) alors que maintenant les organismes ont chacun des bureaux censés faire leur propre programmation de la recherche » (entretien avec Doug BAUER, National Research Council, Washington D.C., Etats-Unis).

3.1.1.1. L'exercice des Technologies Critiques

Depuis le début des années 1990, les Etats-Unis souhaitent dégager des opportunités pour maintenir leur compétitivité. La démarche de prospective répond à un besoin d'organisation de la recherche et également à un souci d'optimisation des budgets alloués. L'intérêt est d'établir clairement les priorités d'investissements en science et en technologie.

Dans cette optique, le congrès américain exige un exercice de Technologies Critiques complété tous les deux ans. Une initiative précédente, au début des années 1990, a été réalisée concernant les Technologies Critiques en terme de Défense Nationale, mais il s'est avéré que cet exercice était beaucoup plus difficile à mettre en place pour les technologies civiles. Dans ce dernier cas, les objectifs sont plus larges. Les Technologies Critiques civiles sont définies comme "essentielle pour développer la sécurité nationale et la prospérité économique des Etats-Unis".

Les objectifs affichés sont les suivants :

- Identifier les technologies prioritaires pour la recherche fédérale.
- Assurer que les ressources sont efficacement allouées.

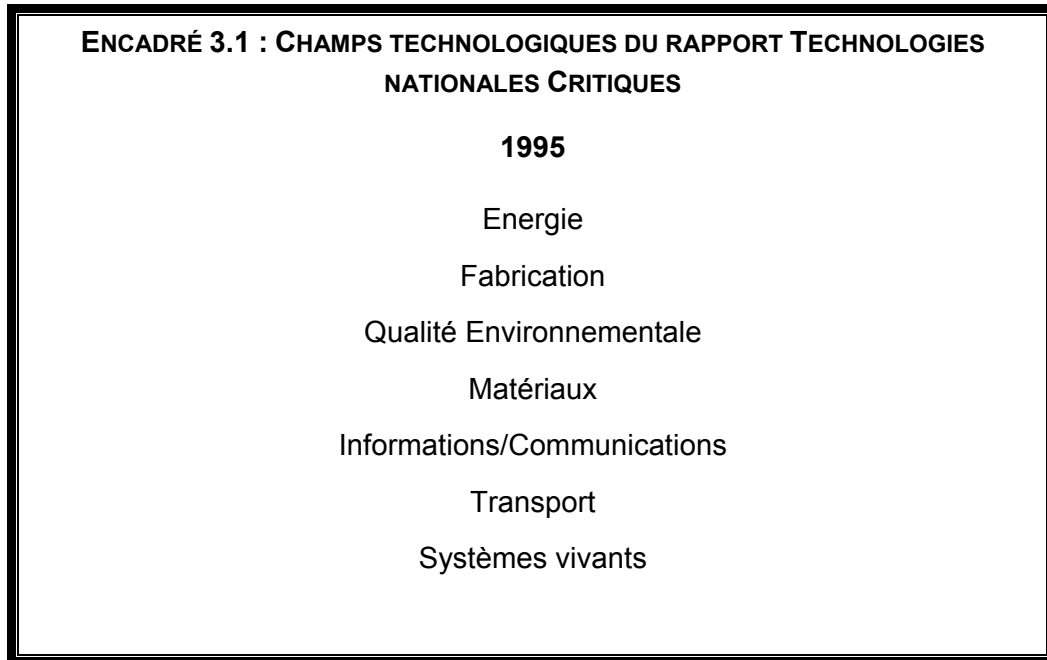
Ces objectifs sont similaires à ceux d'un foresight technologique national, visant la compétitivité généralisée, mais ne se préoccupant pas de la qualité de la vie ni de la demande sociale. Celle-ci est supposée s'adapter, après coup, aux innovations technologiques²⁷ (OST, 1998).

Les résultats sont destinés à une coordination gouvernementale de la recherche et du développement, en accordant à des agences un ensemble commun de priorités. Ils fournissent au Congrès l'information nécessaire pour prendre des décisions en matière de financement. Les agences et ministères participant à ces exercices sur les Technologies Critiques sont les suivants : le Ministère de la Défense, la NASA, le Ministère de l'Energie, le Ministère de la Santé et des Services Humains, le Ministère de l'Agriculture, l'Environmental Protection Agency, la National Science Foundation, le Ministère de l'Intérieur, le Ministère du Commerce, le Ministère des Transports.

L'exercice est dirigé par la Rand Corporation, grâce à un institut séparé s'intitulant Critical Technologies Institute, également mandaté par le Congrès. Bien que la Rand soit à l'origine de la méthode DELPHI qu'elle a créée dans les années 1950, cette méthode n'est pas utilisée dans cet exercice. L'analyse des Technologies Critiques est effectuée par un Comité de pilotage dominé par des intérêts académiques, ainsi que par les conseillers du président du Comité sur la Science et la Technologie et le Comité National pour la Science et la Technologie.

²⁷ « Ce pays n'a pas de frontières. Ici, les gens cherchent toujours à repousser les frontières (conquête de l'Ouest, conquête de l'Espace), si bien que les problèmes environnementaux sont parfois vécus comme des problèmes provisoires. Le fait d'investir dans les technologies plus propres va dans ce sens. Selon cette vision on trouvera toujours un moyen de réparer les dommages causés à la nature grâce à de nouvelles technologies. Mais le biais énorme de ce type de raisonnement est que cela conduit à financer presque exclusivement des recherches pour des technologies réparatrices et non pour de véritables technologies permettant d'éviter de causer des dommages à l'environnement » (entretien avec Dr Barbara KARN, Environmental Protection Agency, Washington D.C., Etats-Unis)

Le troisième rapport de ce type, intitulé *National Critical Technologies* (US-OSTP, 1995) répertorie 27 "technologies critiques" réparties en sept catégories différentes (voir encadré 3.1) dont le transport, l'énergie et la qualité environnementale.



Ce rapport fait état du développement technologique dans chaque catégorie et évalue, au moyen d'un exercice de benchmarking, la position des Etats-Unis par rapport à celles de l'Europe et du Japon. Ne sont retenues, à l'issue de cette évaluation, que les technologies pouvant apporter prospérité économique et garantir la sécurité de la nation²⁸. Ainsi, le champ de l'environnement, qui s'avère en réalité très large du fait de sa transversalité, apparaît comme véritablement prioritaire si l'on en juge par le nombre de technologies critiques retenues (voir encadré 3.2).

²⁸ Critical technologies : « essential for the United States to develop to the further the long-term national security or economic prosperity of the United States. »

ENCADRÉ 3.2. : TECHNOLOGIES CRITIQUES ENVIRONNEMENTALES AUX ETATS-UNIS

Energy:

- Energy efficiency: building technologies (super windows, modular utility components, energy efficient lighting, appliances, advanced building management) and non-IC propulsion systems.
- Energy storage, conditioning, distribution and transmission includes sub-areas of advanced batteries, power electronics and capacitors.
- Improved generation: includes sub areas of gas turbines (combustion design, high-temperature materials), fuel cells, next generation nuclear reactors, power supplies, and renewable energy (solar thermal power technologies, photovoltaics, wind turbines, biomass fuels).

Environmental quality:

- Monitoring and assessment: integrated environmental monitoring (sensors, software, networking, simulation), and remote assessment of biosystems.
- Pollution control: includes specific technologies of physical separation, component separation, chemical transformation, biological agent separation, waste elimination.
- Remediation and restoration: remediation and restoration (soil washing, thermal desorption, composting, electrochemical separation, super-critical water oxidation, recovery of spilled oil and other hazardous substances); bioremediation; nuclear wastes storage, treatment and separation.

Living systems:

- Biotechnology: bioprocessing (for chemicals production and mineral extraction), recombinant DNA technologies (for agricultural species modification).
- Agriculture and food technologies: sustainable agricultural production (genetic resource identification, preservation and utilisation, ecosystem management).

Manufacturing:

- Continuous materials processing: catalysts, pollution avoidance (through process design strategies, improved processes, design for the environment, industrial ecology).

Materials:

- Alloys, ceramic materials, composites, electronic materials, photonic materials, and superconductors.

Transportation:

- Propulsion and power: electrically powered vehicles (energy storage technologies).
- Systems integration: intelligent transportation systems (sensors, networks, software, satellite navigation).

Source : (OECD (DSTI), 1999)

En fait, l'exercice est discutable parce qu'il n'a pas de but bien défini et manque de réalité commerciale. Pour être pertinentes, le Congrès pense que les Technologies Critiques doivent attirer l'attention des compagnies sur certaines technologies et leurs applications. Cet exercice propose principalement une vision des technologies qui pourraient s'avérer importantes dans l'avenir. Toutefois, dans la mesure où elles ne sont pas basées sur une analyse des tendances sociales, économiques et du marché, on peut se demander dans quel sens ces technologies peuvent être vraiment considérées comme critiques.

C'est pourquoi, en 1998, lorsque le Critical Technologies Institute a été chargé de réaliser le second rapport biennal des Technologies Critiques, le Congrès lui a demandé une approche différente. Le rapport en résultant s'intitule : *New Forces at Work : Industry Views Critical Technologies*. (Rand, 1998). Il s'agit cette fois de connaître l'avis des dirigeants industriels et commerciaux du secteur privé. A cette fin a été menée une série d'entretiens individuels auprès de managers de 39 firmes pour connaître quelles sont les Technologies Critiques dans leur firme et secteur d'activité. Un questionnaire de 19 questions structuré en six parties a été utilisé²⁹.

Les champs restent identiques au rapport précédent (US-OSTP, 1995). Ils sont toujours au nombre de sept (voir encadré 3.1).

On peut donner les précisions suivantes sur ce rapport :

- Il présente et analyse les différents entretiens et les technologies considérées comme critiques par les personnes interrogées.
- Il pose également la question de la signification de Technologies Critiques.
- Il rapporte l'évaluation qu'ont faite les personnes interrogées à propos des performances américaines concernant les domaines des Technologies Critiques.
- Il tente de déterminer les rôles de l'industrie, des universités et du gouvernement en matière de technologie.
- Il suggère un dialogue entre le gouvernement et l'industrie sur les problèmes de politiques technologiques.

Les technologies les plus fréquemment citées au cours des entretiens sont les suivantes :

- Le software
- La micro-électronique et les télécommunications
- Les technologies avancées de fabrication
- Les nouveaux matériaux favorables à l'environnement
- Les énergies propres
- Les technologies de détection et graphiques
- Le recyclage
- La gestion des déchets

²⁹ I Historique de la firme ; II Technologies Critiques : Identification ; III Technologies Critiques : Gestation et Développement ; IV Technologies Critiques : Prospective plus longue ; V Technologies Critiques : La Perspective Globale ; VI Technologies Critiques : le Processus.

La dimension environnement est donc toujours hautement prioritaire. En effet le champ de l'environnement est, pour un peu plus de la moitié de ces compagnies, considéré comme critique. Les technologies environnementales les plus citées concernent la gestion des déchets (des déchets à la création d'énergie, l'incinération propre, la nouvelle génération de carburants) et le recyclage (papier, plastique..).

Par ailleurs, quasiment toutes les personnes interrogées ont mentionné que pour le développement de technologies relevant d'une priorité nationale, il fallait tenir compte des critères suivants : la Sécurité Nationale, la Santé et l'Environnement, les Transports et la Croissance Economique.

Toutefois, les firmes interrogées sur la dimension proprement environnementale sont en nombre réduit³⁰, 3. On peut donc douter de la fiabilité des résultats provenant d'un si faible échantillon. Cette remarque vaut d'ailleurs pour l'ensemble de l'étude qui ne repose que sur 39 entretiens !

Bien que ce rapport ne soit pas réservé uniquement aux décideurs politiques, ni aux membres de l'industrie et aux universitaires, son audience est faible et finalement peu d'agences et de firmes s'y réfèrent pour décider de l'orientation de leur R&D. Cette situation est probablement due à la faiblesse de la méthode de prospective utilisée et à l'exclusivité des vues d'experts prises de façon individuelle. Conscient de cette lacune, même pour le leadership américain en matière de compétitivité, la Rand propose dans l'une des conclusions de son rapport d'ouvrir l'exercice, non seulement à l'industrie, mais aussi au public (voir figure 3.1).

3.1.1.2. Les exercices de prospective de type technologies critiques pour l'environnement

Deux études de prospectives technologiques environnementales ont été récemment développées par le Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)³¹ (Stokes, 1999). Elles sont proches des exercices de «critical technologies» présentées précédemment, mais appliquées au seul domaine de l'environnement.

La première étude, intitulée « Top 10 Environmental Technologies for 2008 », revient à identifier les 10 technologies-clés à l'horizon 2008 qui affectent la consommation et agissent positivement sur l'environnement. Cette étude s'est inspirée des travaux de Steve Millet, du Batelle Memorial Institute, spécialisé dans ce genre de prospective technologique. A l'aide de ce travail, le PNNL cherche à identifier une liste de technologies dotées des caractéristiques suivantes :

- technologies de rupture, avec une différence significative par rapport aux pratiques courantes ;
- liens directs avec les problèmes environnementaux majeurs ;
- impact direct sur les consommations ;

³⁰ Il s'agit de : (i) Anarad Inc, (ii) ARI Technologies Inc, (iii) Waste Management.

³¹ PNNL est un grand laboratoire de recherche public avec approximativement 3400 personnes. Il effectue ses recherches sur les technologies et les sciences environnementales. Il dépend du Ministère de l'Energie et travaille plus particulièrement sur les problèmes environnementaux posés par le nucléaire. Il est aussi fortement impliqué sur l'étude du changement climatique et sur la nature et l'évolution des systèmes microbiologiques.

- probabilité de réalisation sur une échelle de 10 ans.

La méthode repose sur des avis d'experts désignés (12) ou de groupe technique. Ce groupe, réunissant des spécialités diverses (écologie, ingénierie, science atmosphérique, économie et géoscience) constitue une liste par rapport à certains critères.

L'élaboration de la liste s'effectue selon les quatre étapes suivantes :

1. Discussions sur des technologies environnementales « charnières » qui, soit répondent à un souci de problèmes environnementaux émergents, soit couvrent les tendances technologiques sur le long terme ;
2. Discussions d'une liste possible (environ 60 technologies) ;
3. Processus de vote. Chaque membre vote pour sept technologies jusqu'à obtenir une liste de 14 technologies ;
4. Révision de la liste par le groupe en fonction de certains critères et sélection finale de 10 technologies.

Ainsi, trois tendances technologiques pouvant entraîner des ruptures importantes émergent. Il s'agit de : (i) l'électronique et l'informatique ; (ii) les nano / microtechnologies ; (iii) les biotechnologies.

En tenant compte de cette évolution et des problèmes environnementaux, les 10 technologies environnementales clés retenues sont les suivantes :

1. Agro-génétique
2. Traitement de l'eau
3. Energies Renouvelables
4. Microtechnologies
5. Société sans papier (message électronique, Internet..)
6. Manipulation moléculaire
7. Biotechnologies
8. Détecteurs Environnementaux (contamination) en temps réel
9. Recyclage et production environnementale
10. Voitures légères.

La seconde étude effectuée par le PNNL utilise une méthode fondée sur les travaux de Jae Edmonds et ses collègues du groupe de recherche sur le changement global du PNNL. Elle est appliquée aux problèmes du changement climatique dû, en partie, aux émissions de dioxyde de carbone. Cette méthode repose sur un modèle économique global qui analyse la production et la consommation d'énergie. Ce modèle permet de formuler des prévisions de long terme concernant les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Le but pour le PNNL est de trouver une technologie ou un portefeuille de technologies capable de réduire les émissions de CO₂. On utilise un modèle économique comme base d'analyse car l'hypothèse de coût – efficacité est un déterminant majeur pour la pénétration du marché. Il est cependant nécessaire de connaître le cycle du carbone dans l'atmosphère. Ce projet s'appelle le Global Technology Strategy Project.

Trois types de stratégies sont envisagées :

- La stratégie efficace d'un point de vue énergétique :
Il faut revoir la consommation des automobiles, les modes de vie et les infrastructures urbaines.
- La stratégie sur l'intensité en carbone :
Il faut réduire les émissions à la source en utilisant des carburants appauvris en carbone ou avoir recours à la biomasse.
- La stratégie de capture du carbone.

La solution doit être équitable globalement, viable économiquement et ne pas engendrer d'autres problèmes environnementaux.

Si l'approche adoptée ici est de type « backcasting » dans la mesure où il s'agit d'atteindre un objectif environnemental donné, le traitement n'en demeure pas moins exclusivement technologique. En effet, les seules solutions envisagées sont des solutions techniques reposant sur des dires d'experts.

3.1.1.3. Les « Road Maps » assurés par le secteur privé

L'industrie américaine a pris l'initiative d'un certain nombre d'activités de prospective, grâce à des associations commerciales. Ceci a abouti à l'élaboration de Road Maps technologiques. La menace d'une perte de compétitivité américaine vis-à-vis de l'international a motivé les entreprises à développer des coopérations, afin de penser à leurs besoins futurs en R&D.

Les Road Maps permettent de réfléchir sur la façon dont la R&D devrait être effectuée. Celles-ci sont souvent menées grâce à des fonds du gouvernement. Cet exercice amène à une coopération entre des firmes habituellement concurrentes. C'est la menace commune au bien-être futur de leur industrie qui les a poussées à se regrouper. Les exercices de Road Maps technologiques fournissent une vision et une connaissance partagée, ainsi que des scénarios alternatifs du futur.

Ne pouvant pas décrire l'ensemble des road maps existantes (pour plus de détails voir OST, 1998), nous proposons un exemple issu de la chimie.

La Vision Technologique 2020 a été réalisée par l'American Chemical Society et quatre autres organismes commerciaux dont le but était de fournir une vision technologique afin d'établir des priorités techniques pour :

- améliorer la compétitivité;
- développer des recommandations afin de renforcer la coopération;
- orienter pour une amélioration continue de la technologie ainsi que mettre en place des changements technologiques par étape.

Cette demande faite par l'Office of Science and Technology Policy (OSTP) donne au gouvernement américain la manière dont il faut distribuer ses fonds en matière de R&D afin d'améliorer la production de base. Les associations commerciales ont également été préoccupées par la globalisation croissante des marchés, l'exigence de performances environnementales de la part de la société, la demande de rentabilité et de la productivité du capital de la part des marchés financiers, des espérances élevées des clients, et des besoins permanents de main d'œuvre.

Quatre disciplines techniques ont été considérées comme cruciales pour le progrès de l'industrie:

- la nouvelle technologie chimique de la science et de l'ingénierie;
- la gestion de chaînes d'approvisionnement;
- les systèmes d'information;
- la fabrication et l'exécution.

La Vision Technologique 2020 a souligné les opportunités pour le progrès des capacités de R&D. Cet exercice permet de conclure que la croissance et l'avantage concurrentiel de l'industrie chimique dépend des efforts individuels et collectifs des industriels, du gouvernement et du milieu universitaire pour améliorer la R&D. Un grand nombre de réunions de groupes de travail et de sessions techniques ont été tenues pour passer en revue et établir le consensus. Ceci a été suivi par des experts pour s'assurer que les recommandations techniques sont liées aux problèmes des industriels.

Afin de relever les défis du futur, l'industrie conclut qu'il est nécessaire :

- d'organiser une meilleure gestion de la chaîne d'approvisionnements;
- d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des matières premières (ou matériaux) et de l'énergie;
- de renforcer, à plus long terme, les capacités du gouvernement, de l'industrie et du milieu universitaire par des efforts de collaboration ciblés;
- d'obtenir un équilibre des considérations environnementales et économiques;
- et un engagement plus agressif de la R&D.

Dans bien des cas, ces Road Maps Technologiques apparaissent comme les exercices de prospective technologique les plus réussis aux Etats-Unis. Ces dernières sont pilotées par des industriels ou des associations commerciales avec une forte motivation de survie économique. Elles se concentrent sur le succès des sociétés dans un secteur donné. Le secteur est alors considéré dans son ensemble et pas uniquement dans son aspect technologique. Le souci commun de la menace pour la compétitivité produit une motivation forte pour coopérer et pour développer des réseaux. Les Road Maps étudient la compétitivité sur des échéances moyennes (5-10 ans). Cette approche ne se préoccupe pas de la demande sociale, sauf, peut-être en termes de solvabilité, et ses préoccupations

environnementales et du développement durable, lorsqu'elles sont affichées, n'obéissent qu'à des motifs économiques. Les objectifs nationaux d'amélioration de qualité de la vie et de prospérité ne sont pas explicites. Conformément, à l'approche « faible » du développement durable, ceux-ci sont supposés résulter de l'innovation technologique et de la compétitivité. Enfin, ces exercices reposent sur un panel étroit d'experts, puisque seuls des représentants du secteur, et éventuellement du gouvernement fédéral, interviennent dans la construction des scénarios (voir figure 3.1).

3.1.1.4. Les exercices développés par les « think tanks »

Comme nous l'avons indiqué en introduction, les acteurs principaux de la prospective aux Etats Unis sont des ONG et des cabinets de conseil (les fameux « think tanks »). Chacun a élaboré sa méthode au point que l'on peut véritablement parler d'une culture de prospective aux Etats-Unis.

C'est également là que l'on trouve les réflexions prospectives les plus variées, les méthodes les plus diverses et innovantes, associant souvent à côté des experts des chercheurs, des penseurs, des visionnaires, qui maîtrisent un domaine de connaissance. Aux Etats-Unis, ce sont plus souvent ces organismes indépendants que des administrations qui interviennent dans l'analyse de l'évolution ou des mutations du système sociétal, dans la sensibilisation du public ou des décideurs et dans l'élaboration d'orientations stratégiques. Les clients de ces institutions sont des firmes, des ministères et des organismes de recherche. Leur taille et leur prestige peuvent varier fortement.

3.1.1.4.1. Les exercices de la World Future Society

La World Future Society, créée en 1966, est actuellement la plus importante et la plus systématique des institutions sur les travaux de prospective aux Etats-Unis. Elle réalise régulièrement un exercice de prospective en collaboration avec l'équipe de William Halal de l'Université Georges Washington (Halal et alii, 1998). Le dernier exercice, publié en 1997, s'intitule « Emerging technologies : What's Ahead for 2001-2030 » (Halal et alii, 1997). Trois autres études de ce type ont été menées (1990, 1992, 1994). L'approche est intéressante car elle utilise des méthodes diverses, y compris le scanning environnemental, l'analyse des tendances, les enquêtes de DELPHI et la conception de scénarios. Le scanning environnemental est employé pour identifier les technologies naissantes. L'analyse des tendances guide la sélection des technologies les plus importantes pour approfondir l'étude. Enfin une enquête DELPHI modifiée est employée pour obtenir des prévisions. Au lieu d'utiliser la méthode de DELPHI traditionnelle, qui fournit des réponses avec retour immédiat, pour une évaluation supplémentaire afin d'arriver à un consensus, une autre étude est conduite après une période de temps supplémentaire d'environ deux ans. Enfin les résultats sont décrits par périodes de temps pour établir des scénarios de changement technologique. Selon les auteurs, mieux vaut utiliser de multiples méthodes plutôt que d'avoir recours à une seule approche. Cela engendre des évaluations plus solides.

Dans l'étude, effectuée en 1996, 85 technologies émergentes ont été choisies, représentant les avancées les plus cruciales et les plus prévisibles. Cette liste des technologies est alors soumise à leur panel constitué de futuristes, de personnes effectuant des prévisions et d'experts techniques. Ces 85 technologies ont été réparties en 12 catégories, dont une environnement et une énergie (voir encadré 3.3)

ENCADRÉ 3.3 : CATÉGORIES CORRESPONDANT AUX TECHNOLOGIES ÉMERGENTES DE L'ÉTUDE DE LA WORLD FUTURE SOCIETY

Energie
Environnement
Agriculture et Nourriture
Technologie Informatique (matériel informatique)
Technologie Informatique (logiciel informatique)
Technologie Informatique (communication)
Technologie Informatique (services d'information)
Manufacture et Robotique
Matériaux
Médecine
Espace
Transport

Parmi les principaux résultats de cet exercice, il apparaît que nombre d'innovations technologiques concerneront le champ de l'environnement et du développement durable. L'essentiel de ces innovations (comme d'autres) proviendront des deux domaines leaders de la révolution technologique, à savoir l'information et le génie génétique.

En 1998 un nouveau questionnaire a été affiné et envoyé à différents experts. Les résultats n'ont pas encore été diffusés. Toutefois, d'après nos entretiens, il ne semble pas que des changements importants soient intervenus dans l'approche et les priorités.

Au total, si l'exercice reste focalisé sur une seule problématique technologique, il nous semble que la méthode utilisée est intéressante car elle permet tout à fait (même si l'exercice ne le pratique pas) de faire intervenir des avis d'experts (par le biais de l'enquête DELPHI) et de les confronter à d'autres acteurs, dans une approche concertative lors de la phase de construction de scénarios (voir figure 3.1).

3.1.1.4.2. Les études de Coates & Jarratt

Fondée en 1979, *Coates & Jarratt, Inc.* est une organisation entièrement dédiée à l'étude du futur. Ses exercices de foresight ont pour objectif d'aider ses différents clients à élargir leur horizon, à leur permettre d'entrevoir de nouvelles opportunités et choix dans les évolutions des technologies et de la société³². Il s'agit généralement d'étude sur un horizon de 5 à 50 ans. Entreprises, associations commerciales, agences gouvernementales, fondations, organisations non gouvernementales, institutions de recherche... constituent les clients de Coates & Jarratt, les trois premières catégories représentant à elles seules 90% de sa clientèle. L'encadré 3.4 présente quelques exercices réalisés ces dernières années par Coates & Jarratt. Parmi ces derniers, de nombreux concernent des études multi-clients. Il s'agit d'études financées par dix à trente "sponsors" dont le budget conséquent permet des investigations plus approfondies.

ENCADRÉ 3.4 : QUELQUES EXEMPLES D'EXERCICES DE FORESIGHT RÉALISÉS PAR COATES & JARRATT

- ❖ "*Lifestyles in the 21st Century*". Ce projet multi-clients de 13 mois vise à étudier les évolutions des styles de vie américains et mondiaux et leurs implications pour les entreprises.
- ❖ "*Forecasts in Science, Technology, and Engineering*". Ce projet multi-clients recense les exercices de prospective en science, technologie, et ingénierie dans le monde entier. Les analyses et critiques élaborées dans ce projet portent sur les futurs d'une douzaine de champs et sur les paysages sociaux et industriels qu'ils façonneront dans les trente prochaines années.
- ❖ "*Information Technology 2010*". Ce projet multi-sponsors de 15 mois étudie les développements émergents des technologies de l'information et les implications en résultant pour les entreprises.
- ❖ "*The Future of Packaging: A 2020 Vision*" – Ce projet multi-clients de 15 mois examine les forces et facteurs influençant le futur de l'emballage à l'horizon 2020.
- ❖ "*Project 2025: Anticipating Developments in Science and Technology and Their Implications for the Corporation*". Suite à ce projet multi-clients de 3 ans, deux produits ont vu le jour. Le premier a consisté en une revue et une analyse des exercices de prospective des 20 dernières années réalisés dans le monde entier dans 51 domaines des sciences et technologies. Le second concerne la prospective de Coates & Jarratt's sur la manière dont les Etats-Unis et le reste du monde seront influencés par les développements dans les sciences et technologies. Il est organisé par domaines clés de la vie : alimentation, habitat, énergie, transports, environnement, etc... Coates & Jarratt a publié le second rapport sous le titre : *2025: Scenarios of U.S. and Global Society Reshaped by Science and Technology* (Oakhill Press, 1997).

³² A la question de savoir pourquoi l'on doit s'occuper d'explorer le futur, J. Coates propose trois raisons. Premièrement, dans les grandes organisations, les experts qui assurent les fonctions les plus cruciales n'ont pas conscience des développements en dehors de leur expertise pouvant se produire dans 5 ou 50 ans et présentant une opportunité ou une menace. En conséquence, élargir l'horizon des organisations est l'une des fonctions de l'exploration du futur. Deuxièmement, la connaissance du futur a des implications pour la programmation du présent. La troisième raison est la plus fondamentale pour explorer le futur : aider les individus à prendre conscience de leurs propres hypothèses. Tous les échecs présentent des caractéristiques communes ; à savoir, un individu isolé ou un petit groupe responsable présente des hypothèses sur le futur mal fondées. L'exploration du futur constitue un stimulus à la question : Qu'est-ce que je crois ? Quelle est la base ? Dois-je changer mes hypothèses sous-jacentes ? (entretien avec J.Coates, Washington D.C., Etats-Unis).

- ❖ *Major Change Drivers and Their Potential Impacts for Education, 1995-2005* – Ce projet a consisté en un scan environnemental pour le Mid-Continent Regional Education Laboratory.
- ❖ *The Future of the Apartment Industry* – Dans cette étude pour le National Multi-Housing Council, ont été identifiées et interprétées les forces et tendances influençant la vie en appartement et leurs implications et opportunités pour l'industrie.
- ❖ *American Business in the New Millennium: Trends Shaping American Business, 1993-2020* – Ce projet a consisté en l'examen des principales tendances affectant le monde industriel américain et à offrir des implications stratégiques pour ses 13 entreprises sponsors.
- ❖ *Mauritius Long-term Perspective Study: Vision 2020* – L'île-état de Maurice dans l'océan indien a développé un plan stratégique sur le long-terme. Coates & Jarratt a assisté le groupe de travail sur la science et la technologie.

Dans un premier temps, nous nous intéressons à la méthodologie que développe Coates & Jarratt dans ces exercices de foresight, puis, nous étudions en particulier leur nouvel exercice intitulé "*Sustainability in the 21st Century. Implications for Business 2001-2025*".

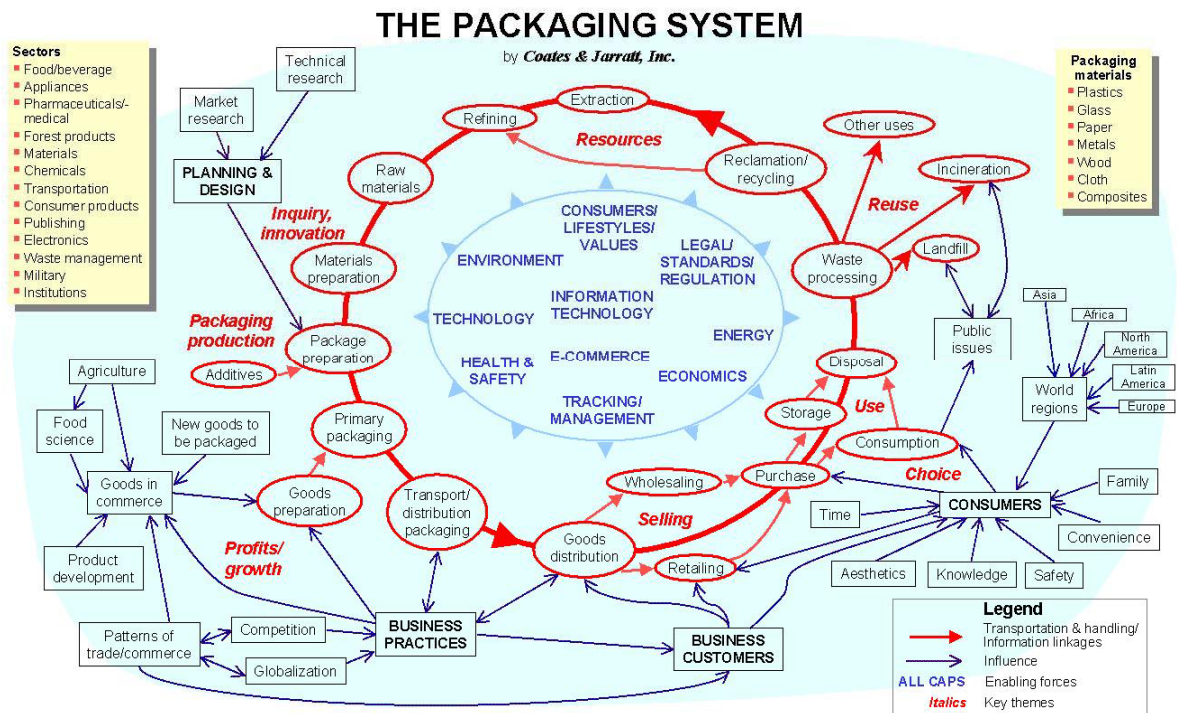
a) La méthodologie

Les exercices de foresight de Coates & Jarratt se déroulent selon 5 grandes étapes :

1°) La première étape s'attache à définir le système au cœur de l'étude. Il s'agit de présenter, en général sous forme schématique, les composants, l'environnement, les parties prenantes reliés, d'une façon ou d'une autre, à l'étude. Cette définition est appelée à évoluer au fur et à mesure de l'avancement de l'exercice (plus on progresse, plus on obtient d'informations et la définition du système s'affine peu à peu).

La figure 3.2 présente le système de l'emballage tel qu'il a été défini dans l'étude "*The future of Packaging : A 2020 Vision*" (2000).

Figure 3.2. Le système de l'emballage



Source : Coates & Jarratt, mai 2000.

2°) La deuxième phase consiste à déterminer les forces, influences pouvant s'exercer sur le système. Quels sont les facteurs perturbant ou stabilisant le système ? Les éléments généralement pris en compte sont les suivants :

- les facteurs démographiques
- les valeurs sociales
- les technologies de l'information
- la science et la technologie
- la globalisation
- les pratiques au sein de l'entreprise
- la réglementation...

3°) A ce stade, il s'agit d'imaginer les futurs. La méthode la plus couramment utilisée est celle des scénarios. La popularité rencontrée par cette méthode tient au fait qu'elle intègre des images dans une histoire cohérente. A la question pourquoi choisir tel scénario par rapport à tel autre, J. Coates répond qu'"il n'existe pas à proprement parler de méthode. Cela relève de l'expérience et du don"³³.

³³ Entretien avec J. Coates, Washington D.C., Etats-Unis.

4°) Les conséquences des divers futurs imaginés sur le système sont ensuite étudiées.

5°) Dans cette dernière étape, il s'agit d'identifier les actions à entreprendre.

Dans certains cas, il n'est pas nécessaire de procéder à toutes les étapes décrites précédemment. Tout dépend de l'objectif recherché.

Une fois l'étude réalisée, il convient de restituer le travail sous un format optimal pour le client. Le rapport n'est généralement pas la forme la plus appropriée. Le client préfère souvent utiliser une base interactive, qu'il peut interroger à l'aide de mots clés. L'organisation d'une réunion au cours de laquelle est remis le travail, lorsqu'elle est possible, constitue un élément intéressant. Il s'agit ici de restituer le travail par l'entremise du jeu. Une compétition est alors introduite entre les divers participants, permettant ainsi une meilleure assimilation du travail par les esprits. L'étude peut également être mise à disposition sur le réseau interne de l'entreprise.

b) "Soutenabilité au 21^{ème} siècle" – Les implications pour les entreprises en 2001-2025³⁴.

Parce que la soutenabilité devra, selon Coates & Jarratt, être recherchée par toutes les entreprises utilisant des matières premières au cours de leurs opérations de production ou de livraison des biens et services, toutes les entreprises locales, nationales et internationales doivent dès à présent se préoccuper des implications de la soutenabilité.

Alors que les gouvernements continuent de débattre des intérêts d'équité sociale et de la relation de l'homme à l'environnement naturel, de nombreuses entreprises mettent déjà en place des procédures et techniques dans une optique de soutenabilité. Au même moment, des organisations non-gouvernementales sont promptes à exploiter les moyens de communication moderne pour dénoncer des entreprises n'étant pas perçues comme sensibles aux besoins de soutenabilité.

Les entreprises les plus importantes recherchent les moyens d'intégrer le développement durable aux pratiques industrielles à court terme. Dow Jones a créé le Sustainability Group en 1999 afin de suivre les performances des entreprises internationales impliquées dans des pratiques de soutenabilité. Parallèlement aux efforts volontaires mis en œuvre par les entreprises, les gouvernements établissent des réglementations. Les débats sont actuellement en cours et les entreprises doivent dès à présent s'interroger sur les implications du développement durable.

³⁴ En ce qui concerne cette étude, les informations sont issues de l'entretien avec J. Burke, Coates & Jarratt, Washington D.C., Etats-Unis.

Au travers de cette étude, Coates & Jarratt propose d'aider ses clients à comprendre les implications, pour les entreprises américaines, de la prise en compte de la soutenabilité sur le court, moyen et long terme.

Selon J. Coates, cette analyse a pour but de re-conceptualiser la notion de soutenabilité. "Il ne s'agit pas de révéler aux sponsors comment être plus efficaces, plus efficaces. D'autres peuvent le leur dire. Il s'agit de leur fournir une compréhension générale de cette notion et de leur dévoiler ce qu'elle impliquera pour leur entreprise".

Les implications de la soutenabilité pour les entreprises dans les 25 prochaines années restent controversées, critiques, et encore très peu définies. Pour certains, cette notion est synonyme de catastrophe imminente, tandis que pour d'autres elle ne constitue pas une préoccupation majeure. Il existe aujourd'hui une littérature très abondante sur cette question. Néanmoins, une vue systémique objective, exhaustive de ce à quoi ressemblera un monde soutenable et de ce que cela impliquera pour les entreprises reste nécessaire. La soutenabilité aura plus d'influence sur les futures opérations industrielles du fait des tendances croissantes à :

- réduire l'énergie et les matières par unité de production,
- une moindre toxicité environnementale et des risques réduits, et
- améliorer la recyclabilité et la refabrication du produit.
- Renverser les tendances agricoles en déclin dans les pays en développement,
- restaurer les éco-systèmes dégradés tout en préservant la biodiversité,
- commencer la transition vers la soutenabilité comme un processus d'apprentissage social.

Coates & Jarratt propose d'étudier un certain nombre de questions qu'il juge fondamentales et auxquelles les entreprises auront probablement à répondre dans les prochaines années.

- Quelle vue systémique de la soutenabilité peut –t-on proposer, qui soit en mesure de prendre en compte les problèmes sociaux, techniques et industriels ?
- Quelles sont les forces et les problèmes sous-tendant le besoin de soutenabilité à court, moyen et long terme (par exemple, la capacité de la Terre, le réchauffement global, la croissance urbaine, les déterminants et les alternatives aux modèles de consommation, les dépendances aux énergies alternatives, l'accent croissant mis sur l'écologie industrielle, le traitement des déchets solides, etc...)?
- Quels sont les entreprises, actuelles et futures, et les acteurs non-industriels qui seront les plus impliqués par la soutenabilité ?
- Comment seront structurés et analysés les problèmes entre les différents groupes en compétition ?

- Comment les individus et les organisations encourageront et pratiqueront la soutenabilité? Dans le cas où ils ne poursuivraient pas des objectifs de soutenabilité, quels seraient les risques et les conséquences auxquelles ils s'exposeraient?
- A quelles nouvelles lois, réglementations, standards et forces du marché auront à faire face les entreprises ?
- Comment la soutenabilité affectera-t-elle les objectifs, opérations, marché et autres pratiques des entreprises ?
- Comment les entreprises s'affronteront-t-elles dans un monde, avec des visions différentes de la soutenabilité, par exemple, pays développés et moins développés ?
- Comment les entreprises peuvent-t-elles exploiter un marché global en expansion pour les technologies et produits de soutenabilité ?
- Quels sont les nouveaux produits et services requis par la soutenabilité ?
- Quels sont les signaux faibles des tendances qui pourraient devenir des opportunités de soutenabilité ou des défis pour les entreprises ?

Cette analyse détaillée des implications de la soutenabilité pour les entreprises a pour objectif de :

- faire connaître des pratiques de soutenabilité, actuelles et futures, des entreprises,
- partager des expériences avec les responsables d'autres entreprises importantes,
- recevoir de l'information et des analyses pour aider à intégrer les aperçus et tendances de la soutenabilité dans la programmation stratégique.

Actuellement, 15 grandes entreprises se sont portées candidates pour financer cette étude. Elles sont notamment issues des secteurs du ciment, de la chimie (Bayer), de l'informatique (Nokia), ...

Ces objectifs seront réalisés au travers de quatre phases :

Phase 1 : Les Etats-Unis et les tendances à la soutenabilité globale

- ❖ Analyse
- ❖ Réglementation
- ❖ Acteurs

Phase 2 : Les sciences et technologies émergentes

- ❖ Aperçus
- ❖ Solutions

Phase 3 : Manière dont les processus industriels sont affectés

- ❖ Opportunités
- ❖ Défis
- ❖ Implications

Phase 4 : Aperçus de la soutenabilité

- ❖ Scénarios de la soutenabilité en 2025
- ❖ Signaux faibles
- ❖ Conclusions et recommandations

Phase 1 : Les Etats-Unis et les tendances à la soutenabilité globale

La prise en compte de la notion de soutenabilité aux Etats-Unis a considérablement évolué au cours de ces dernières années. Auparavant uniquement perçue au travers des protestations contre les risques environnementaux, elle se manifeste désormais dans les efforts importants mis en œuvre par les entreprises dans le but d'exploiter les technologies à des fins spécifiques. Alors que certaines entreprises ignorent encore la notion de soutenabilité, de nombreuses autres s'emploient à développer un modèle industriel d'activités soutenables à court terme utilisant par exemple l'accent porté par John Elkington sur le triple objectif des entreprises du 21^{ème} siècle..."prospérité économique, protection environnementale et équité sociale". D'autres pays semblent être allés plus loin dans la notion de soutenabilité. Cette phase considère les différentes façons dont les entreprises américaines développeront des perspectives et positions propres aux Etats-Unis. Elle explore les tendances émergentes, par exemple, sociales et politiques, les pressions liées à la soutenabilité auxquelles auront à faire face les entreprises américaines (le réchauffement global, la croissance urbaine, la sensibilité écologique, etc...). Les problèmes sont analysés dans un contexte global, en prenant en compte les tendances mondiales émergentes.

Au cours de cette phase, sont identifiés les acteurs, industriels ou non, concernés par la soutenabilité, leurs agendas ainsi que leurs influences. Elle démontre que les individus et organisations touchés par les problèmes d'environnement et de soutenabilité évoluent. Les acteurs sont de mieux en mieux informés, ont accès à de l'information parfois plus précise que celle à laquelle ont accès entreprises et gouvernements, et dans certains cas ont plus d'influence que les gouvernements (rappelons à ce propos le rôle de Greenpeace lors des derniers jeux olympiques). Les acteurs utilisent l'information à des fins variées allant des confrontations ouvertes à des collaborations actives. L'ensemble des acteurs s'élargit – gouvernement, entreprises et organisations non gouvernementales.

La réglementation environnementale fait partie du paysage américain depuis des décennies. Cette phase envisage aussi les évolutions possibles de ces réglementations dans la première partie du 21^{ème} siècle en considérant les nouvelles lois et besoins réglementaires liés à la soutenabilité auxquels devront faire face les entreprises américaines aux niveaux national, fédéral et local.

Phase 2 – Les science et technologies émergentes

La phase 2 identifie les sciences et technologies susceptibles d'encourager, de compliquer ou d'inhiber les efforts de soutenabilité. Elle met en évidence les différentes manières dont la soutenabilité influencera et sera influencée par la science et la technologie. Elle souligne la nécessité de rechercher des solutions techniques appropriées aux besoins en soutenabilité, y compris les manières de transformer les processus de fabrication et les services en des activités plus soutenables.

Phase 3 – Identifier les manières dont les secteurs et processus industriels pourraient être affectés par les tendances à la soutenabilité

Cette phase étudie les différentes implications de la soutenabilité pour les entreprises dans le court, moyen et long terme aux Etats-Unis et dans le monde. Elle s'intéresse également à la manière dont les entreprises peuvent intégrer les tendances à la soutenabilité dans leur opérations.

Par ailleurs, elle cherche à identifier les opportunités pour les entreprises liées à la soutenabilité.

Phase 4 – Les aperçus de la soutenabilité

Cette phase engage les clients dans des processus créatifs afin d'envisager les futurs possibles de la soutenabilité à court, moyen et long terme, en considérant les différentes tendances à la soutenabilité et les éventuelles réponses des industriels. Ce processus place les clients face à des scénarios afin qu'ils puissent comprendre ce que la soutenabilité pourrait impliquer pour eux.

Les entreprises ont besoin de comprendre les tendances, mais de manière plus importante ils ont besoin de connaître quand les tendances auront un impact particulier sur la programmation et les opérations. La phase 4 considère les résultats des phases précédentes pour identifier les signaux faibles qui pourraient indiquer l'émergence des tendances particulières liées à la soutenabilité.

Cette phase intègre les phases précédentes et fournira aux clients des conclusions et recommandations.

Toutefois si ces exercices associent aux interrogations technologiques des aspects de la demande sociale, les stakeholders externes ne sont généralement pas associés directement à ces exercices. Ils peuvent être consultés (comme le prévoit par exemple l'étude *Lifestyle in the 21st Century*). Ces exercices sont essentiellement commandités par des entreprises, et généralement réalisés à des fins de compétitivité (voir figure 3.1).

Les « Think tanks » et les ONG³⁵ se sont spécialisés depuis plusieurs années dans l'élaboration de systèmes de veille en tout genre et notamment en matière de veille environnementale. Les méthodes utilisées sont très variables. Nous en donnons quelques exemples ci dessous.

Le Worldwatch Institute publie chaque année le rapport *State of the World, Environmental Alert Series* et de nombreux livres . Cette organisation tente de diffuser l'information sur les menaces environnementales. Elle pense ainsi changer les comportements humains. Son rôle n'est finalement pas de faire émerger les signaux faibles mais de servir de relais pour diffuser largement les informations et d'alerter l'ensemble de la population lorsque les signaux faibles ont déjà émergé.

Global Foresight Associates (GFA), en dépit de son nom, pratique essentiellement des travaux de veille environnementale. Deux types de méthodes sont utilisés :

- Mise en place de groupes de travail internationaux (forum de discussion) qualifiés de Global Forum. Ces derniers permettent d'identifier et de surveiller l'évolution des tendances et des problèmes émergents. Des bases de données sont construites sur des événements, des tendances, des personnes et des idées pouvant influencer le futur et des sources d'analyses sur les problèmes émergents sont ainsi réalisées. Le recensement de l'information se fait ici en fonction des expériences personnelles des différents membres de ce forum.
- Constitution de base de données d'articles (scanning press) provenant de média divers. Ces bases de données sont accessibles via Internet mais réservées uniquement aux membres du GFA.

3.1.2. L'essor récent d'une réflexion autour d'une veille environnementale articulée à des exercices de prospective : le nouveau programme de l'EPA

Depuis la seconde moitié des années 1990, les Etats-Unis ont lancé plusieurs exercices de prospective purement environnementale, recourant à diverses méthodologies. A la différence de toutes les autres expériences nationales que nous présentons dans cette troisième section de ce rapport, ces exercices abordent tant la veille que la prospective environnementales. Nous détaillons dans ce qui suit l'exemple de l'EPA.

3.1.2.1. Une nouvelle réflexion à l'EPA

L'EPA a toujours mené des exercices de prospective. Cependant aucune coordination n'existait jusqu'à présent entre les foresights menés au sein de divers services. Ainsi, en 1975, l'Office of Pesticide Programs de l'EPA a publié un rapport "Alternative Futures for Environmental Policy Planning : 1975-2000", présentant une analyse des différents futurs à des fins d'évaluation de la politique. L'Office of Human Resources de l'EPA, en coopération

³⁵ « Les ONG, autrefois appelées Groupes d'Intérêt Publics, sont très actives dans le domaine de l'environnement et sont constamment à la recherche d'informations qu'elles diffusent. Elles mènent un véritable travail de veille, même si celui-ci n'est pas toujours objectif » (entretien avec J. Coates, Washington D.C., Etats-Unis).

avec le Toffler Associates, a également développé des scénarios concernant les besoins en main d'œuvre dans le futur³⁶. Jusqu'à présent, les exercices de prospective réalisés à l'EPA étaient donc dispersés au sein de différents services.

Une nouvelle réflexion menée depuis quelques années semble actuellement reformuler la prospective à l'EPA. Outre le rapport « Beyond the Horizon », une évolution du contexte institutionnel définissant les missions de l'EPA et plus particulièrement de l'Office of Research and Development (ORD) est à l'origine de cette nouvelle perspective dans laquelle s'inscrit le programme de prospective actuellement mis en place :

◆ *Le rapport "Beyond the Horizon", publié en 1995, par le Science Advisory Board*

A la fin des années 1980, l'EPA doit faire face à un certain nombre de critiques (les plus virulentes venant des chercheurs de l'Université d'Harvard) pour son manque de rationalité en matière de recherche. En guise de réponse, un comité de conseil en science (Science Advisory Board³⁷ ou SAB), mandaté par le Congrès, est mis en place en 1993. Celui-ci est constitué d'un groupe indépendant de scientifiques, d'ingénieurs et autres professionnels.

Les objectifs que se fixe le SAB sont les suivants :

- Evaluer les méthodes les plus courantes pour étudier et anticiper les événements futurs.
- Identifier les problèmes environnementaux qui pourraient émerger à long terme.
- Conseiller l'EPA sur l'orientation à prendre concernant la recherche future de l'Agence.

Plusieurs phases de travail se sont succédées :

- Des réflexions, s'appuyant sur des groupes de travail d'experts afin de hiérarchiser les thèmes émergents. Plusieurs documents ont été ainsi réalisés où les tendances lourdes sont mises en évidence avec un classement recourant à un système d'indicateurs et à des méthodes multicritères.
- Des travaux plus thématiques ont été réalisés et des forums permanents ont été mis en place. Des échanges d'information sont ainsi réalisés en utilisant des sources publiques ainsi que des discussions publiques pour organiser les controverses.
- La constitution de réseaux Internet, d'abord scientifiques puis ouverts plus largement au public.
- La création d'un Comité de Prospective Environnementale (Environmental Foresight Committee ou EFC).

³⁶ Le rapport peut être obtenu à l'adresse Internet suivante : <http://www.epa.gov/epahrist/workforce/wap.pdf>

³⁷ Le SAB est un groupe de scientifiques, ingénieurs et autres professionnels. Il est mandaté par le Congrès et est indépendant. Il fournit des conseils techniques et de l'information aux agents de l'EPA. La qualité de ses conseils est due à son indépendance vis-à-vis de l'Agence et à la qualification de ses experts.

Les trois premières phases relèvent davantage d'un système de veille ayant pour objectif de répertorier (voire d'anticiper) les « signaux faibles » en matière d'environnement et la quatrième d'un exercice de prospective.

Le rapport *Beyond the Horizon : Using Foresight to Protect the Environmental Future* (EPA, 1995) résume les principaux résultats de ce comité dont les analyses ont été étayées par une douzaine de groupes de travail et six sessions de « fact-findings » en collaboration avec différentes organisations publiques et privées³⁸.

Ce rapport recommandait à l'EPA d'établir un programme ayant pour objectif de déterminer les actions à entreprendre aujourd'hui afin de réduire les risques et d'exploiter les opportunités de demain. Le programme du futur de l'ORD n'a pas pour objectif de prédire le futur mais "*d'interpréter le présent d'une nouvelle manière – une manière qui aurait plus de sens et semblerait plus conventionnelle* " (Preface to wired Magazine's 1998 interview with Futurist Alvin Toffler). En faisant ainsi, l'EPA espère influencer la pensée et le comportement stratégiques.

Dans ce rapport, l'analyse et la recherche du futur s'organisent systématiquement comme un système d'alerte précoce pour prévenir les problèmes environnementaux futurs. Les bénéfices d'un 'foresight' y sont mis en évidence sur les trois plans du développement durable : économique (réduction des coûts des problèmes résolus), environnemental (réduction des dégradations environnementales) et social (non transmission de la dette environnementale aux générations futures).

Le SAB propose dans ce rapport trois techniques de base pour effectuer une analyse de « veille-prospective » en matière de développement durable.

- Approche top-down (du haut vers le bas)

La méthode des scénarios est prônée pour, d'une part, étudier quand et où pourraient émerger de nouveaux problèmes environnementaux ; d'autre part, évaluer différentes politiques pouvant les éviter. Les scénarios devraient donner une image, une évolution possible des domaines moteurs pour une économie de type « win-win » (c'est-à-dire alliant compétitivité et qualité environnementale). On y insiste sur les thèmes majeurs suivants : la consommation d'énergie, la croissance démographique, la densité de la population, l'avancée technologique, les déchets, la quantité et la qualité des ressources naturelles (l'eau potable y est mise en exergue).

- Approche bottom-up (du bas vers le haut)

L'objectif est ici la mise en place d'un système de veille devant repérer ce que nous avons qualifié de « signaux faibles » et ce qui apparaît, dans le rapport du SAB, sous le vocable de signaux d'alerte précoces. Les méthodes proposées sont l'extrapolation de données et de tendances courantes ainsi que la mise en place de panels de « veille » constitués de divers acteurs bien informés. Ces derniers sont censés offrir des perceptions, des observations et des informations sur les changements environnementaux importants. En d'autres termes les membres de tels panels peuvent fournir une observation de l'environnement, servir d'alerte

³⁸ Le rapport est disponible à l'adresse Internet suivante : <http://www.epa.gov/sab/horizon.pdf>

aux changements environnementaux et évaluer les impacts des dégradations environnementales sur la santé et les écosystèmes.

- Revue de presse

Il s'agit là encore d'améliorer le système de veille lui-même devant alimenter les exercices de prospective par scénario. Les méthodes préconisées sont classiques : analyse d'informations sélectionnées parmi des journaux, des lettres spécialisées diverses, la littérature et des contacts...à l'aide des outils et logiciels informatiques les plus performants.

De plus, le SAB termine son rapport par toute une série de recommandations faites à l'EPA pour assurer le succès d'un tel système de « veille-prospective » environnementale :

- L'EPA devrait repenser ses relations avec les organisations des secteurs privés et publics.
- L'EPA devrait établir au plus vite un système de veille « de signaux faibles » pour identifier les risques environnementaux potentiels. En travaillant avec d'autres Agences et organisations, elle devrait établir un panel de « veille » composé de membres du gouvernement et d'autres horizons. Ceci permettrait de déceler les problèmes environnementaux émergents.
- A plus long terme, l'EPA devrait se concentrer sur cinq problèmes majeurs relatifs aux problèmes potentiels de l'environnement et renforcer ses capacités futures sur les problèmes tels que :
 - La soutenabilité des écosystèmes terrestres.
 - Les effets non cancérigènes sur la santé humaine.
 - La pollution de l'air.
 - Les stress environnementaux non traditionnels.
 - La santé des océans.
- L'EPA devrait stimuler les efforts nationaux de coordination pour anticiper et répondre aux changements environnementaux. La coordination doit se faire entre les agences fédérales, les différents niveaux du gouvernement et le secteur privé et ce dans quatre domaines :
 - Amélioration et intégration des études concernant le futur et relatives à l'environnement.
 - Focalisation de son attention sur les causes des changements et non sur les résultats.
 - Amélioration de la conscience environnementale et de l'éducation.
 - Réalisation d'un système de base de données anticipant les risques environnementaux futurs.
- l'EPA ainsi que la plupart des autres agences et organisations publiques et privées devraient reconnaître la qualité globale de l'environnement comme un intérêt stratégique national.

- L'EPA et d'autres agences importantes doivent aider à développer des politiques stratégiques ayant un lien avec la sécurité nationale, les relations étrangères, la qualité environnementale et la croissance économique.

◆ *Le cinquième objectif du plan stratégique 2001 de l'ORD*

La prospective est désormais inscrite dans les objectifs stratégiques de l'ORD : "L'ORD évaluera les opportunités, et mènera, en conséquence, des recherches afin d'anticiper et d'évaluer les futures pressions environnementales avant que leurs effets n'affectent pas les individus et l'environnement" (Office of Research and Development, Strategic Plan, 2001).

◆ *Environmental Research, Development, and Demonstration Act : article 42 USC 4363 du Code des Etats-Unis*

L'EPA a pour objectif d'établir un programme séparé de recherche continue, sur le long-terme.

Alors que cette réflexion se poursuivait, deux exercices de foresight étaient menés au sein de l'EPA :

- Un exercice de construction de scénarios au cours duquel 4 scénarios ont été élaborés : "*Eco-Efficiency Revolution, Full Speed Ahead, Soft Landing, A Darker Age*", développés par l'Office of the Chief Financial Officer (OCFO) de l'EPA, 2000.
- *Remembering the Future : Applying Foresight Techniques to Research Planning at EPA* : une étude réalisée par un panel de la National Academy of Public Administration for the Environmental Protection Agency, octobre 1999.

3.1.2.2. *L'exercice Remembering the Future : Applying Foresight Techniques to Research Planning at EPA*

3.1.2.2.1. *L'objectif de l'expérience*

La tendance de l'EPA à se focaliser sur les problèmes actuels avait inspiré le rapport du Science Advisory Board de 1995 intitulé "*Beyond the Horizon : Using Foresight to protect the Environmental Future*". Dans ce rapport, le Science Advisory Board recommandait à l'EPA "d'accorder autant d'attention à l'évitement des futurs problèmes environnementaux qu'au contrôle des problèmes actuels", notamment, en créant "un système de signaux faibles dans le but d'identifier les éventuels futurs problèmes environnementaux". A la suite de ce rapport, l'Office of Science Policy de l'ORD a commandé une étude à la National Academy of Public Administration afin d'apprendre davantage sur les méthodes pouvant être mobilisées pour mettre en œuvre les recommandations du Science Advisory Board. Il s'agissait d'impliquer les membres de l'EPA dans un test d'applicabilité des différentes méthodes de foresight afin

de désigner les priorités de recherche sur le long terme. Cet exercice s'est déroulé du 26 avril au 9 juin 1999.

L'exercice a consisté à tester 3 méthodes de foresight. Afin d'observer le fonctionnement de ces méthodes dans différents contextes, le projet s'est focalisé sur trois sujets différents (voir figure 3.3). Un groupe de travail d'environ 12 personnes a été mis en place sur chaque sujet et a travaillé avec les trois méthodes pour observer l'évolution du sujet sur les 20 prochaines années.

Figure 3.3. Matrice trois tests / trois méthodes

	Sujet n°1	Sujet n°2	Sujet n°3
Méthode n°1			
Méthode n°2			
Méthode n°3			

L'Académie a proposé à l'OSP de tester les trois méthodes suivantes :

- Le scanning : les participants rassemblent des données brutes sur les problèmes à partir des bibliothèques, bases de données électroniques, et autres sources ; le scanning s'est focalisé sur les tendances, les événements importants, et la recherche pertinente commanditée par l'EPA ou d'autres agences fédérales. Pour accéder au monde de la recherche au niveau fédéral, l'Académie a recommandé que les participants aux groupes de travail utilisent RaDiuS³⁹, une base de données très puissante développée par la RAND en coopération avec la National Science Foundation.
- La méthode Delphi : les participants demandent l'opinion d'experts externes sur l'évolution d'un sujet sur les 20 prochaines années.
- L'élaboration de scénarios : les participants combinent des données brutes et des jugements spéculatifs pour envisager les différentes implications sur le futur de divers hypothèses et événements.

Chacune de ces méthodes présente des atouts et des faiblesses, mais utilisées conjointement au cours de l'expérience, elles constituent une séquence coordonnée d'acquisition de données et d'étapes analytiques répliquant les processus utilisés par nombre de foresights réussis identifiés par l'Académie.

³⁹ RaDiUs pour **R**esearch and **D**evelopment in the **U**nited **S**tates. Cette base comprend les synopsis de centaines de milliers de projets de recherche financés au niveau fédéral. La recherche s'effectue par mot-clé.

Trois sujets ont été choisis :

- le futur du commerce électronique et de la télécommunication, et leurs impacts sur l'utilisation des sols et la qualité environnementale.
- le futur niveau de connaissance de la sensibilité génétique des individus par rapport aux dangers environnementaux et les implications de cette connaissance pour l'EPA et l'environnement.
- le futur des technologies de contrôle environnemental en temps réel et leurs impacts sur l'EPA et l'environnement.

Les trois groupes de travail ont constitué l'élément le plus important de l'expérience ; ils étaient à la fois les "meneurs" de l'expérience et son objet d'étude. A l'EPA, comme dans beaucoup d'autres organisations, le changement ne se produit que lorsque de nombreux employés viennent à penser que celui-ci serait positif. Cet exercice fournissait aux chercheurs de l'ORD et aux autres l'occasion de réfléchir par eux-mêmes à la nécessité et à l'intérêt d'établir une capacité de foresight au sein de l'ORD. "Le fait que les participants aient achevé le projet avec un très grand enthousiasme vis-à-vis des méthodes de foresight nous permet de qualifier l'exercice de réussi" (NAPA, 1999).

3.1.2.2.2. Quelques résultats

Parmi les différents résultats de cet exercice, il en est un sur lequel le rapport insiste particulièrement. Il s'agit de l'importance de l'ouverture vers d'autres participants.

Résultat 8 : Les membres de l'ORD possèdent déjà la plupart des connaissances nécessaires à la réalisation de foresights. Les résultats seront néanmoins plus utiles et plus intéressants si l'ORD implique dans ses analyses des experts internes et externes à l'EPA.

Résultat 10 : L'ORD pourrait utiliser un processus de foresight afin d'impliquer des stakeholders externes dans un dialogue productif sur les priorités de la recherche à long terme.

L'équipe de l'ORD peut réaliser un foresight, mais elle ne peut pas le réaliser seule. L'expérience montre qu'un des éléments critiques de la réussite d'un groupe de travail réside dans la diversité des points de vue et d'expertise. Tous les sujets dans l'expérience – comme pour la plupart des problèmes environnementaux – couvrent plusieurs disciplines académiques et programmes de l'EPA. Rassembler et interpréter toutes les données pertinentes nécessitent un groupe plus diversifié que ne le sont les groupes de travail actuellement en place.

La faiblesse la plus importante, selon les participants, a eu pour origine l'absence d'experts issus des sciences sociales notamment, spécialisés dans le fonctionnement et l'évolution de la société et du marché. Les trois groupes de travail ont estimé qu'ils auraient eu besoin d'une meilleure expertise sur l'influence des attitudes du public et des forces du marché sur le développement des technologies et leurs applications. Il manquait au groupe sur le e-commerce les instruments nécessaires pour évaluer l'impact d'Internet sur l'activité commerciale, ou sur les critères guidant le choix des familles entre les attraits de la ville et de la campagne. Le groupe sur la sensibilité génétique s'est longuement interrogé sur le rôle

que pourraient jouer les compagnies d'assurance dans les tests génétiques, de même que sur la quantité d'information désirée et utilisée par les citoyens – questions bien éloignées de l'expertise de l'ORD en matière de gestion du risque. Il manquait au groupe de travail sur le contrôle en temps réel les perspectives économiques qui lui auraient permis de réfléchir aux manières dont les producteurs ou les groupes environnementaux locaux pourraient utiliser les technologies de contrôle avancées.

L'implication d'experts de l'EPA, ainsi que d'autres agences fédérales, étatiques ou locales, du Congrès, du secteur privé, et de groupes d'avocats dans le processus de foresight renforce non seulement le contenu substantif des analyses, mais aussi leur impact politique. Un processus de foresight peut constituer un élément d'élaboration de l'implication des stakeholders dans l'identification des problèmes et la détermination des priorités.

Une autre recommandation portait sur le renforcement de la curiosité intellectuelle

Résultat 12 : Dans le but de maintenir un programme de recherche orienté sur le futur, les défis les plus importants que doit relever l'EPA ne sont pas d'ordre analytique mais, plutôt, institutionnel et politique : surmonter la résistance institutionnelle afin de faire évoluer les priorités politiques et maintenir un support politique à l'EPA.

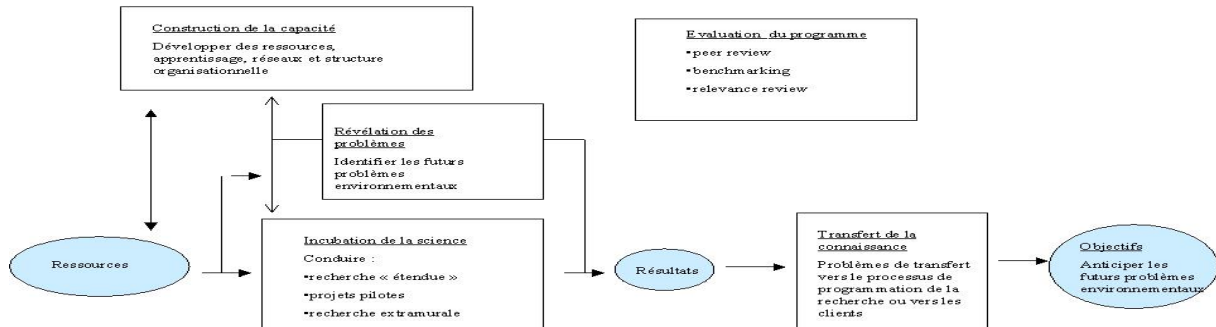
Résultat 13 : Un processus de foresight peut devenir un instrument facilitant la mise en place de nouvelles organisations : un moyen d'améliorer l'agilité mentale de l'EPA, sa cohésion entre les disciplines et les divisions organisationnelles, ainsi que ses connexions avec les stakeholders externes.

Résultat 14 : Pour maintenir opérationnelles et actualisées les activités de foresight pour plusieurs années, l'agence doit démontrer que les techniques ne sont pas simplement utiles mais utilisées. Si le foresight apparaît comme non approprié au processus de décision, les individus se détourneront rapidement de ces exercices.

3.1.2.3. La mise en place d'un nouveau programme

La figure 3.4 présente les 5 catégories d'activités que se propose de mettre en place le programme de l'ORD sous forme d'un "modèle logique" ou de "guide méthodologique" (road map).

Figure 3.4. Les différentes tâches du nouveau programme de foresight



Le transfert des connaissances : Le programme vise en premier lieu à produire de l'information et de la connaissance. L'objectif est d'établir les stratégies visant à éviter, atténuer ou mieux encore tirer avantage des surprises⁴⁰. Afin de faciliter la conversion des connaissances en stratégie, des relations doivent être établies et entretenues entre les individus chargés de la programmation de la recherche de l'EPA (au travers de l'Office of Science Policy) ; les centres du Programme et les centres régionaux (au travers du Réseau sur le Futur de l'Office of Chief Financial Officer ou le groupe de travail sur le futur du Science Policy Council) ; des experts indépendants, d'autres agences fédérales ainsi que des organisations non gouvernementales (au travers d'un accord de coopération avec le Woodrow Wilson Center et par l'intermédiaire des groupes FACA⁴¹ de l'EPA). A travers ce Programme, l'EPA cherche à impliquer ces différents acteurs de telle sorte que chacun d'entre eux prenne conscience des conséquences éventuelles des problèmes futurs sur leurs activités. Dans le domaine des biotechnologies, par exemple, l'EPA souhaite faire participer : les évaluateurs de risques afin de révéler dans quelle mesure l'information du génome peut aider à élucider l'étiologie des maladies déclenchées par l'environnement ; les avocats afin de se rendre compte de la manière dont la connaissance peut affecter l'autorité de l'EPA pour établir des standards relatifs aux seuils maximaux d'exposition autorisée ; les responsables d'entreprise afin de déterminer s'ils possèdent l'équipe appropriée pour travailler sur les biotechnologies.

⁴⁰ D'après la définition de C.S. Holling (1986), la surprise représente un état dans lequel la réalité perçue se différencie qualitativement des attentes.

⁴¹ FACA : Federal Advisory Committee Act, loi qui assure l'ouverture du processus de consultation au public.

La révélation des problèmes : En utilisant les différents outils d'analyse des tendances futures – par exemple, le scanning, la prévision quantitative, l'élaboration de scénarios, les consultations Delphi, le data mining – l'EPA cherche à identifier et à discuter les opportunités et risques environnementaux futurs. Au fur et à mesure de l'avancement des travaux dans ce domaine, l'EPA rassemblera des matériaux et des données de référence qu'elle mettra à disposition sur le réseau à destination des futuristes environnementaux. L'information échangée au cours de ces activités peut se présenter sous la forme : (1) de scans généraux, non spécifiques pour identifier les futurs problèmes environnementaux ; (2) d'analyses ciblées, focalisées sur des risques particuliers futurs ou des options de gestion du risque ; ou (3) de discussions sur les méthodes des analyses du futur. Bien que cette recherche se focalisera sur la science comme il sied à cette organisation, l'EPA vise à mener ces discussions sur les problèmes environnementaux futurs au travers de multiples disciplines et d'une manière accessible aux stakeholders externes à l'EPA.

L'incubation de la science. Les instigateurs de ce programme proposent que l'ORD fournisse des opportunités aux scientifiques afin qu'ils puissent s'engager dans des analyses innovatrices visant à anticiper les surprises. Ces opportunités peuvent par exemple se présenter sous la forme :

- *de recherches extramurales*, telles que les bourses pour des recherches exploratoires sur les risques émergents et les futurs problèmes.
- *de projets pilotes*, élaborés sur des recherches existantes pouvant avoir des applications futures (par exemple, le transfert de données de contrôle).
- *de recherche "scoping"*, ou projets justification des principes dans le but de créer rapidement une base, de fixer une direction pour un programme futur, et de gagner des données ou aperçus initiaux (par exemple, projet de data mining pour évaluer d'éventuelles corrélations entre des températures globales et certains désastres). De tels projets doivent être (1) financés indépendamment du processus de programmation de la recherche de l'ORD, et (2) sujets à des périodes de vie prescrites au delà desquelles le projet est soit archivé pour des références futures soit transféré vers le processus de programmation de la recherche traditionnel.

La direction du programme de recherche extramurale de l'ORD est confiée au NCERQA (National Center for Environmental Research and Quality Assurance). Ce dernier accorde des subventions (bourses) à des chercheurs pour un montant total d'environ 120 millions de dollars chaque année.

Ainsi, pour les dernières années, le NCERQA a-t-il procédé à plusieurs appels à propositions: *Futures : Detecting the Early Signals* (1998), *Exploratory Research to Anticipate Future Environmental Issues* (2000), et le dernier en date : *Exploratory Research to Anticipate Future Environmental Issues* (2001). Ce dernière appel à proposition est constitué de trois parties :

- Part 1 : Exploratory Research on Nanotechnology
- Part 2 : Futures Research in Natural Sciences (encadré 3.5)
- Part 3 : Futures Research in Socio-Economics

On peut noter qu'il s'agit de la première année qu'un domaine particulier d'étude, en l'occurrence les nanotechnologies, fait l'objet de ce genre d'appel à propositions.

ENCADRÉ 3.5 : RECHERCHE EXPLORATOIRE POUR ANTICIPER LES FUTURS PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX

Partie II : Recherche sur le futur dans le domaine des sciences naturelles

Afin de réaliser au mieux sa mission, l'EPA souhaite mobiliser la communauté scientifique dans le but d'identifier et d'appliquer les nouvelles connaissances, approches et techniques, de manières différentes, pour résoudre les problèmes environnementaux pouvant émerger dans le futur. L'accent doit être mis sur les problèmes auxquels la communauté scientifique doit dès à présent s'atteler avant que les conséquences n'apparaissent. Les propositions doivent décrire la nature et l'importance du problème environnemental étudié, ainsi que la nature et les bénéfices attendus de la recherche proposée, qu'elle soit destinée à apporter une solution à ce problème ou à augmenter considérablement la compréhension de la science le sous-tendant.

Dans cette proposition, les chercheurs doivent :

1. suggérer un domaine pour lequel les données sont insuffisantes, dispersées, ou contradictoires, pouvant laisser envisager un problème environnemental futur ou décrire un champ émergent de connaissance pouvant être appliqué à un problème environnemental d'une façon unique ;
2. justifier et défendre ce choix dans le détail, y compris la considération d'un risque environnemental potentiel ou le bénéfice potentiel apporté par la nouvelle connaissance ;
3. proposer un programme de recherche d'une durée maximale de deux ans pour explorer le problème ; et
4. expliquer pourquoi le chercheur à l'origine de la proposition est la personne la plus appropriée pour réaliser la recherche proposée.

L'évaluation de la proposition concernera principalement les points suivants : (1) la gravité des dommages infligés à l'environnement ou à la santé publique par le problème potentiel identifié, (2) la valeur de la synthèse proposée, même si le sérieux du problème suspecté se révèle être minimal, et (3) le potentiel à fournir de nouvelles solutions aux problèmes actuels.

Parmi les problèmes qui auraient pu bénéficier, dans le passé, d'un tel examen précoce, on peut notamment citer :

- les pluies acides
- la diminution de la couche d'ozone
- les effets et la persistance environnementale des PCB

Au terme de ces études, un groupe de travail sera organisé afin de déterminer les problèmes devant faire l'objet d'une étude plus approfondie dans le cadre d'un mécanisme ciblé soit par l'EPA ou par d'autres organisations de recherche.

L'évaluation du programme : Etant donnée la nature spéculative des travaux sur le futur, il est important d'établir, à un stade précoce de la conception du programme, des mesures appropriées de la performance pouvant servir d'étalon de mesure du progrès. Initialement (c'est-à-dire durant les deux premières années du programme), l'évaluation ne consistera qu'à s'assurer que (a) le programme se déroule conformément à la conception ; (b) les ressources sont dépensées de telle sorte qu'elles assurent une mise en œuvre réussie ; et (c) les résultats tels que les workshops, rapports, site Internet sont réalisés d'après la proposition. Après 3 à 5 ans, l'EPA propose de mesurer le leadership, la qualité et l'adéquation du programme par l'intermédiaire de benchmarking, de peer review, d'après les recommandations de l'Académie Nationale des Sciences (NAS) sur l'évaluation de la recherche sous GPRA.

Construction de la capacité (élaboration des compétences) : Il s'agit d'établir l'infrastructure et la capacité institutionnelle au sein de l'ORD à la conduite de travaux sur le futur, en mettant en place des activités telles que : (1) la désignation d'un avocat de gestion expérimenté pour les activités futures ; (2) l'établissement d'un réseau sur le futur au sein de l'ORD ; (3) l'établissement d'un secrétariat pour coordonner le travail de l'ORD ; (4) la création et la maintenance d'un site Internet; (5) l'organisation de stages ; et (6) un service pour l'information entre l'ORD et les stakeholders externes. Les deux flèches représentées dans la figure 3.4 p. 76 reliant les ressources et la construction de la capacité reflètent le fait qu'une part importante de la capacité de construction doit être mobilisée pour les ressources. Les deux flèches reliant la construction de la capacité aux autres activités reflètent un biais pour l'activité ; selon l'EPA on construit la capacité au fur et à mesure et non pas en attendant que toute l'infrastructure d'un programme formel soit en place.

Au stade actuel du programme, les opérations suivantes sont actuellement en cours de réalisation:

- La répartition du travail pour la réalisation d'un scan général (30 000\$ - 50 000\$).
- La coopération avec le Woodrow Wilson Center pour une série sur la biotechnologie (50 000\$)
 Organisation de scan média, de consultation Delphi, d'un Workshop final.
- La formation d'un comité de direction composé de membres du National Center for Environmental Research, National Exposure Research Laboratory, National Risk Management Research Laboratory, Office of Science Policy, National Health Effects and Environmental Research Laboratory HEERL, National Center for Environmental Assessment, Region 2, Office of Environmental Information.

Quelles sont les orientations que l'EPA cherche à mettre en œuvre ?

- L'EPA veut développer l'aspect quantitatif des exercices. L'objectif est de rassembler le plus de données possibles, par l'intermédiaire notamment de l'acquisition de bases de données.
- L'EPA encourage fortement la participation d'éléments extérieurs. Elle veut engager d'autres agences fédérales, les états, des organisations non-gouvernementales, des universités ainsi que les industries⁴².

Pour l'instant l'EPA n'utilise pas encore les résultats des foresights étrangers mais elle le fera prochainement pour comparer les technologies prometteuses qu'elle aura trouvées avec celles issues des autres foresights.

Au total, le système proposé par l'EPA est bien celui d'un système de « veille-prospective » environnementale. La participation de tous les stakeholders (ONG, universités, industries...) est fortement encouragée (voir figure 3.1). Il conviendra donc de suivre avec beaucoup d'attention ce programme qui affiche des intentions très prometteuses.

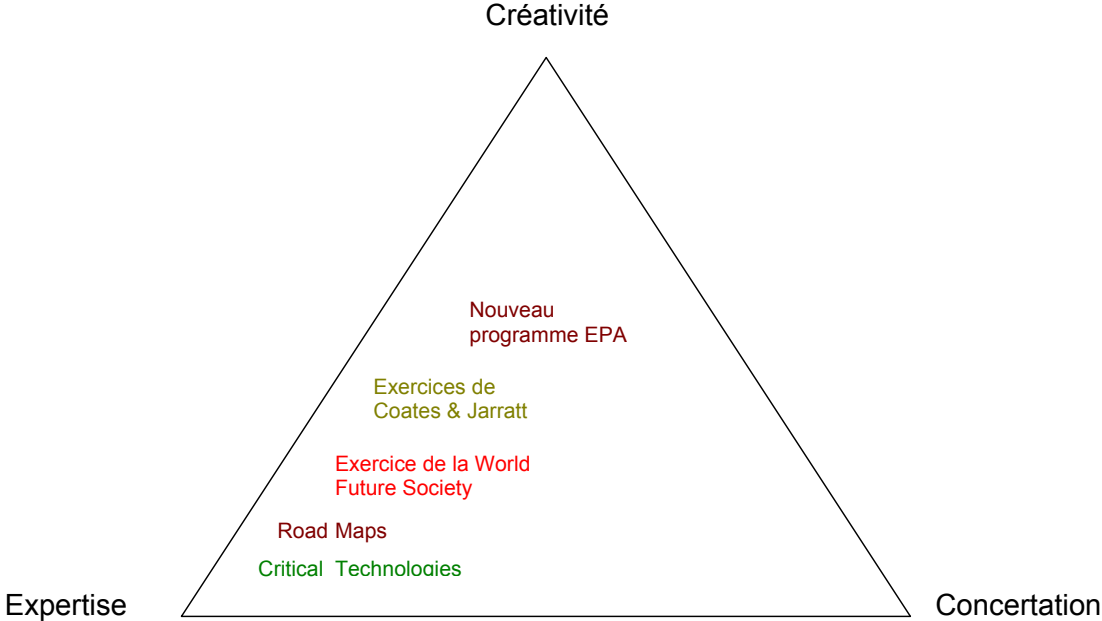
Les Etats-Unis connaissent des expériences extrêmement diverses en matière de veille et de prospective environnementales . Cette diversité concerne tant les méthodes employées que les objectifs poursuivis et les initiateurs de ces exercices. Ces derniers sont issus des secteurs publics, privés ou des ONG. Si un certain nombre d'enseignements peuvent en être tirés pour notre propos, il n'empêche que les divers exercices de prospective et de veille restent encore aux Etats-Unis largement tournés en priorité vers la compétitivité et l'innovation technologique et ne s'appuient en majorité que sur des avis d'experts (voir figure 3.1). La demande sociale a été peu explorée jusqu'à présent⁴³, sauf peut-être dans certains cas par les ONG⁴⁴. Récemment, le tournant adopté par nombre de pays européens dans les années 1990 vers l'intégration de la demande sociale dans les exercices de prospective vient d'être abordé aussi par les Etats-Unis.

⁴² Pasky Pascual insiste sur le fait que « le plus important dans l'exercice de foresight ne réside pas tant dans les publications qui en résultent que dans la construction du processus en lui-même et la synergie entre tous les acteurs qui en émane » (entretien avec Pasky Pascual, EPA, Washington D.C., Etats-Unis).

⁴³ « L'idée d'investir dans des systèmes de veille-prospective environnementale fondés sur la demande sociale serait pourtant intéressante. En effet, de nombreuses recherches, qui concernent des sujets sensibles, touchent de près le citoyen. Il s'agit souvent de questions éthiques que les seuls experts ne peuvent pas résoudre en se demandant ce qu'ils doivent décider pour leur prochain programme de recherche » (entretien avec Doug BAUER, National Research Council, Washington D.C., Etats-Unis.)

⁴⁴ « Les ONG s'occupent en partie de la demande sociale lorsqu'elles interrogent les citoyens sur les thèmes environnementaux émergents et sur leur préoccupation en matière environnementale. Ils utilisent souvent des techniques de sondage. C'est le cas du Worldwatch institute. Ils inondent ensuite les journaux d'informations à ce sujet et ces informations sont prises en compte dans l'organisation des programmes de recherche, ou en tout cas devraient l'être. Le problème est que ce n'est pas systématique et qu'il n'y a pas d'échanges entre ces perceptions des ONG et celles des experts » (entretien avec Steve PLOTKIN, Argonne National Laboratory, Washington D.C., Etats-Unis).

Figure 3.1. Une typologie de l'expérience nord américaine en matière de foresight



3.2. L'expérience britannique : du *foresight* technologique à un *foresight* plus social sans véritable veille environnementale.

Les problèmes de société en matière d'environnement sont bien souvent caractérisés par l'insuffisance des connaissances scientifiques sur lesquelles le débat devrait s'appuyer. Aux incertitudes sur les risques s'ajoutent celles liées au manque de connaissances scientifiques sur ce risque. Cette situation explique l'émergence du « principe de précaution », qui vise précisément à établir des guides pour la décision dans un contexte de manque de connaissances (Gollier et al., 2000). Il s'agit d'aboutir à un calendrier optimal des décisions, compte tenu d'hypothèses scientifiques et d'avancées des connaissances, susceptibles de donner lieu à des jeux d'influence inédits : dans un univers avec des controverses scientifiques, la compétition ne se joue plus simplement sur les produits et les techniques, elle se joue également sur les théories scientifiques et les « visions du monde » qui en découlent. L'office de la Science et de la Technologie britannique (*Office of Science and Technology*)⁴⁵ définit sur son site Web⁴⁶ le programme de *foresight* dont il est responsable de la manière suivante : « Le *foresight*, c'est le futur qui travaille pour vous ! Nous vivons dans un monde de changement. Il est fondamental d'anticiper et de préparer l'avenir, et l'objet du *foresight* est de provoquer un changement culturel dans la manière dont le Royaume-Uni prépare le futur ». De 1994 à 1998, un important exercice de prospective a eu lieu au Royaume-Uni, suivi d'un second, engagé depuis 1999.

Le processus de prospective au Royaume-Uni est le mécanisme central de la conception et de la mise en œuvre de la politique scientifique en matière d'innovation et d'enseignement supérieur. Il convient ici de décrire l'instrument créé par les Britanniques et d'essayer de comprendre la portée de l'innovation institutionnelle et politique qu'il représente. Pour ce faire, nous décrivons le premier programme de *foresight* et ses résultats. Puis nous présenterons la méthodologie sous-jacente au second exercice de *foresight* britannique⁴⁷. Enfin, nous étudierons la portée des travaux effectués par le groupe sectoriel « Energie et Environnement Naturel » pour voir en quoi l'exercice de *foresight* constitue un moyen d'appréhender les risques environnementaux. Il convient d'illustrer l'idée selon laquelle la prospective au Royaume-Uni serait un « instrument de gouvernance pour une société fondée sur la gouvernance » (Barré, 2000).

⁴⁵ Cet office est une structure de coordination opérationnelle placée auprès du Premier ministre jusqu'en 1996, et depuis cette date située dans le *Department of Trade and Industry* (DTI). Le *Chief scientific advisor*, placé auprès du Premier ministre, a une fonction de coordination scientifique et de liaison avec la communauté scientifique. Celle-ci a par ailleurs son expression autonome à travers la *Royal Society*, active et influente en matière de politique scientifique.

⁴⁶ Site internet : <http://www.foresight.gov.uk> . On trouvera sur ce site la plupart des rapports officiels sur le *foresight* cité dans ce document.

⁴⁷ Pour une présentation de la portée et des limites du premier *foresight* britannique, voir Fauchaux (resp.scientifique), « Assistance technique à la conception et à la réalisation d'un système de veille-prospective pour la programmation de la R&D publique en matière d'environnement », étude pour le Ministère de l'Aménagement, du Territoire et de l'Environnement, 1999.

3.2.1. Le programme de prospective technologique (*technology foresight*) britannique (1993-1997)

En 1993, le gouvernement britannique publie le Livre Blanc, « Réalisons notre potentiel : une stratégie pour la science, l'ingénierie et la technologie⁴⁸ ». L'idée est que le Royaume-Uni doit valoriser son potentiel scientifique pour créer de la richesse. Pour cela, il est prévu qu'« un programme de *technology foresight* sera réalisé conjointement par l'industrie et la recherche pour éclairer le gouvernement sur les priorités (...) Le but est un changement culturel majeur – une meilleure communication, une plus forte interaction et une plus grande compréhension mutuelle ». En pratique, il est prévu d'identifier les opportunités des technologies et des marchés susceptibles d'émerger dans les 10-20 ans à venir et de prévoir les actions nécessaires pour les exploiter. Dans l'ensemble, le livre blanc et l'initiative du *foresight* sont plutôt bien accueillis dans la recherche publique, chez les industriels, ainsi que par le parti travailliste, pourtant dans l'opposition. De fait, de 1993 à 1997, un important exercice de prospective a lieu en Grande Bretagne, formellement intitulé *technology foresight*, avec un budget d'environ 1 million de livres (Martin et Johnston, 1999). Les principaux objectifs sont les suivants :

- (a) accroître la compétitivité britannique ;
- (b) créer des associations entre l'industrie, la recherche et le gouvernement ;
- (c) concentrer l'attention des chercheurs sur les opportunités du marché et par conséquent utiliser au mieux la recherche scientifique.

Un comité de pilotage, présidé par le *Chief Scientific Advisor*⁴⁹ est nommé par le ministre⁵⁰ pour orienter et coordonner l'ensemble du processus. Ce comité définit le nombre, le champ et le mandat des groupes sectoriels dont il choisit le président et les membres. Le comité est responsable du document de synthèse et des recommandations et il est composé de 17 personnes : six personnes originaires de l'industrie, cinq responsables gouvernementaux de politique scientifique, dont le président, qui est le *Chief Scientific Advisor*, et enfin six universitaires, dont deux spécialistes de politique scientifique et de prospective. En même temps, deux équipes de recherche sont sélectionnées en appui au projet. Il s'agit de membres du SPRU (*Science Policy Research Unit*) de l'Université de Sussex, et du PREST (*Policy Research Group in Engineering, Science and Technology*) de l'Université de Manchester.

⁴⁸ *Realizing Our Potential : a Strategy for Science, Engineering and Technology*. Londres : Cabinet Office, HMSO (Her Majesty Stationery Office), 1993.

⁴⁹ Le *Chief Scientific Advisor* a d'abord été William Stewart ; ce dernier a quitté son poste en 1996 pour être remplacé par Robert May.

⁵⁰ William Waldegrave, remplacé en 1994 par David Hunt puis, après le rattachement de l'Office of Science and Technology au DTI en 1996 par, Ian Taylor

Le programme du *technology foresight* a été organisé par l'*Office of Science and Technology* (OST) en coopération avec d'autres ministères et a impliqué un grand nombre de consultants (Georghiou, 1996).

◆ Dans la première étape, ou l'avant *foresight*, un certain nombre de séminaires (séminaires *focus on foresight*) ont lieu dans différentes régions de manière à expliquer aux communautés industrielles et scientifiques ce qu'est un *foresight* et l'intérêt d'en réaliser un. L'idée est également de connaître leurs points de vue sur la meilleure façon de mettre en place un exercice de *foresight*. A partir de ces séminaires, le comité de pilotage décide de déterminer les intitulés de **quinze groupes sectoriels** et procède à la nomination de leurs présidents et de leurs membres (voir tableau 3.1). La mission de ces groupes est de construire des hypothèses et des scénarios basés sur des analyses et des consultations à travers des réseaux de discussion et d'interaction. Chaque groupe sectoriel doit préparer un rapport utilisé par le comité de pilotage pour élaborer un document de synthèse, et de recommandations.

Tableau 3.1. Les groupes sectoriels du technology foresight britannique (1995)

- Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement (ANRE)	- Manufacturing, Production et Processus d'Affaires
- Construction	- Défense et Aérospatial
- Communications	- Energie
- Matériaux	- Services Financiers
- Chimie	- Transport
- Nourriture et Boisson	- Santé et Sciences de la Vie
- Vente et Distribution	- Loisir et Apprentissage
- Technologie de l'Information et Electronique	

Les objectifs et les modes de travail des groupes sectoriels sont établis. Ils doivent répondre aux questions suivantes, chacun dans leur secteur : quelles sont les tendances sociales et économiques des 10-20 prochaines années ? Quelles sont les dimensions science-technologie liées à ces tendances ? Comment les financements publics peuvent-ils, le plus efficacement possible, favoriser un potentiel scientifique innovant garant, pour le futur, de la croissance économique et de la qualité de la vie ? Dans quelle mesure les aspects réglementation, qualification, infrastructures éducatives et autres facteurs doivent-ils être pris en compte ?

La démarche employée est celle de l'identification des facteurs moteurs (*drivers*) déterminant la dynamique du secteur étudié, en considérant les domaines de la réglementation, des ressources humaines, et du développement de la technologie ou de la recherche scientifique et technologique. La méthodologie de sélection utilisée, tant au niveau des groupes sectoriels qu'à celui du comité de pilotage, est celle de la matrice « atouts-attraits » (*Attractiveness-Feasibility Matrix*). Cette méthode a été employée au milieu des années 1990, notamment par le Commissariat de l'énergie atomique (CEA) dans ses travaux d'analyse stratégique et aussi dans le cadre de l'exercice « technologies-clés » par le ministère de l'Industrie (Barré, 2000) (voir également la sous-section 3.6 de ce rapport).

Chaque groupe sectoriel peut librement utiliser la méthode des scénarios selon ses besoins pour ordonner et mettre en forme ses travaux.

Enfin, ce processus est accompagné par une enquête Delphi⁵¹ qui vise à permettre une large interaction entre les groupes sectoriels (qui préparent le questionnaire) et les publics professionnels visés (qui répondent), et, par ailleurs, favoriser la constitution de consensus⁵². Le questionnaire se focalise sur une série d'innovations dont on postule l'émergence. On demande (1) d'identifier les dates possibles de développement, de première utilisation et de diffusion de ces innovations, (2) d'apprécier l'importance de leur impact sur la compétitivité et la qualité de la vie, enfin (3) de mettre en évidence les opportunités et les contraintes de leur mise en œuvre. On peut noter que le questionnaire Delphi utilisé n'a pas été adapté de celui du Japon et qu'il est propre au Royaume Uni, contrairement aux expériences allemandes et françaises. Par ailleurs, il comporte environ 1207 questions, dont 261 questions (22%) relatives à l'environnement.

◆ La deuxième étape est la phase principale du *foresight*. Les groupes sectoriels commencent leur travail en mai 1994 et remettent leur rapport début 1995. Les groupes débutent par des discussions afin de préparer le terrain et d'identifier les forces et les faiblesses. Ils organisent également de plus larges consultations de type ateliers régionaux et thématiques. Les groupes ont présenté chacun entre 50 et 100 questions pour l'enquête Delphi⁵³, à laquelle ont répondu 7 000 personnes environ, d'où une moyenne de 100 réponses par question. Toutes les informations recueillies sont utilisées par les différents groupes pour identifier les priorités technologiques dans leur secteur respectif. Chaque groupe produit un rapport préliminaire, fin 1994. Ces rapports sont distribués pour être commentés et mis à jour. La structure de chaque rapport est largement similaire. Les groupes commencent par analyser leur secteur pour déterminer leurs caractéristiques, leur contribution aux PIB, etc., avant de référencer leurs forces et leurs faiblesses. Ils identifient les principales tendances, les forces motrices, les barrières et les défis. Ils peuvent réaliser une série de scénarios pour examiner les opportunités technologiques pouvant contribuer à la création de richesse et à la compétitivité. Chaque rapport se résume en une liste de priorités ainsi qu'en un ensemble de recommandations clés.

En mai 1995, le comité de pilotage publie son rapport, « Progresser par le partenariat »⁵⁴. Pour en accroître l'impact et placer la politique de recherche et d'innovation sur le devant de la scène publique nationale, deux autres documents officiels sont publiés simultanément : le livre blanc sur la compétitivité⁵⁵ (*Department of Trade and Industry* (DTI), ministère du Commerce et de l'Industrie) traitant des conditions nécessaires au développement de

⁵¹ La méthode Delphi, utilisée dans le cadre du *technology foresight*, a consisté à interroger, au moyen d'un questionnaire, des experts sur les probabilités et les conditions de réalisation d'un certain nombre d'avancées technologiques. Un second questionnement est également prévu : les experts répondent à nouveau, connaissant la moyenne des réponses au premier tour des autres experts.

⁵² Comme on l'a mentionné, une enquête Delphi donne lieu à un second envoi du questionnaire indiquant les réponses moyennes obtenues au premier tour. Chaque répondant peut alors, s'il le souhaite, se rapprocher de la moyenne qui peut ainsi devenir le cas échéant un consensus. Cet élément peut néanmoins venir limiter la créativité des experts.

⁵³ Questionnaire « Tendances, marchés et technologies » (*Trends, markets and technologies*)

⁵⁴ *Progress through partnership. The Report of the Technolgy Foresight Steering Group*. OST, HMSO, 1995.

⁵⁵ *Competitiveness : Forgoing ahead*, DTI, HMSO, 1995.

l'innovation industrielle, et le rapport *Forward Look* de l'Office of Science and Technology qui est un document d'accompagnement du *technology foresight*. Ce rapport doit faire chaque année le point sur l'ensemble des activités en matière de recherche publique et évaluer son évolution au regard des priorités dégagées par le *foresight*. C'est aussi l'occasion de publier un ensemble de statistiques et d'indicateurs susceptibles d'éclairer le débat sur l'orientation de la recherche publique, notamment par la présentation de comparaisons internationales.

Le rapport « Progresser par le partenariat » tente d'élargir le lien entre la recherche et la société et d'adopter une conception systémique des politiques de recherche. Au delà de la méthode Delphi traditionnelle faisant appel aux seuls experts, interviennent, dans les groupes sectoriels⁵⁶, des représentants de la société civile. En revanche les travaux des groupes, comme la tendance générale du *foresight*, ne se détachent pas de la finalité prioritaire de l'amélioration de la compétitivité ; en témoignent les priorités dégagées au travers des sujets-clés suivants : bioscience intégrée⁵⁷, biologie et biotechnologies, technologies de la précision et du contrôle, nouveaux matériaux, technologies de l'information et de la communication, contrôle social et impact des nouvelles technologies. Si les dimensions environnement et développement durable sont présentes, elles ne sont appréhendées que par le biais du sujet-clé suivant : « technologies pour un développement durable : technologies propres, nouvelles énergies, analyse du cycle de vie des produits ».

On peut d'ailleurs noter que durant ce premier exercice de *foresight*, quelques problèmes ont surgi à l'idée de créer un groupe destiné à l'environnement. En fait, il apparaît que l'environnement constitue un thème transversal et concerne l'ensemble des groupes sectoriels⁵⁸. Un *foresight* préliminaire est alors spécialement réalisé dans ce domaine en 1993 par le ministère de l'environnement. Une conférence nationale de deux jours est organisée, à laquelle 60 personnes participent. Ceci aboutit à la rédaction d'un certain nombre de rapports, à l'issue desquels, en 1995, l'environnement est intégré dans le panel « Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement » (ANRE) du programme national avec le découpage thématique suivant :

- Agriculture et Horticulture
- Forêt et Pêches
- Ressources Naturelles
- Gestion Environnementale.

⁵⁶On peut, à titre d'exemple donner la composition du panel NRE 1996 (Ressources Naturelles et Environnement). Les membres appartiennent soit à des ONG, soit à l'industrie ou au gouvernement : Pr K. Turner, Directeur, *Centre for Social and Economic Research on the Global Environment* ; Dr. J. Bramley, *Head of Research & Development, Environment Agency* ; B. Denis, Directeur, *Environmental Services Association* ; J. Hill, *The Green Alliance* ; Dr L. Jones, *WWF, Rouyaume-Uni* ; J. Porritt, *Forum for the Future* ; Dr D. Jenkins *Chief Executive Technology, BP Exploration* ; B. Joice, *Public Affairs and Communications Manager, Rhône Poulenc Agriculture* ; C. Duff, *World Business Council for Sustainable Development* ; Pr D. Parkes, Directeur, *Shell Research Ltd.*

⁵⁷ Appréhension d'un organisme vivant comme un tout, c'est-à-dire prise en compte de sa biochimie, sa physiologie, etc...

⁵⁸ « Les industries incluant l'agriculture, les ressources naturelles et l'environnement offrent un noyau dur d'innovation pour la science et le commerce britannique. L'offre et l'utilisation de la technologie sont indispensables au bien-être de chacune de ces industries. Ces dernières s'inspirent des idées et des produits des autres secteurs et de la recherche fondamentale pour leur propre innovation. Ainsi en développant et en appliquant les découvertes scientifiques et technologiques, ces industries contribuent à la création de richesse, à améliorer la qualité de vie et à atteindre le développement durable » (OST, 1995, p. 1).

A l'issue d'un premier rapport entre septembre et décembre 1995 qui reste résolument tourné vers la technologie et la compétitivité (OST, 1995), le groupe sectoriel ANRE se scinde en deux nouveaux groupes :

- Agriculture, Horticulture, Forêt et Marine
- Environnement et Ressources Naturelles.

Le nombre de groupes sectoriels passe alors à 16. C'est pourquoi les premières recommandations du groupe « Ressources Naturelles et Environnement » ne sont publiées qu'en 1997 (voir encadré 3.6).

ENCADRÉ 3.6. LES RECOMMANDATIONS CLÉS DU PANEL « ENVIRONNEMENT ET RESSOURCES NATURELLES »

1. Développer des instruments économiques (« taxes vertes ») pour l'appliquer aux problèmes de l'utilisation et de conservation des ressources tels que le contrôle de la pollution, la gestion des déchets, les infrastructures et l'accès au monde rural ; ces taxes doivent être calculées en fonction de l'impact environnemental.
2. Evaluer la sensibilité et la vulnérabilité des écosystèmes, les activités de production liées aux ressources naturelles et les autres activités et systèmes socio-économiques liés aux changements climatiques, à la pollution et à l'utilisation des sols.
3. Développer et évaluer des technologies propres et peu coûteuses.
4. Mettre en valeur un certain nombre de technologies « soft » pour faciliter le processus d'évaluation.
5. Formuler et évaluer de nouvelles constructions, aménager le territoire pour lutter contre les affaissements, la pollution, les pertes en biodiversité, etc., et améliorer l'efficacité énergétique.

Nous pouvons noter également que le groupe « Environnement et Ressources Naturelles » est lui-même constitué de quatre sous-groupes :

1. Processus et Technologies Propres
2. Utilisation durable des Ressources et Systèmes de Management Environnemental
3. Opportunités d'exploitation, « briser les barrières de l'innovation »
4. Stratégie et Diffusion

◆ La troisième phase du programme *foresight* ou *post-foresight* concerne la mise en place d'un certain nombre d'éléments comprenant :

- (a) la formulation des nouvelles priorités de R&D du gouvernement (ministères, *Research Councils*, Comité fondateur de l'Enseignement Supérieur) ;
- (b) l'influence des stratégies de R&D des entreprises ;
- (c) l'encouragement des partenariats entre l'industrie et la recherche ;
- (d) l'influence d'une politique plus large du gouvernement (réglementation) ;
- (e) la préparation du prochain programme de *foresight* (prévu pour 1999/2000), les divers avantages du processus de *foresight* étant déjà évidents à cette époque.

De plus, le gouvernement établit des fonds pour encourager les projets de recherche issus du programme *foresight*. Ces fonds s'élèvent à environ 30 millions de livres. Ces derniers sont complétés par ceux du secteur privé qui sont un peu plus élevés. Ceci permet le développement d'une vingtaine de projets reposant sur des partenariats entre les organismes de recherche publiques et les industriels. La configuration des dépenses des *Research Councils* (Agences de Financement de la recherche) est sensiblement modifiée, compte tenu des priorités émergeant du programme *foresight*.

Dans l'ensemble, le *technology foresight* britannique est jugé utile et efficacement conduit (Barré, 2000). Le nombre de participants est le signe d'une certaine attente de la part de la communauté scientifique. Les rencontres régionales et les constitutions de nouveaux réseaux professionnels ont été particulièrement appréciées, notamment des industriels. Fin 1996, le succès était considéré tel que le *technology foresight* est devenu l'emblème (*flagship*) de la nouvelle politique de recherche du gouvernement. Nous avons néanmoins souligné plusieurs limites de ce premier exercice de prospective. Il reste focalisé sur la seule problématique technologique dans un souci quasi-exclusif d'améliorer la compétitivité. Il rencontre des difficultés de positionnement dans le domaine de l'environnement. L'enquête Delphi est confrontée au risque de manque de créativité (*cf.* note de bas de page 8), elle a été menée, soit avec le seul avis des experts (manque de concertation), soit en étant complétée par la construction de scénarios (démarche plus concertative, *cf.* l'élaboration des quatre scénarios du groupe « Environnement et Ressources Naturelles », que nous allons étudier plus loin). Ce sont les raisons pour lesquelles nous avons positionné le *technology foresight* britannique de deux manières différentes dans la figure 3.5.

3.2.2. Les caractéristiques générales du nouveau programme de *foresight* britannique depuis 1999.

Ben Martin (directeur du SPRU, membre du comité de pilotage des deux programmes de *foresight* britannique) souligne qu'en 1993, le livre blanc du gouvernement sur la science et la technologie, *Realizing our Potential*, visait à une mobilisation plus efficace de la recherche britannique face aux besoins sociaux et économiques. C'est dans cette perspective que le *technology foresight* (premier exercice de prospective) fut lancé. Ce programme a impliqué environ 10 000 personnes de l'industrie, de la recherche publique, de l'administration et d'ailleurs ; il a permis d'identifier des domaines prioritaires pour la science et la technologie, susceptibles de générer des bénéfices sur le long terme et où l'industrie britannique et le secteur de la recherche avaient un avantage comparatif. Cependant, Ben Martin souligne que c'est le processus de travail lui-même qui a peut-être produit les résultats les plus importants, que l'on peut appeler les « cinq C » :

- meilleure **communication** entre les entreprises et entre les secteurs (industrie, administration, recherche publique) ;
- **concentration** de la réflexion sur le long terme : quel pourrait être le monde dans 10-20 ans, avec quels nouveaux marchés, produits, services... ? ;
- **coordination** des projets de long terme des organisations concernant la science, la technologie et l'innovation ;
- élaboration d'un **consensus** sur ce que nous voulons faire pour le Royaume-Uni dans 10 ou 20 ans ;
- mobilisation pour faire en sorte qu'un grand nombre de personnes soient **concernées** par le *foresight* pour transformer en actions les idées existantes qu'il génère.

Ces cinq résultats du processus de *foresight* correspondent à des aspects sur lesquels le Royaume-Uni avait des lacunes. Le programme de *foresight* a été évalué par le nouveau gouvernement travailliste en 1997. Il doit être réalisé de nouveau entre 1999 et 2003.

A partir de 1997, le gouvernement travailliste s'est consacré à la construction d'une doctrine pour sa politique scientifique et en matière de prospective. Ce travail s'est appuyé sur deux rapports d'évaluation du premier exercice de prospective (qualifié de *technology foresight*). Le premier a été commandité à l'office parlementaire de la science et de la technologie (*Parliamentary Office for Science and Technology*) (POST)⁵⁹, le second aux services du premier ministre (*Whitehall audit*). Ces deux rapports soulignent le succès du premier exercice de *foresight* qui a été mené en Grande Bretagne.

- Le rapport d'évaluation du POST, intitulé « La Science construit-elle l'avenir ? Le *technology foresight* et son impact⁶⁰ », a été publié en juin 1997. Même s'il souligne que le premier exercice de *foresight* britannique est important et utile, il recommande néanmoins l'abandon des enquêtes Delphi ainsi qu'une meilleure prise en compte de la

⁵⁹ Office parlementaire de la science et de la technologie.

⁶⁰ *Science shaping the Future ? Technology Foresight and Its Impact*. Un résumé du rapport a également été publié par le POST, sur le site internet : <http://www.parliament.uk/post/home/htm>

contribution de la science et de la technologie aux priorités sociales et à l'objectif de développement durable. Il plaide pour un élargissement du champ considéré, l'implication plus forte des acteurs sociaux et de l'industrie, proposant un objectif de « changement culturel » et de « construction de visions cohérentes de l'avenir de la Nation ».

- L'audit des services du Premier ministre⁶¹ (*Whitehall Audit*), publié en octobre 1997, est quant à lui centré sur l'utilisation du *technology foresight* par les ministères. Il se limite à discuter les moyens d'une plus forte implication des ministères. Il insiste, comme le rapport du POST, sur le besoin d'une ouverture et d'une diversité d'acteurs plus grande. Pour Barré (2000) le point original de cet audit est son insistance sur l'apport « systémique » de l'exercice de prospective précédent pour l'élaboration des politiques publiques : le rapport recommande, en effet, que le foresight favorise la collaboration ministérielle et interdisciplinaire et qu'il soit l'occasion d'échanges approfondis entre les groupes sectoriels, les ministères et les agences de financement de la recherche (*Research Councils*).

Ces deux rapports préfigurent la politique future du gouvernement concernant le *foresight*.

3.2.2.1. Le point de départ : du livre blanc consacré à la stratégie politique pour une « société de la connaissance » aux orientations scientifiques du nouveau foresight.

Le livre blanc « L'Avenir de notre Compétitivité : construire une économie fondée sur la connaissance⁶² », a été présenté en décembre 1998 et annonce officiellement le lancement du nouveau programme foresight. Il s'agit d'une profession de foi qui souligne que : (1) la compétence, la connaissance et la créativité sont au cœur de la « société fondée sur la connaissance » et (2) la capacité des nations à exploiter ces atouts déterminera leur avenir.

Le livre blanc propose également une vision renouvelée de l'action gouvernementale à deux niveaux :

- Par la prise en compte simultanée de la dynamique des institutions (universités, firmes...) en tant que telles, mais aussi de celle de leurs relations de concurrence et de leurs partenariats. Concurrence et partenariats sont considérés comme des aspects complémentaires d'une même réalité qui est celle des « systèmes d'innovation »⁶³. Ce

⁶¹ *Report on the Whitehall Audit of the Foresight Programme.*

⁶² *Our Competitive Future : Building the Knowledge Driven Economy.* Londres : HMSO, 1998. Site internet : <http://www.dti.gov.uk/comp/competitive>.

⁶³ Deux approches peuvent être distinguées : celle de l'évaluation technologique (*technology assesment*) et celle des systèmes d'innovation. L'évaluation technologique vise à permettre le contrôle social de la technologie par l'analyse systématique des effets de l'introduction d'une nouvelle technologie qu'ils soient directs ou indirects, qu'ils soient souhaités ou non. En principe, une telle analyse propose des alternatives au projet initialement prévu. Les systèmes d'innovation, quant à eux, retiennent une conception à la fois systémique et institutionnelle du changement technique. Dans ce cadre, la prospective en matière de Science et de Technologie résulte de la convergence entre :

- la tradition de la prévision technologique – occupée du long terme, mais avec une conception restrictive des paramètres à prendre en compte,
- l'approche par l'évaluation technologique – porteuse des concepts de jeux d'acteurs et d'impacts sociaux, mais intégrant difficilement la dimension temporelle,

type de concept, développé depuis le début des années quatre-vingts par les économistes, est interprété de manière novatrice en termes de politiques publiques. Il s'agit non seulement de renforcer la concurrence entre les institutions mais aussi de donner du contenu à la constitution de partenariats.

- Par son adhésion à une conception renouvelée de la recherche, qui n'est considérée ni comme une activité en soi, ni comme liée à des productions/usages de connaissances, mais comme un ensemble de réseaux de collaboration/concurrence entre laboratoires publics, universités, entreprises, fournisseurs, utilisateurs, administrations... - l'objet de la concurrence étant non seulement d'attirer les ressources financières, mais aussi et surtout les talents, les réseaux ainsi que les flux de connaissances. Une des conséquences de cette conception est qu'il est indispensable que les scientifiques modifient leurs compétences afin d'être capables de communiquer et de travailler avec un ensemble beaucoup plus large de partenaires. Ceci fait référence explicitement à l'expertise pluraliste (Froger, 2001).

Le livre blanc conclut sur le nouveau rôle d'un gouvernement dans une société fondée sur la connaissance, à savoir : « investir dans l'éducation, la science et la création d'une culture d'entreprise ; promouvoir des partenariats actifs ; contribuer à faire émerger des visions de long terme dans un monde de pressions liées au court terme ». C'est dans ce contexte tout à la fois intellectuel et politique qu'il faut considérer le nouveau programme de *foresight*.

Le gouvernement travailliste a apporté trois inflexions par rapport au *foresight* précédent :

- (1) D'abord, il a voulu un meilleur équilibre entre les objectifs de la compétitivité (« création de richesses ») et de qualité de la vie – ce dernier objectif se référant aux objectifs sociaux, environnementaux, et d'équité.
- (2) La deuxième inflexion concerne l'élargissement de l'exercice, au niveau tant du nombre de personnes que de la variété des acteurs et institutions impliqués. Il s'agit d'influencer non seulement les responsables de la technologie mais aussi les conseils d'administration. Il s'agit également d'influencer non seulement les grands groupes du secteur de la haute technologie mais aussi les petites et moyennes entreprises de tous horizons.
- (3) La troisième inflexion est la diminution sensible du poids relatif du monde de la recherche et de la technologie dans l'exercice. Ceci reflète l'idée que, d'une part, la production de connaissances se fait sur une base élargie (qui dépasse les institutions de recherche) et, d'autre part, que la combinaison et l'utilisation des connaissances existantes sont tout aussi importantes que leur production. On retrouve ici l'idée de l'expertise pluraliste cette dernière étant sous-jacente à la « société fondée sur la connaissance » dont parle le gouvernement travailliste.

En conséquence, le nouvel exercice qui a été lancé en 1999 a été officiellement dénommé *foresight* et non plus *technology foresight*.

-
- l'approche systémique – permettant la prise en compte de nouvelles catégories d'interactions, notamment de type institutionnel et politique.

Dans ce cadre, le *foresight* a pour objectif : (1) de développer des visions de l'avenir – en regardant les besoins futurs possibles, les opportunités et les menaces ainsi qu'en décidant ce qui devrait être fait maintenant pour s'assurer que nous sommes prêts à affronter ces défis ; (2) de construire des passerelles entre le monde des affaires, les scientifiques et le gouvernement, en regroupant les connaissances et l'expertise relatives à divers domaines et activités, et ce afin (3) d'augmenter la richesse nationale et la qualité de vie.

3.2.2.2. La mise en place du nouveau *foresight*

Le cahier des charges du nouveau *foresight*⁶⁴ a été publié en décembre 1998, la première phase devant se dérouler de 1999 à la fin 2000.

Un groupe de suivi ministériel impliquant les ministres concernés a été constitué⁶⁵. Un comité de pilotage, présidé par le *Chief Scientific Advisor*⁶⁶, a également été nommé pour orienter et coordonner l'ensemble du processus. Ce comité définit le nombre, le périmètre et le mandat des groupes de travail, dont il nomme le président et les membres. Le dispositif est composé de 13 groupes de travail d'une quinzaine à une trentaine de membres chacun, dont la mission est de construire des hypothèses et des scénarios basés sur des analyses et des consultations à travers de réseaux d'interaction et de discussion. Chaque groupe devait préparer un rapport pour fin 2000.

Le comité de pilotage comprend seize membres en plus de son président : trois chercheurs universitaires, tous issus des sciences sociales (gestion et politique scientifique⁶⁷), six responsables ministériels (dont ceux de la défense, de l'industrie, de la recherche et de l'éducation), deux industriels, un journaliste et, fait nouveau, quatre représentants d'organisations de la société civile (patronat, syndicats, économie sociale, organismes de recherche sous contrat).

Les groupes de travail ont été définis selon une décomposition en groupes sectoriels (qui se focalisent sur certains secteurs du monde des affaires ou des domaines plus larges d'activités), et en groupes thématiques (qui s'intéressent à des questions sociales et/ou économiques au sens large). Chaque groupe doit prendre en considération les thèmes transversaux suivants : celui de l'éducation, des compétences et de la formation, ainsi que celui du développement durable (voir tableau 3.2). Ils sont parfois organisés en sous-groupe (appelés *task forces*) ; à titre illustratif le groupe de travail « Energie et Environnement Naturel » est organisé en trois sous-groupes : « futurs énergétiques », « évaluation environnementale », et « gestion durable des ressources ». Les lettres de mission (*panels'action plans*) des groupes de travail ainsi que la nomination de leurs présidents et membres ont été publiées en juin 1999, avec identification du responsable et des membres du secrétariat qui aideront aux travaux de chaque groupe.

⁶⁴ *Blueprint for the Next Round Foresight*. Londres : DTI, décembre 1998.

⁶⁵ *Ministerial Science Group* dans lequel siègent les ministres concernés, sous la présidence du ministre de la Recherche, David Sainsbury. C'est ce groupe qui a rédigé le cahier des charges du nouveau *foresight*.

⁶⁶ Robert May, qui se trouve être confirmé à ce poste par le nouveau gouvernement travailliste en 1997.

⁶⁷ Le spécialiste de la politique scientifique et de la méthodologie du *foresight* est Ben Martin.

Tableau 3.2. Groupes sectoriels, thématiques et thèmes transversaux du nouveau foresight.

<p>Groupes thématiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vieillissement de la population - Prévention de la délinquance - Le secteur industriel en 2020 <p>Thèmes transversaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - éducation, compétences, formation - développement soutenable 	<p>Groupes sectoriels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Environnement urbain et transport - Produits chimiques - Défense et Aérospatiale - Energie et environnement naturel - Services financiers - Filière agro-alimentaire - Santé - Information, communications et médias - Matériaux - Vente au détail et services aux consommateurs
--	--

L'ensemble de ces groupes doit envisager les avenir possibles et faire des recommandations pour l'action. Chaque groupe, sectoriel ou thématique, a publié un rapport en décembre 2000 qui conclut la première phase de consultation. Le tableau 3.3 ci-dessous présente les objectifs, les sous-groupes ou les thématiques abordées et le rapport publié de chacun des groupes de travail.

En outre, une série de programmes associés au *foresight* a été lancée sous l'égide d'une grande diversité d'institutions, notamment des organisations professionnelles, des institutions de recherche et des organisations technologiques. Les programmes associés réalisent des investigations du futur pour une question particulière, au sein du cadre général du programme national.

Les travaux menés par l'ensemble des groupes, des programmes associés et d'autres activités de prospective sont articulés au travers de ce que l'on appelle le bassin de connaissances (*knowledge pool*), qui constitue l'originalité du processus de *foresight* au Royaume-Uni. Nous allons en étudier les modalités dans ce qui suit.

Tableau 3.3. Objectifs et thématiques des groupes de travail du nouveau foresight.

Groupes	Objectifs	Sous-groupes/thèmes	Rapports en 2000	Président
Environnement urbain et transport (groupe sectoriel)	Passer d'une problématique consistant à s'interroger sur « devons-nous construire ? » à celle qui consiste à savoir « comment investir efficacement pour améliorer la qualité des déplacements et du développement ? ». Analyser : (1) les options visant à améliorer la gestion globale des transports pour un déplacement plus fiable et plus efficace des personnes et des biens ; (2) les implications potentielles des nouvelles technologies pour les modes de vie, les habitudes de travail, et l'emploi ; (3) les possibilités offertes par les nouvelles technologies pour des objectifs plus flexibles et pour une participation des populations lors de la planification et de la construction des immeubles et des infrastructures.	<ul style="list-style-type: none"> - aspects logistiques - politique, processus et participation du public pour planifier le futur - comportement social et motivation 	<i>The physical world in a virtual age</i>	Keith Clarke, directeur général, Kvaerner Construction
Chimie (groupe sectoriel)	La chimie est un des secteurs industriels les plus importants au Royaume-Uni (63 billions de livres sterling, + de 480 000 emplois). L'objectif consiste à améliorer la capacité du secteur chimique britannique à assurer et à soutenir la création de richesses au niveau national tout en améliorant la qualité de vie d'une manière durable au niveau international.	<ul style="list-style-type: none"> - conditionnement - processus industriels 	<i>A chemical renaissance</i>	Dr Joe Blaker, PDG, Chemicals Industry Association
Défense et aérospatiale (groupe sectoriel)	Améliorer la collaboration entre le gouvernement, l'industrie et le monde académique afin de garantir que la défense et l'aérospatiale britannique soit un secteur important pour la richesse et la sécurité nationale. Aspect fondamental dans le cadre de la construction européenne et de la globalisation des industries de ce secteur.	<ul style="list-style-type: none"> - défense - recherche et technologie - éducation et formation - industrie 	<i>Action for future systems</i>	Sir Donald Spiers, Meggitt pic
Energie et environnement naturel (groupe sectoriel)	(1) Identifier les potentialités d'innovation et de développement dans les domaines de l'énergie et de la gestion de l'environnement naturel. (2) Favoriser une meilleure utilisation des « savoir-faire » dans un contexte de globalisation. (3) Identifier les opportunités et défis associés aux changements futurs en matière d'offre et de demande énergétiques ainsi que ceux associés aux pressions environnementales.	<ul style="list-style-type: none"> - futurs énergétiques - évaluation environnementale - gestion durable des ressources 	<i>Stepping Stones to Sustainability</i>	Hugh Williams, directeur général, Ecotec Research and Consulting Ltd

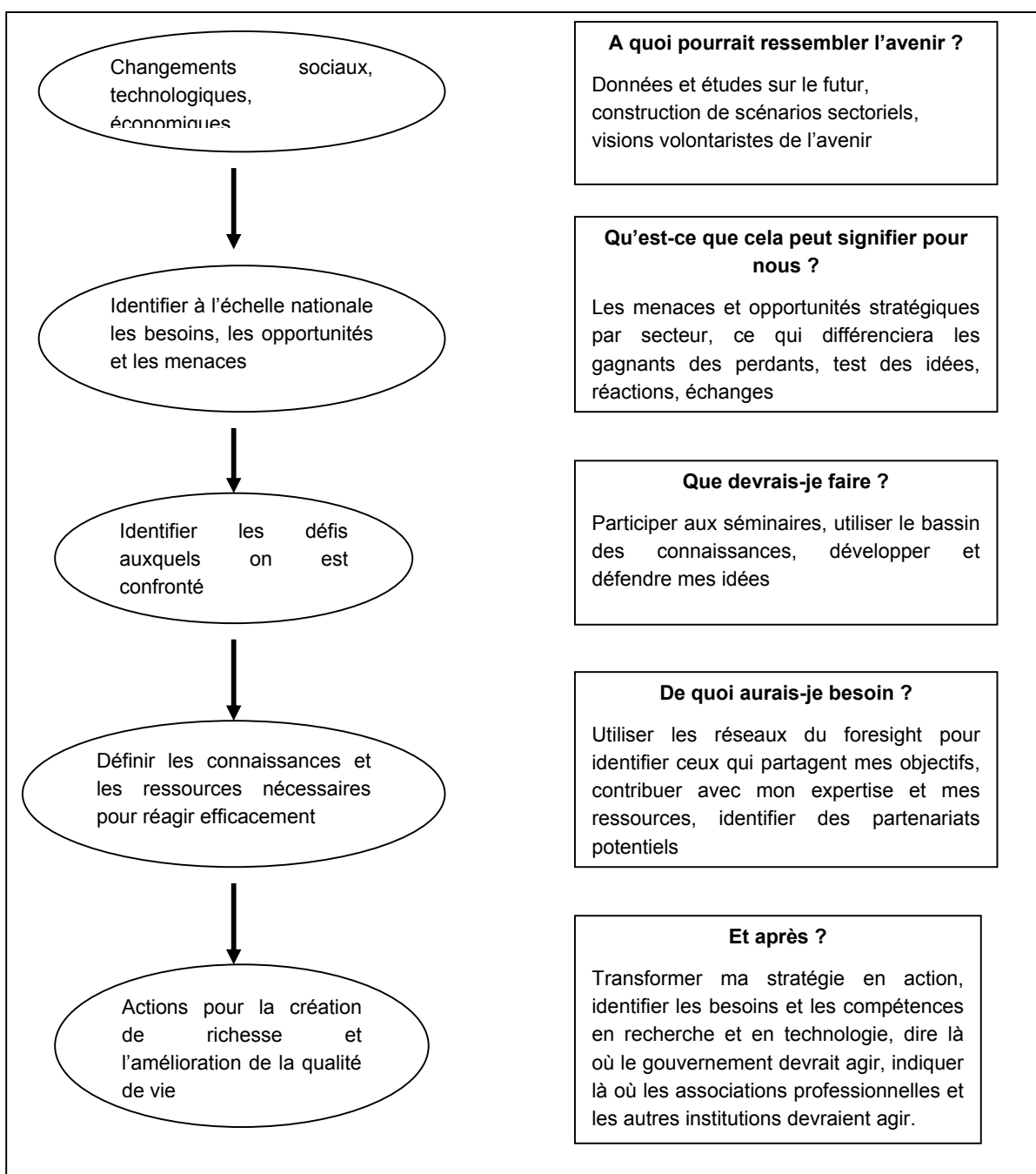
Services financiers (groupe sectoriel)	(1) Explorer les facteurs à l'origine des changements/blocages dans différents secteurs de l'industrie des services financiers. (2) Analyser l'impact de ces changements/blocages pour les secteurs industriels. (3) Faire des recommandations pour l'action visant à aider les consommateurs, ainsi que les producteurs de services financiers à être plus concurrentiels dans un contexte de globalisation.	<ul style="list-style-type: none"> - marchés mondiaux - services financiers aux PME - infrastructure - finance pour les particuliers et les consommateurs - e-commerce 	<i>The future of financial services</i>	Tim Jones, PDG, Retail Banking services
Filière agro-alimentaire (groupe sectoriel)	La production alimentaire est une chaîne complexe qui concerne les agriculteurs, les consommateurs ainsi que les industriels et les distributeurs. Les produits agricoles peuvent être à vocation alimentaire et/ou industrielle. L'objectif est de focaliser la discussion sur les perspectives futures des divers domaines concernés.	<ul style="list-style-type: none"> - recherche et technologie - communication - alimentation et santé - besoins futurs en compétence pour le secteur agro-alimentaire britannique 	<i>Preparing for the future</i>	Deidre Hutton, Vice-présidente, National Consumer Council
Santé (groupe sectoriel)	(1) Envisager pour les 20 ans à venir l'évolution future du système de santé. (2) Explorer le potentiel des nouvelles technologies ainsi que leur impact sur la compétitivité et les services de santé britanniques en prenant en considération : (a) la compétitivité des entreprises du secteur de santé, et les relations entre le système national de santé et la compétitivité commerciale, (b) l'accès et les services en matière de santé, (c) les implications pour le développement durable, (d) l'impact sur l'éducation et la formation des travailleurs.	<ul style="list-style-type: none"> - santé et personnes âgées - accès aux soins de santé - génome humain - produits médicaux, pharmaceutiques et biotechnologies - neuropsychiatrie - transplantation 	<i>Healthcare 2020</i>	Sir Michael Peckham, School of Public Policy (University College London)
Information, communication et médias (groupe sectoriel)	(1) Analyser les opportunités offertes par le monde digital (the on-line digital world) et leurs impacts dans des secteurs clés de l'économie. (2) Analyser les impacts des nouvelles technologies de l'information et de la communication pour divers acteurs économiques et sociaux.	<ul style="list-style-type: none"> - technologie de l'information, électronique et communications - nouvelles technologies de l'information : impacts pour le monde des affaires et les consommateurs - implications en matière d'éducation - e-commerce 	<i>Let's get digital</i>	Joyce Taylor, PDG, Discovery Networks – Europe

Matériaux (groupe sectoriel)	(1) Soutenir la compétitivité du secteur des matériaux. (2) Favoriser la création de nouvelles entreprises et de nouveaux produits dans ce secteur. (3) Analyser les potentialités des nouvelles technologies et du développement durable pour ce secteur d'activité.	<ul style="list-style-type: none"> - institut pour les matériaux - éducation et formation - conditionnement - matériaux pour la santé 	<i>Materials : Shaping our Future</i>	John Wood, Professeur
Distribution et services aux ménages (groupe sectoriel)	(1) Analyser l'influence du progrès technologique sur la compétitivité du secteur de la distribution. (2) Minimiser la perte de temps et les dommages environnementaux occasionnés par les achats courants. (3) Améliorer l'accès aux biens et services pour les catégories désavantagées (handicapés...).	<ul style="list-style-type: none"> - stratégies de distribution - e-commerce - logistique en matière de distribution 	<i>(R)etail (R)evolution : from a Nation of shopkeepers to a world of opportunities</i>	Sir John Bantham, Président, Kingfisher plc
Vieillesse de la population (groupe thématique)	Développer des analyses prospectives sur le vieillissement de la population et ses impacts sur la durabilité du développement.	<ul style="list-style-type: none"> - travail, loisirs et connaissances - aspects financiers - modes de vie - application des nouvelles technologies de l'information et de la communication 	<i>The Age-Shift-Priorities for Action</i>	Jim Stretton, directeur général, (UK operations), Standard life
Prévention de la délinquance (groupe thématique)	(1) Analyser les rapports entre nouvelles technologies et criminalité. (2) Elaborer des stratégies de prévention contre la criminalité.	<ul style="list-style-type: none"> - technologie génétique et biologie - médicaments et matériaux - société future et criminalité - technologie de l'information, électronique et communications 	<i>Turning the Corner</i>	Lord Sharman of Redlynch, OBE
Manufacturing 2020 (groupe thématique)	Identifier les facteurs clés qui détermineront l'avenir du secteur industriel britannique ainsi que les actions à réaliser pour soutenir la compétitivité de ce secteur au niveau mondial.	Thèmes étudiés : impacts du contexte international, perspectives en matière d'organisation du travail, impacts de l'innovation...	<i>We can make it</i>	Nick Scheele, président de Ford Europe

3.2.2.3. Une nouvelle méthodologie d'interaction : le « bassin de connaissances »

Au plan méthodologique, l'initiative majeure est la mise en place d'un « bassin de connaissances » (*knowledge pool*) sur un site internet. Ce nouvel instrument revêt une fonction de communication, d'interaction, de génération d'hypothèses et de réaction à ces dernières. Ce bassin de connaissances est une « librairie de visions stratégiques et d'informations sur l'avenir », qui doit être également un forum et le lieu de rassemblement des informations sur les travaux des groupes sectoriels. Source d'information et lieu d'interaction, le bassin des connaissances – site internet ouvert – veut être l'instrument par lequel tout un chacun peut s'impliquer dans le *foresight*.

Figure 3.5. Le cahier des charges des groupes sectoriels



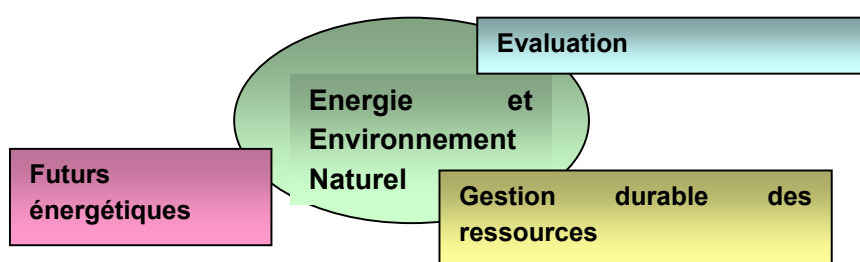
La méthode des groupes de travail va donc être accompagnée, en parallèle, d'une multitude de processus conduits par les acteurs concernés et intéressés. Ces acteurs vont contribuer à l'exercice d'ensemble mais, et c'est essentiel, vont aussi travailler pour leur propre compte, à l'élaboration de leur propre stratégie et à la recherche de leurs partenaires (voir Figure 3.5). On retrouve le concept de « forum hybride », qui met en avant le fait que dans les réseaux d'innovation, il n'est pas nécessaire d'avoir la même stratégie, ni les mêmes objectifs, ni même d'être complémentaire pour interagir utilement (Le Dars, 2001).

Après avoir distingué les caractéristiques méthodologiques générales du nouveau programme de *foresight* britannique, il nous a semblé nécessaire de présenter les travaux menés par un groupe de travail particulier, à savoir le groupe « Energie et Environnement Naturel », pour souligner comment un exercice de prospective pouvait appréhender la gestion des risques environnementaux. La deuxième phase du *foresight* britannique venant de commencer, nous nous contenterons de faire un bilan du travail effectué lors de la première phase.

3.2.3. Le nouveau programme de *foresight* britannique : l'étude des travaux menés par le groupe « Energie et Environnement Naturel »

« Réconcilier une demande énergétique croissante et l'exploitation des ressources naturelles avec l'exigence d'une durabilité écologique présente un ensemble de défis... les secteurs privé, public et les associations doivent travailler ensemble pour chercher, développer, commercialiser et mettre en œuvre de nouvelles approches, de nouveaux produits et de nouvelles technologies ». C'est ainsi que Hugh Williams définit le programme du groupe de travail « Energie et Environnement Naturel » (EEN) dont il est le président. L'objectif de ce groupe est de favoriser la capacité du Royaume-Uni à contribuer à la production de richesse et à l'amélioration de la qualité de vie dans les domaines de l'énergie et de l'environnement naturel. Pour ce faire, il convient d'identifier les potentiels d'innovation et de développement, ainsi que d'améliorer l'utilisation du savoir faire et de la démarche prospective dans un contexte global. Ce travail passe par l'identification, d'une part, des opportunités et des défis soulevés par les futures évolutions des offres et des demandes d'énergie, et d'autre part, ceux soulevés par les pressions environnementales. Trois sous-groupes travaillent sur ces objectifs : celui intitulé « Futurs énergétiques », celui intitulé « Evaluation environnementale », et enfin celui intitulé « Gestion durable des ressources » (cf. Figure 3.6).

Figure 3.6. La structure organisationnelle du groupe EEN



Le sous-groupe « Futurs énergétiques » est composé d'une quinzaine de membres, le président étant le Professeur John McMullan (Université d'Ulster). Il vise à prendre en considération des facteurs de long terme tels que le réchauffement climatique et le fait qu'une vie moderne est impossible sans une offre constante d'énergie. Son objectif est d'informer les décideurs d'aujourd'hui en donnant un aperçu des défis et des technologies énergétiques ainsi que des opportunités et des obstacles pour le monde des affaires et la société dans son ensemble.

Le sous-groupe « Evaluation environnementale » est composé d'une dizaine de membres, le président étant le Professeur Jim Skea (Institut d'études politiques). L'évaluation environnementale fait référence à l'analyse systématique et à l'évaluation des effets environnementaux induits par des activités humaines. L'évaluation peut concerner un site spécifique, un projet ou une activité, ou encore de manière plus large, des politiques ou des programmes conçus à l'échelle régionale ou nationale. L'objectif est de tenir compte des besoins futurs d'instruments, de techniques et de processus qui aideront les régulateurs, les autorités de planification... à évaluer les conséquences économiques, sociales et écologiques de leurs actions.

Le sous-groupe « Gestion durable des ressources », quant à lui, est composé de cinq membres, le président étant Mike Assal (Wardell-Armstrong). L'objectif est d'identifier les opportunités marchandes ainsi que les contraintes d'une gestion durable des ressources, telles que les minéraux, pour l'industrie et la qualité de la vie.

L'état d'avancement des travaux menés par les sous-groupes se situe à des stades différents. Le premier a publié sur le site Web, en novembre 2000, un document de consultation, *Fuelling the Future: Energy Futures*, à partir duquel plusieurs acteurs économiques et sociaux ont réagi. Un document de synthèse de recommandations intégrant les réactions des autres groupes de travail ainsi que des membres de la société civile devrait être disponible prochainement. Le second a publié un document de consultation, *Making Sustainability Count*, en août 2000, ainsi qu'un document de recommandations intégrant les réactions de divers acteurs socio-économiques, *Towards more sustainable decisions*, en mars 2001. Le troisième sous-groupe, quant à lui, n'a publié ni document de consultation, ni document de synthèse. Figure sur le site internet un papier de discussion, *Strengthening decision-making for sustainable development*, publié en mai 1999 ; deux papiers de discussion sur les déchets et les minéraux seront disponibles prochainement et un workshop sur la biodiversité a été organisé en mai 2001.

Le groupe EEN qui co-ordonne l'ensemble des travaux menés par les trois sous-groupes a mis sur internet un document, *A way to go*, débutant la période de consultation en mai 2000. Par la suite, en décembre 2000, il a publié un rapport, *Stepping Stones to Sustainability*, constitué par un ensemble de recommandations pour l'action.

Nous proposons ici, non pas de présenter l'ensemble des travaux menés, mais de nous focaliser sur le document de consultation du sous-groupe « Futurs énergétiques » dans la mesure où il illustre la continuité entre les deux exercices de prospective britanniques, ainsi que sur le rapport du groupe EEN qui constitue un ensemble de recommandations.

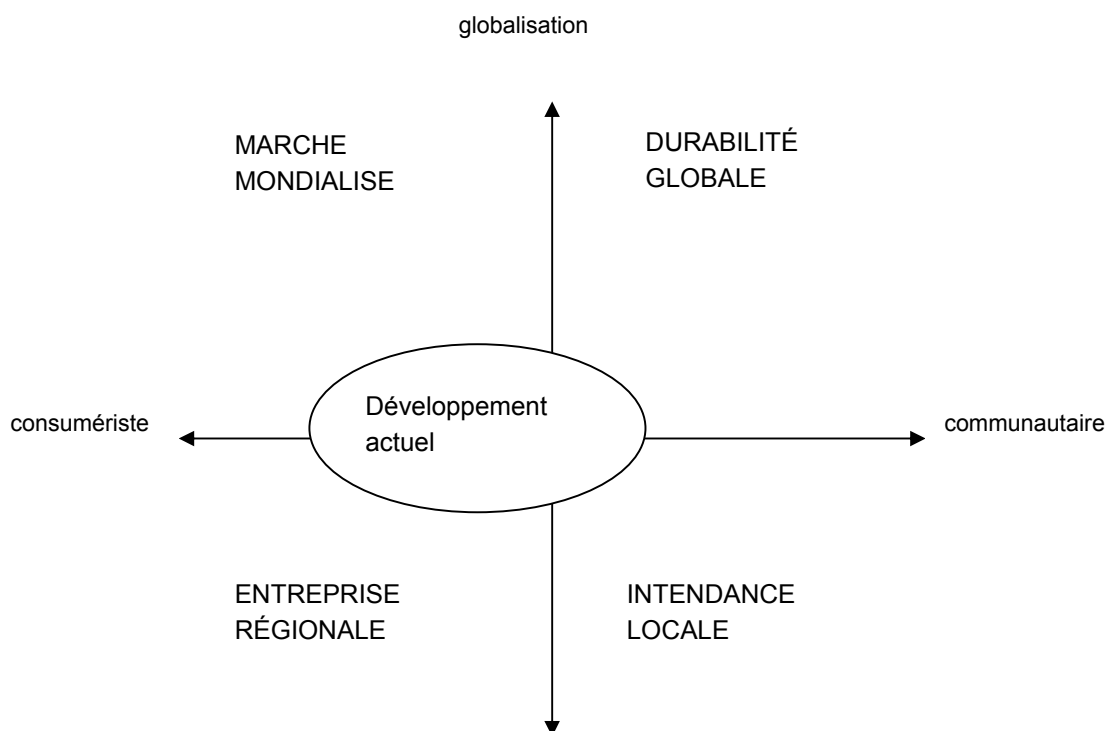
3.2.3.1. La continuité entre les deux exercices de foresights britanniques

Le travail effectué par le groupe EEN en général, et le sous-groupe « Futurs énergétiques » en particulier, prend appui sur un rapport, *Environmental Futures*, qui a été élaboré à la fin de l'exercice de foresight précédent, en avril 1999, par l'ancien groupe « Environnement et Ressources Naturelles ». Il y a donc bien continuité des travaux de recherche. Ce rapport identifie quatre scénarios possibles qui seront ensuite repris et complétés. Ces scénarios ont été construits pour souligner les perspectives environnementales possibles tout en tenant compte des facteurs économiques et sociaux du changement environnemental (« pression »), des conditions environnementales (« état ») et des politiques et stratégies environnementales (« réponses »). Les scénarios ne prédisent pas l'avenir, ils visent à éclairer les choix actuels en fonction des futurs possibles avec un horizon temporel de trente années (2010-2040). Nous allons présenter les divers scénarios du rapport *Environmental Futures*, puis nous verrons comment le sous-groupe « Futurs énergétiques » complète cette analyse (cf. annexe 1B pour les applications de ces scénarios par différentes organisations).

3.2.3.1.1. Une présentation des quatre scénarios

Dans la figure 3.7 ci-dessous, deux dimensions sont utilisées pour définir les futurs possibles : les systèmes de gouvernance et les valeurs sociales ; ces dimensions permettent de souligner le contexte économique, politique et social dans lequel s'insèrent les marchés, les modes de régulations et les comportements des acteurs.

Figure 3.7. Les divers scénarios



L'axe vertical représente le système régionalisation ou encore les modes de régulation de l'autorité publique et de la prise de décision. La « globalisation » se caractérise par le fait que la gouvernance n'est pas assurée au niveau national, mais par des institutions internationales et européennes, ou par des institutions régionales et déléguées. La « régionalisation » se caractérise par le fait que la souveraineté nationale en matière de prise de décision est préservée voire renforcée. L'axe horizontal représente les valeurs sociales qui tiennent compte des priorités politiques ainsi que des modes d'activité économique incluant les comportements de consommation. A droite figurent des « valeurs communautaires » représentées par des objectifs sociaux de long terme tels que la cohésion sociale, le développement économique durable et l'égalité. A gauche figurent les « valeurs consuméristes » caractérisées par l'individualisme, le matérialisme, la consommation privée et les considérations de court terme.

Nous allons maintenant caractériser les quatre scénarios suivants : le « marché mondialisé », la « durabilité globale », « l'intendance locale » et « l'entreprise régionale ». Ces derniers ne sont pas exhaustifs ni définitifs. Ils comprennent des indicateurs quantitatifs pour illustrer la direction et la vitesse de certains changements.

1. Marchés mondiaux : c'est un scénario où l'accent est mis sur la consommation privée et un commerce mondial développé et intégré.
2. Durabilité globale : c'est un scénario dans lequel les valeurs sociales et écologiques sont prises en compte dans les décisions économiques, et dans lequel une action collective forte au travers des institutions globales traite des problèmes environnementaux.
3. Entreprise régionale : c'est un scénario où les valeurs de court terme et de consommation privée sont couplées avec un système politique qui soutient les intérêts et priorités locaux, régionaux et nationaux.
4. Intendance locale : c'est un scénario où une gouvernance nationale et régionale plus forte permet aux valeurs sociales et écologiques de jouer un rôle plus important dans le développement des marchés et l'évolution des comportements.

Tableau 3.4. Caractéristiques générales des quatre scénarios

	Marchés mondiaux	Entreprise régionale	Durabilité globale	Intendance locale
Système de valeurs	Consommériste	Individualiste	Conservation de l'environnement	Traditionaliste
Système de gouvernance	Globalisé au sens faible	National au sens faible	Globalisé au sens fort	National/régional au sens fort
PIB britannique (par an)	3%	1.5%	2%	1%
Secteurs en expansion	Santé et éducation privatisées, loisirs, distribution et transports, services financiers	Santé, éducation et services sociaux privés, activité économique informelle liée à la maintenance, défense	Energies renouvelables, services domestiques intégrés, services commerciaux et NTIC, énergie nucléaire	PME, services financiers et autres services locaux, agriculture à petite échelle
Secteurs en déclin	Industries, agriculture	Produits et services des marchés globalisés, services de haute technologie, banque et finance, quelques secteurs vulnérables protégés	Secteurs utilisant les énergies fossiles, agriculture intensive et industrie	Vente au détail, loisir et tourisme
Technologies clés	Biotechnologie appliquée à l'agriculture et à la santé ; NTIC pour le transport, le travail et les ménages	Faibles investissements en R&D. Technologies de réutilisation et de recyclage, adaptées à la production à petite échelle	Production et consommation avec peu d'inputs et d'émissions, NTIC	Energie renouvelable (vent, biomasse, photopile)
Population	Sub-urbanisation et mobilité ; croissance des « communautés privées » ; ségrégation et inégalités entre les riches et les pauvres	Population stable, peu de migrations. Taille des ménages croissante. Forte densité de population dans les zones urbaines.	Population stable, re-développement des villes et des cités (efficacité énergétique...).	Déclin des grandes métropoles, croissance des petites et moyennes villes, développement mixte, protection de la campagne
Questions et priorités environnementales	Pas de priorité pour l'amélioration de l'environnement sauf pour les personnes aisées (qualité de l'air, réduction du bruit...)	Faible valeur attachée à la préservation des actifs naturels. Intérêts pour les aménités locales et la qualité du paysage. Régimes de planification et de réglementation insuffisants.	Approches intégrées pour tenir compte de l'ensemble des aspects du développement durable aux niveaux local, national et international. Poids important accordé aux ressources communes régionales et globales ainsi qu'aux droits des générations futures. Principes de durabilité « forte » appliqués aux décisions des secteurs privé et public.	Gestion environnementale locale (bruit, paysage, biodiversité) mais gestion insuffisante des problèmes globaux

Equité	Déclin	Déclin	Amélioration	Amélioration
ISEW (par an) ⁶⁸	-2%	-4%	+2%	+1%
Etat de l'environnement				
- qualité de l'air	Déclin général	Déclin	Amélioration	Mitigé
- qualité de l'eau	Mitigée	Détérioration	Amélioration	Amélioration générale
- biodiversité				
- climat	Sous pression	Détérioration	Stabilité	Amélioration
	Echange de permis d'émissions.	Echec du régime climatique international.	Gestion forte	Gestion faible
	Vulnérabilité du Royaume-Uni au changement climatique	Vulnérabilité du Royaume-Uni au changement climatique		

Ces scénarios prospectifs doivent stimuler les débats sur les futurs possibles ainsi qu'encourager l'action d'aujourd'hui. Ces scénarios constituent le point de départ des discussions sur les principales tendances et influences qui pourraient avoir un impact sur les marchés. Ces discussions peuvent aider la prise de décision actuelle à un niveau stratégique. Le guide du processus de *foresight* (*Future Markets, Future Business*), disponible à l'OST, décrit comment un tel exercice est organisé, ce qui peut prendre la forme de *workshop* ou de séminaires. Il convient de décrire plus en détail l'ensemble des scénarios prospectifs.

Scénario 1 : Marchés mondiaux

Ce scénario est fondé sur la prédominance des valeurs consuméristes de court terme et de la globalisation des systèmes de gouvernance. Les valeurs sociales sont matérialistes, ce qui implique des niveaux élevés de consommation et de mobilité. Le développement durable de long terme est un objectif politique marginalisé. Les gouvernements ont un rôle amoindri dans la gestion des activités économiques et dans l'offre de services de santé, d'éducation et d'autres services sociaux. De fortes pressions existent pour réduire les impôts. La privatisation des services publics implique des inégalités croissantes en matière d'accès à la santé, à l'éducation et aux autres services sociaux. Les marchés (énergie, eau, télécommunications) sont peu réglementés, même s'ils sont fortement concentrés. Les problèmes d'inégalités et d'exclusion sociale sont marginalisés et les tensions sociales sont croissantes. Les grandes entreprises dominent les marchés globaux. Il existe une concentration élevée des industries clés alors qu'il y a une forte spécialisation des petits producteurs dans d'autres industries. La croissance des services domine et l'industrie manufacturière traditionnelle se délocalise dans les pays en développement. Des normes globales (en matière de technologies) émergent pour la plupart des produits et des services. Les valeurs politiques sont internationales. Les politiques économiques, fiscales, commerciales et de défense sont transférées progressivement du niveau

⁶⁸ ISEW : *Index of Sustainable Economic Welfare* (Indice de bien-être économique durable). Cet indice équivaut au PIB par tête ajusté afin de prendre en considération : les dépenses défensives environnementales et sociales, les dommages environnementaux à long terme, la répartition des revenus, et la valeur du travail des ménages.

national au niveau européen. Certaines compétences européennes (notamment en matière environnementale) sont transmises à des institutions globales. Le commerce international préconisé par l'OMC connaît une forte croissance. Quelques transferts vers des structures politiques fédérales se manifestent au sein des Etats mais ils restent limités comparés à ceux qui ont lieu vers l'Union Européenne et les institutions globales. En général, se manifeste une convergence des cultures politiques en Europe et dans le monde industrialisé.

A partir de ce scénario, on peut dégager les tendances sectorielles suivantes :

(a) En ce qui concerne le **secteur énergétique**, les marchés sont dominés par les énergies fossiles, en particulier le gaz naturel. L'exploitation d'énergies alternatives au pétrole commence à partir de 2020. Des taux d'actualisation élevés et une faible priorité accordée aux problèmes environnementaux globaux empêchent l'adoption généralisée d'énergies renouvelables ou le renouveau du nucléaire, mais ils autorisent la promotion d'investissements dans des systèmes de production modulaires et mieux distribués. La demande d'électricité et de carburants pour les véhicules continue à augmenter. Les prix énergétiques restent faibles et il existe peu d'intérêt pour l'efficacité énergétique sauf en termes économiques ; la plupart des opportunités d'efficacité énergétique les plus faciles seront réalisées avant 2010.

(b) En ce qui concerne le **secteur des transports** : l'utilisation de voitures connaît une croissance élevée. Les véhicules à combustion interne domineront mais des véhicules hybrides ou électriques seront utilisés dans les principales métropoles à partir de 2010. Les problèmes de congestion sont en augmentation. En 2020, l'accès aux routes principales sera restreint aux voitures munies de fonctions anti-collision et de pilotage automatique. La forte demande de mobilité et de tourisme global, ainsi que les marchés globalisés de biens, vont augmenter la croissance du trafic aérien, à la fois au niveau international et au sein de la Grande-Bretagne. Une croissance des transports ferroviaires se fera également sentir.

(c) Le **secteur de la construction** connaît des taux de croissance élevés et on assiste au développement d'innovations quant à l'utilisation de nouveaux matériaux et de nouveaux processus productifs. Une faible priorité est attachée à la préservation des constructions actuelles. Le système de planification est limité, et de nouvelles villes et communautés sont construites sur des espaces verts. De nouvelles technologies, de nouveaux matériaux et de nouveaux processus de construction sont adoptés. L'environnement urbain est en pleine croissance.

(d) En ce qui concerne le **secteur agricole**, l'agriculture devient de plus en plus concentrée et industrialisée. La taille des exploitations augmente. La politique agricole commune est abandonnée et les prix faibles amènent les agriculteurs à rechercher une productivité améliorée. L'utilisation des OGM se généralise. Les régimes diététiques se développent même si des problèmes importants d'obésité et de maladies cardio-vasculaires persistent et augmentent.

(e) En ce qui concerne le **secteur industriel** : Taux d'innovation et de croissance élevés dans les secteurs des NTIC et de la biotechnologie. L'industrie traditionnelle est en perte de vitesse notamment à cause de la concurrence des nouveaux pays industrialisés. L'échelle de la production de biens continue à augmenter.

Scénario 2 : Entreprise régionale

Ce scénario suppose des valeurs consuméristes individualistes et le renforcement des systèmes de gouvernance à un niveau tant national que régional/local. La durabilité n'est pas un objectif politique à part entière. Les valeurs politiques importantes sont traditionalistes et protectionnistes. L'indépendance des politiques économique et extérieure est préservée. Le Royaume-Uni ne rejoint pas l'Union Economique Européenne et la monnaie européenne n'a pas de succès du fait d'un manque de coordination des politiques économiques. La globalisation dans les domaines économique, politique et culturel est limitée. Le commerce électronique est particulièrement contrôlé. Des monopoles nationaux sont présents dans des secteurs clés (industrie pharmaceutique, défense, électronique et média)

Les valeurs marchandes sont dominantes, mais l'étendue des marchés est limitée par les frontières nationales et régionales. La croissance économique est faible. Il existe un équilibre précaire entre les valeurs marchandes et la poursuite des intérêts nationaux et locaux. Le commerce international des biens et des services croît lentement. Le protectionnisme économique et la défense de la souveraineté nationale nécessite un « centre fort », qu'il soit à Londres, à Edinburgh ou à Cardiff. Le rôle symbolique de l'Etat est important mais sa capacité à gérer efficacement l'économie est en déclin. Le pouvoir économique et politique est consolidé dans des groupes d'intérêt puissants (le secteur de la défense, l'industrie manufacturière...). Il apparaît peu d'engagements envers des objectifs environnementaux et sociaux et une idéologie de la « firme » influence la plupart des décisions politiques.

A partir de ce scénario, on peut dégager les tendances sectorielles suivantes :

(a) En ce qui concerne le **secteur énergétique**, les énergies fossiles sont dominantes et les énergies renouvelables ne se développent pas. Il existe une volonté de préserver les sources énergétiques actuelles, incluant le charbon et le nucléaire, en augmentant la durée de vie des exploitations existantes. La recherche de l'efficacité énergétique est limitée, malgré des prix élevés, en raison d'un manque de capitaux disponibles et du peu de priorité accordée aux investissements environnementaux.

(b) En ce qui concerne le **secteur des transports**, ce scénario préconise une utilisation plus grande des voitures et un recours minimal au transport public. Les accidents et les embouteillages augmentent, à cause des restrictions en matière de finances publiques et des objections de type NIMBY au développement de nouvelles routes. Avec un faible niveau d'investissement, l'âge moyen du stock de voitures reste invariable et les nouvelles technologies sont restreintes à l'aval du marché automobile. Avec une expansion moindre de l'économie globale, le trafic aérien continue d'augmenter mais à un taux beaucoup plus faible que dans le scénario « marchés mondiaux ». Les transports de fret s'effectuent par voie routière et le système ferroviaire se développe peu. Les investissements dans de nouvelles infrastructures sont faibles.

(c) Le **secteur de la construction** est en déperdition car les investissements sont insuffisants. La maintenance des immeubles et des infrastructures existants constituent l'activité principale de ce secteur. Les techniques traditionnelles de construction continuent à jouer un rôle important.

(d) En ce qui concerne le **secteur agricole**, les prix agricoles restent assez faibles et la Politique Agricole Commune est modifiée. Les pratiques agricoles actuelles s'intensifient et nécessitent des inputs plus importants en pesticides et en fertilisants ; l'intérêt suscité par les OGM est inégal. Le développement des marchés globaux pour des produits saisonniers et de grande qualité est moins développé. Les distributeurs exercent une influence importante sur les agriculteurs au détriment de pratiques agricoles durables. Le régime traditionnel britannique ne change pas de manière radicale.

(e) En ce qui concerne le **secteur industriel**, la rareté du capital et la préservation de monopoles nationaux dans les secteurs clés implique une faible innovation, de faibles investissements et de faibles salaires. Les changements de la structure industrielle sont lents parce que les industries traditionnelles sont protégées de la concurrence internationale. Le rythme de changement technique est assez lent mais les technologies de l'information et les biotechnologies restent les moteurs principaux du changement. Les investissements environnementaux s'effectuent pour la réparation des dommages. Les approches pour l'innovation en matière de prévention restent marginales.

Scénario 3 : Durabilité globale

L'accent est mis sur le long terme et la satisfaction des besoins collectifs. Ce scénario suppose des valeurs de préservation de long terme et la globalisation des systèmes de gouvernance. L'accent est mis sur l'équilibre entre des valeurs économiques, sociales et écologiques, équilibre provenant de l'adoption de technologies et de comportements plus durables. Les structures de gouvernance deviennent plus globales mais elles sont également mieux réparties. Le système international se caractérise par une plus grande coopération et une meilleure gestion. Le rôle des gouvernements nationaux consiste essentiellement à négocier et à faire respecter les accords globaux, qu'ils soient environnementaux, économiques ou sociaux. La négociation d'accords consensuels prend du temps car il faut arriver à une répartition plus équitable des ressources économiques et environnementales entre les pays pauvres et les pays riches, ainsi qu'au sein des pays eux-mêmes.

Le consensus sur le développement durable passe par une participation accrue de la société civile dans les processus de prise de décision. Les gouvernements locaux ont un rôle important à exercer au sein de systèmes politiques plus fédéraux. L'accès à l'éducation est élargi, ce qui facilite la mise en œuvre de stratégies de développement durable comprenant des dimensions sociales et d'équité. La croissance technologique est importante : elle se caractérise par des innovations technologiques sur les processus de production et de consommation. Il existe un plus grand partage des ressources au sein de régimes d'échange avec une prise en compte explicite des objectifs sociaux et environnementaux. La croissance est plus faible que dans le

scénario « marchés mondiaux » mais la société civile et le secteur privé s'attachent à considérer des mesures alternatives comme l'indice de bien-être économique durable (*ISEW*).

Le commerce international est en pleine croissance mais ce dernier est co-ordonné avec les politiques d'environnement pour assurer l'équité internationale et le développement durable. Une efficacité environnementale plus grande est combinée avec une consommation croissante. Les taux d'intérêt faibles favorisent l'investissement dans des projets avec des bénéfices de long terme pour l'économie et la société. Le temps de travail diminue au profit de l'accroissement des loisirs. La forte mobilité du travail, les marchés globaux pour la formation et l'éducation ainsi que le tourisme global sont autant de facteurs de convergence entre les systèmes culturels et politiques. La mobilité internationale des compétences et du travail induisent des migrations provisoires. Les améliorations de la médecine et de la prévention en matière de santé augmentent la durée de vie. Une plus grande offre de services sociaux est nécessaire pour aider la population âgée.

A partir de ce scénario, on peut dégager les tendances sectorielles suivantes :

(a) En ce qui concerne le **secteur énergétique**, le gaz naturel est l'énergie dominante jusqu'en 2010 mais les énergies renouvelables prennent une part de marché importante par la suite. Le charbon propre, la biomasse et le nucléaire pourraient ré-émerger comme des options compétitives en comparaison à la conversion vers le tout renouvelable. La R&D utilisée pour diminuer le coût des énergies renouvelables serait dans le long terme avantageuse pour l'introduction de l'hydrogène. Un marché global pour l'énergie solaire se constituerait dès 2020-2025. L'hydrogène deviendrait une énergie importante à partir de 2030 grâce aux investissements d'infrastructures en matière de production, de stockage et de distribution. La nécessité de réduire les émissions de carbone ainsi que la volonté d'investir dans des technologies rentables assurent une reprise partielle de l'énergie nucléaire à partir de 2015. Les services intégrés et efficaces énergétiquement se développent grâce aux primes. Les prix pour le consommateur ainsi que les coûts de production sont élevés, et les contrôles environnementaux importants.

(b) En ce qui concerne le **secteur des transports**, des changements importants visent à développer des systèmes de transports intégrés permettant une plus grande qualité d'accès et des impacts environnementaux plus faibles. La croissance du trafic routier continue à augmenter mais à un rythme plus faible que dans le passé. La technologie joue un rôle important pour réduire les impacts environnementaux avec une pénétration rapide du marché par les véhicules propres et un investissement important en matière d'infrastructures publiques. Ces changements s'accompagnent de développements rapides de l'utilisation de l'informatique pour réduire la congestion des systèmes de transport public et privés. Le transport de fret s'effectue par voies ferroviaire et maritime, avec une réduction de l'utilisation des voies aériennes et routières. A partir de 2020, la télématique commence à se substituer à la mobilité. Le trafic aérien continue à augmenter rapidement dans ce monde globalisé.

(c) Pour ce qui est du **secteur de la construction**, l'environnement urbain se transforme par un remplacement rapide des infrastructures et des immeubles vieux et obsolètes. Du fait de procédures de contrôle développées, la construction d'habitats est concentrée dans les centres urbains existants. La plupart des nouvelles infrastructures utilise des techniques innovantes en matière d'ingénierie et d'équipement. L'accent est mis sur l'acquisition des compétences et la formation dans le domaine des techniques de construction avancées.

(d) En ce qui concerne le **secteur agricole**, l'objectif est d'équilibrer des rendements agricoles élevés avec de faibles impacts environnementaux. Les distributeurs transmettent aux agriculteurs les intérêts exprimés par les consommateurs au travers de leur politique d'achat. L'utilisation des OGM est controversée et est limitée par des contrôles pour éviter les impacts négatifs sur l'environnement et la biodiversité. Les grandes exploitations sont en déclin car les consommateurs deviennent végétariens et la consommation de viande diminue. La Politique Agricole Commune est réformée et les subventions sont octroyées aux agriculteurs qui développent une gestion durable des espaces agricoles. Plusieurs terrains ne servent plus à la production et sont valorisés non pas pour leur aspect récréatif mais pour la conservation de la nature.

(e) Le **secteur industriel** se transforme avec la combinaison d'un fort investissement et d'une économie à faible input. L'innovation se concentre dans des améliorations radicales en matière d'éco-efficacité. La production diminue mais les services augmentent.

Scénario 4 : Intendance locale

Ce scénario suppose des valeurs communautaires et conservationnistes (traditionalistes) ainsi que le renforcement de divers systèmes politiques et économiques au travers du développement de la régionalisation. Les valeurs sociales encouragent l'indépendance et la conservation des ressources. Au sein d'une perspective de long terme, l'accent est mis sur les questions environnementales ainsi que sur l'équité et l'intégration sociale. A un niveau plus local, les systèmes politiques sont transparents, participatifs, et démocratiques. L'offre publique de santé, d'éducation et de services sociaux est renforcée. Les identités culturelles locales et régionales sont importantes ainsi que le rôle de la famille comme unité sociale première. Les flux de culture, de personnes, de capital, de biens et de services au travers des frontières politiques et économiques sont limités.

Le pouvoir de décision s'exerce dans un système de gouvernement plus fédéral. La planification économique et sociale est la norme mais les cultures politiques tendent à être corporatistes et protectionnistes. La réglementation traditionnelle est remplacée par une structure plus diffuse de la gouvernance impliquant les porteurs d'enjeux. Les institutions politiques et économiques internationales sont perçues comme inefficaces dans un monde diversifié culturellement et politiquement. Elles doivent essentiellement intervenir en qualité de médiateur dans les relations entre les pays.

La croissance économique est encore plus faible que dans le scénario « entreprise régionale » mais des améliorations considérables sont réalisées en matière de qualité environnementale et d'égalité sociale comme l'illustre la croissance de 1% par an de l'indice de bien-être économique durable (*ISEW*). Le commerce international joue un rôle relativement moins important dans la croissance économique, et les monopoles nationaux sont présents dans les industries clés. Le gouvernement tente de coordonner l'économie pour satisfaire la demande locale au travers d'une qualité élevée, d'une offre durable de biens et de services. Les niveaux d'investissement sont assez faibles à cause de la faible croissance économique et des faibles taux d'innovation. La production de biens et de services à petite échelle est encouragée et les PME, les coopératives ainsi que les sociétés mutualistes prospèrent.

Le développement durable doit passer par une meilleure gestion locale des ressources, une amélioration de l'état de l'environnement, ainsi que par la poursuite d'objectifs sociaux en matière d'équité et d'accès. Les valeurs sociales ainsi que les processus politiques encouragent l'ensemble des individus et des groupes sociaux à participer à la réalisation d'objectifs de durabilité. Toutefois, les diverses régions manifestent une volonté différente à atteindre les objectifs environnementaux et il existe des différences importantes de l'état de l'environnement. Les problèmes environnementaux globaux et régionaux reçoivent moins d'attention et sont gérés de manière partielle.

A partir de ce scénario, on peut dégager les tendances sectorielles suivantes :

(a) En ce qui concerne le **secteur énergétique**, l'accent est mis sur l'exploitation des ressources énergétiques locales qu'elles soient fossiles ou non fossiles, ainsi que sur l'exploitation d'un ensemble de technologies d'énergies renouvelables telles que le vent, la biomasse, la photopile et l'hydrogène à petite échelle... Toutefois les rendements d'échelle sont plus limités que dans le scénario « durabilité globale » car un ensemble plus divers d'options est recherché. Quelques ressources locales en charbon sont exploitées mais avec des normes environnementales strictes. Les contrôles de réglementation sont renforcés et des tarifs verts sont proposés aux consommateurs. Les prix énergétiques sont élevés, ce qui implique l'adoption de mesures d'efficacité énergétique ; l'énergie nucléaire à petite échelle se développe en partie pour assurer l'indépendance énergétique. Il s'agit du seul scénario où la demande d'énergie diminue tout en devenant moins intensive en carbone.

(b) En ce qui concerne le **secteur des transports**, l'accent est mis sur une volonté de limiter les voyages. En 2010 sera instauré un système de co-voiturage, de livraison à domicile généralisé. D'ici 2025, les voitures sont utilisées pour les voyages courts et elles intègrent des technologies alternatives. Les voyages plus longs sont assurés par des systèmes de transit de masse (train, bus et avion). Les mouvements de fret internationaux s'arrêtent à un certain niveau dans la mesure où le commerce stagne. Les activités de loisir et de tourisme sont réduites au minimum.

(c) Le **secteur de la construction** se caractérise par l'adoption d'une éthique conservationniste ainsi que de faibles investissements qui conduisent au maintien des

infrastructures traditionnelles. La stabilité sociale signifie également une demande plus faible de nouveaux logements. L'investissement en faveur des mesures d'efficacité énergétique est en augmentation. L'industrie de la construction continue d'être dominée par les petites entreprises.

(d) Pour ce qui est du **secteur agricole**, l'objectif politique principal est d'aider l'auto-suffisance et les pratiques agricoles traditionnelles. Les ventes de fruits exotiques et hors-saison diminuent et les distributeurs se focalisent sur les marchés locaux. L'agriculture est fortement subdivisée, afin de protéger la sécurité alimentaire et les paysages locaux. Il faut aider les agriculteurs à adopter des approches réduisant l'utilisation de pesticides et favorisant l'agriculture organique. La demande de viande continue de baisser et les animaux tendent à être protégés par des droits spécifiques.

(e) En ce qui concerne le **secteur industriel**, l'industrie manufacturière se caractérise par de faibles taux d'investissement et d'innovation. Les changements principaux concernent la structure industrielle puisque l'échelle des marchés est restreinte ; les PME et les technologies adaptées à des productions durables à petite échelle sont favorisées. Les innovations et les applications des NTIC et de la biotechnologie permettent aux unités de production plus petites de rester fiables économiquement. L'accent est mis sur l'éco-efficacité, la qualité et la durabilité des biens de consommation ainsi que sur les relations de services de long terme entre les producteurs et les consommateurs avec des systèmes locaux de maintenance et de recyclage.

3.2.3.1.2. *Le regard complémentaire du sous-groupe « Futurs énergétiques »*

Le sous-groupe « Futurs énergétiques » a publié un document de consultation *Fuelling the Future : Energy Futures* en novembre 2000. La phase de consultation doit se terminer en juin 2001. Par la suite, il publiera un document mettant en avant des recommandations. A la différence de l'exercice de prospective précédent, l'accent est mis sur les questions de développement durable et d'éducation autour du problème du changement climatique.

En effet, le groupe EEN a souligné la nécessité d'une perspective de long terme pour faciliter « un changement radical vers une économie utilisant moins d'énergie et des ressources énergétiques qui ne recourent pas au carbone, ou vers de nouvelles méthodes pour capturer et utiliser le carbone »⁶⁹. Historiquement la Grande Bretagne a mené plusieurs tentatives pour formuler une politique énergétique afin de réaliser un équilibre entre des objectifs économiques, sociaux et environnementaux du moment. Par exemple, il y a 15 ans, les objectifs principaux de politique énergétique étaient :

- des normes de chauffage pour l'habitat,
- l'électricité pour tout le monde,

⁶⁹ Cf. document de consultation, *A way to go*, juin 2000.

- de faibles coûts et un confort accru,
- une économie nationale basée sur le fuel,
- des réductions de fumées.

Même si l'expression des aspirations économiques et sociales de cette politique reste valide aujourd'hui et pour l'avenir, les considérations environnementales étaient prises en compte uniquement en termes de pollutions locales et moins en termes d'impacts nationaux ou internationaux avec des implications de long terme. De nouvelles préoccupations, telles que la réalisation d'une meilleure qualité de vie pour les générations présentes et futures, sont reflétées dans le terme de développement durable⁷⁰. Ces dernières sont prises en considération grâce à :

- un progrès social qui reconnaît les besoins de chacun,
- une protection effective de l'environnement,
- un usage prudent des ressources naturelles, et
- au maintien de niveaux élevés et stables de croissance économique et de l'emploi.

En respectant ces principes, les objectifs de la politique énergétique se formulent comme suit :

- assurer la sécurité et la diversité des sources énergétiques au sein d'un marché compétitif,
- satisfaire les objectifs d'émissions au travers du développement des technologies énergétiques durables.

Pour répondre aux demandes de la société et assurer une position internationale forte dans les quarante prochaines années en matière d'énergie, les membres du sous-groupe soulignent qu'il convient de développer un cadre analytique stratégique de long terme incluant des considérations de développement durable. Ils souhaitent se focaliser sur les questions de R&D car il s'agit d'une étape nécessaire pour eux. L'objectif est alors d'identifier, dans le domaine de l'énergie, les technologies, les systèmes et les pratiques susceptibles de présenter pour les quarante prochaines années à la fois des opportunités et des obstacles pour le monde des affaires et la société. Ce sous-groupe vise à développer des éléments de consensus tant sur les questions clés auxquelles la Grande Bretagne est confrontée, que sur les exigences en matière de R&D qui prendront place dans le secteur énergétique.

Les membres des autres groupes de travail, ainsi que ceux de la société civile sont sollicités au travers du document de consultation pour répondre aux questions suivantes :

- a. Le sous-groupe « Futurs énergétiques » a-t-il identifié les bonnes questions technologiques et sociales ?
- b. Qu'ont-ils oublié ?
- c. Comment leurs conclusions peuvent-elles être améliorées ?

⁷⁰ *A better quality of life : a strategy for sustainable development for the united kingdom*, mai 1999.

Nous allons présenter le contenu de ce document de consultation. Une étude récente de la Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP)⁷¹ a été menée pour analyser les besoins technologiques pour lutter contre le réchauffement climatique. Le sous-groupe « Futurs énergétiques » vise à aborder le sujet sous un angle différent : il a adopté une approche complémentaire avec pour objectif d'élargir le débat aux questions de développement durable et d'éducation. Ceci est réalisé en utilisant un processus prospectif recourant à la méthode des scénarios développée dans le rapport *Environmental Futures* de l'exercice précédent de prospective (cf. 3.1.3.1.1.). Le sous-groupe produira ses propres recommandations après avoir pris en considération les réponses formulées au document de consultation que nous allons analyser.

Scénario 1 : les marchés mondiaux

Les membres du sous-groupe « Futurs énergétiques » ont complété le scénario tel qu'il a été décrit dans le 3.2.3.1.1. (cf. tableau 3.5) ; ils soulignent également que ce scénario semble réaliste. Ils s'accordent sur le fait que ni l'énergie nucléaire, ni les énergies renouvelables ne peuvent recevoir de l'attention dans une société internationale où seulement les facteurs économiques sont pris en compte. Cependant avec du temps et des conséquences environnementales sensibles, les méthodes de séquestration du carbone et d'échanges de quotas d'émissions seront demandées. En fait, ils se demandent si ce scénario pourra être durable dans le long terme, et s'il pourra à un moment y avoir des pressions provenant soit de la disponibilité à long terme des énergies fossiles, soit de leur prix. Ils pensent que les pressions environnementales pourront s'avérer une contrainte forte pour une telle société. La domination du gaz naturel devrait promouvoir une production d'électricité modulaire et distribuée. Les technologies pour un charbon propre pourraient être favorisées dans certains domaines. Comme les prix augmentent dans le temps, la production efficace et l'offre d'électricité aussi bien que son utilisation efficiente deviennent également significatives. Il y aurait des opportunités extérieures significatives pour le secteur du charbon anglais à fournir non seulement les technologies mais également l'expertise pour construire et favoriser la capacité des pays en développement à produire de l'électricité.

La transition vers l'hydrogène est considérée comme possible mais seulement dans le très long terme. Cette transition pourrait avoir lieu dans le secteur des transports. Le transport urbain utilisant des véhicules hybrides et électriques fait également partie de ce scénario.

Le sous-groupe pense qu'il est important de communiquer au public les effets d'un tel avenir sur l'environnement naturel. Ils identifient un besoin pour la recherche en sciences sociales sur les questions de perception du risque par le public, ainsi que sur l'influence que cela peut avoir sur les attitudes qui se rapportent à la durabilité. L'éducation a un rôle important à jouer dans la société pour favoriser l'acceptation et l'adaptation d'une culture orientée vers un développement plus durable.

⁷¹ Energy – *The Changing Climate* (Royal Commission on Environmental Pollution 22nd report, juin 2000).

Les questions de R&D impliquées par ce scénario sont les suivantes :

- Extraction améliorée d'énergies fossiles
- Efficacité plus grande de la technologie de production
- Efficacité plus grande de l'utilisation finale
- Technologie de charbon propre
- Séquestration du dioxyde de carbone
- Mécanismes pour faciliter l'échange de quotas d'émissions
- Technologie en matière de transport
- Réseau pour une distribution des systèmes énergétiques
- Offre d'un service plutôt que d'un bien pour le consommateur
- Investigation des sciences sociales sur le comportement et les attitudes
- Education pour promouvoir un développement durable.

Tableau 3.5. Caractéristiques générales du scénario « marchés mondiaux »

Secteur	Industrie	Services, commerce, public	Transport
Croissance économique (1)	Forte croissance Déplacement de l'industrie lourde vers l'industrie légère Commerce international en croissance.	Croissance substantielle du secteur des services et des finances.	Croissance économique élevée qui augmente la demande dans tous les secteurs de transport. Globalisation qui accroît les distances de transport de fret parcourues
Structure industrielle (2)	Forte valeur ajoutée Spécialisation régionale Produits pharmaceutiques, biotechnologie, TIC Industries transnationales et PME	Compagnies multinationales qui fournissent les marchés globaux. Compagnies plus petites se spécialisant dans certains créneaux.	Utilisation de la voiture augmentation, tout comme le train, le trafic aérien et maritime. Des investissements importants en matière d'infrastructure.
Politiques fiscales et de régulation (3)	Marchés libéralisés avec peu de réglementation. Concurrence et promotion de l'efficacité de l'utilisation des ressources. Recherche de taux de rendements élevés pour réduire les coûts élevés d'investissement	Marchés globaux libéralisés augmentent les opportunités mais également la concurrence. Rôle limité pour les politiques publiques et les institutions	Forces marchandes conduisant aux voyages meilleur marché. Quelques services d'intégration . Utilisation des péages
Prise de conscience environnementale (4)	Minimale	Environnement vu comme une ressource récréative à mettre en valeur pour les loisirs et le tourisme	Faible priorité accordée au bruit et à la pollution
Politiques environnementales locales (5)	Les déchets industriels affectant la qualité de l'eau peuvent fournir une opportunité pour la technologie environnementale et la biotechnologie. Les déchets sont un bien et les usines d'incinération sont implantées dans des zones industrielles ou pauvres	Peu de politique avec des impacts négligeables, surtout sur les firmes globales	Faible système de planification
Politiques environnementales globales (6)	Faible. Echanges de crédits d'émissions au niveau international et transferts de technologie	Inefficaces (sans résultat)	Faible élan pour contrôler l'impact environnemental
Consommation d'énergie (7)	En augmentation malgré le déclin de la plupart des industries intensives en énergie. Gaz naturel dominant	En augmentation	En augmentation
Sécurité (sûreté) énergétique (8)	Augmentation de l'extraction de ressources – opportunités pour l'exploration et l'industrie d'extraction	Impact sur le secteur limité aux opportunités en matière d'énergie	Un intérêt, surtout parce que le pétrole et le gaz sont influencés par la demande du marché mondial
Coûts énergétiques (9)	Faibles. Compétitivité plus importante qu'efficacité – pas de coûts fixes (taxes)	Faibles	Faibles
Changement technologique (10)	Rapide et innovant mais basé sur des objectifs marchands et de court terme	La transition vers une économie basée sur la connaissance et les services coïncide avec des innovations rapides dans les TIC qui vont révolutionner ce secteur	Matériaux de construction plus légers. Utilisation d'une technologie hybride et électrique dans les villes.

	Bâtiment	Agriculture	Production d'électricité	Aspects généraux
(1)	Croissance élevée et niveaux élevés de consommation. Expansion de l'industrie de la construction	Globalisation d'une agriculture industrialisée	Augmentation de la demande d'électricité malgré une industrie lourde en déclin. Déclin du nucléaire	Marginalisation du développement durable comme objectif politique. Valeurs marchandes dominantes pour une croissance économique maximum.
(2)	L'échelle de l'environnement urbain en augmentation. Ravalement des immeubles.	Taille des exploitations en augmentation mais reconversion importante de terres agricoles pour la construction de logements et des objectifs récréatifs. Marchés dominés par la grande distribution.	Mélange de grandes structures et de plus petites unités.	Les intérêts transnationaux créent des normes globales et l'adoption de la meilleure pratique internationale
(3)	Peu de réglementation. Recherche de rendements d'échelle élevés réduisant les investissements en capitaux	Agriculture libéralisée. Baisse des subventions.	Faible réglementation des marchés. Taux de profit élevés permettant de réduire les coûts d'investissement pour les grandes entreprises. Mise hors service de la capacité nucléaire remplacée par des options à meilleur marché	Politiques internationales. Pressions pour réduire les taxes. Peu de régulation. Pas de subventions ou de primes.
(4)	Environnement plaisant : un bien pour les riches	Environnement plaisant : un bien pour les riches	Aucun impact sur la production	Minimale, pour ne pas influencer le marché
(5)	Relâchement des contrôles de planification permettant une construction étendue. Perte de sites verts. Déchets des ménages en augmentation	Déchets agricoles posant des problèmes qui ne sont traités que s'ils affectent les riches, ou la santé publique	Pas significatif pour le secteur. Développement des usines d'incinération	Peu de politique au niveau local au delà de la revendication d'une qualité de vie par ceux qui influencent le marché. L'environnement local devient une autre marchandise parmi d'autres.
(6)	Peu d'effets sur le secteur	Peu d'effets sur le secteur	Utilisées pour augmenter le commerce en vendant des technologies de production et du savoir faire aux pays en développement au lieu de satisfaire les objectifs d'émissions.	Régime international pour le climat inefficace. Echange à grande échelle de quotas d'émissions
(7)	En augmentation avec la demande, malgré la construction de nouveaux logements économisant de l'énergie et ayant des services intégrés.	Une utilisation plus grande de la technologie et des distances de transport plus grandes conduiront à une augmentation progressive de l'utilisation d'énergie.	En augmentation, initialement à travers l'usage de gaz naturel. Par la suite, les technologies de charbon propre deviennent compétitives.	En augmentation, sans contrôle.
(8)	Aucun impact sur le secteur	Aucun impact sur le secteur	Exploitation d'une production basée sur les énergies fossiles. Pas d'élan pour les énergies renouvelables à usage non-économique.	Augmentation de l'exploitation des ressources.
(9)	Faibles	Faibles	Faibles	Question clé de la concurrence – pas de coûts ou de taxes imposés.
(10)	Adoption de nouvelles technologies, de nouveaux matériaux et de nouveaux processus de construction	De nouvelles technologies sont adoptées puisque l'agriculture s'industrialise	Rapide, innovant, modulaire, basé sur l'économie et sur la disponibilité des ressources	Rapide et innovant mais basé sur des objectifs marchands et de court-terme.

Scénario 2 : l'entreprise régionale

Les membres du sous-groupe « Futurs énergétiques » ont complété le scénario tel qu'il a été décrit dans le 3.2.3.1.1. (cf. tableau 3.6) ; ils considèrent ce scénario comme étant incapable de persister pour une période temporelle significative, ce dernier nécessiterait des changements importants pour être en vigueur. Néanmoins, ils soulignent que quelques éléments doivent être considérés comme plausibles et qu'ils méritent discussion. Ils mettent l'accent sur le fait que c'est le plus « négatif » des quatre scénarios. Les troubles sociaux potentiels ainsi que l'effritement inévitable des barrières commerciales constituent pour eux autant d'éléments qui alimentent l'instabilité de ce scénario. Dans le cadre de ce scénario, le développement d'une méthode de stockage de l'énergie à grande échelle est considéré comme étant plus importante que tout développement technologique pour les systèmes de production d'électricité. La priorité serait donnée au maintien et à la préservation des capacités existantes, incluant le nucléaire. Une recherche sur l'acceptabilité sociale du nucléaire doit être menée. Les questions de planification sont considérées comme posant problème pour l'implantation de tout nouveau site de production d'électricité, il faudrait associer des groupes de consommateurs et d'autres groupes locaux. Des recherches devraient être menées pour assurer l'auto-production d'électricité des villes. Quand les besoins augmentent, principalement dans des régions avec de faibles ressources énergétiques, il est envisagé d'utiliser la biomasse ou les déchets pour générer de l'électricité. Il faut donc accorder de l'attention au développement des marchés de biomasse ainsi qu'aux schémas permettant de transformer les déchets en énergie.

Aux yeux des membres du sous-groupe « Futurs énergétiques », les questions de R&D impliquées par le scénario en question sont les suivantes :

- Stockage de l'énergie à grande échelle
- Questions de réseaux pour des systèmes énergétiques mieux distribués
- Investigation des sciences sociales dans la résolution des difficultés de planification
- Utilisation de la biomasse et des déchets
- Education pour favoriser un développement durable.

Tableau 3.6. Caractéristiques générales du scénario « entreprise régionale »

Secteur	Industrie	Services, commerce, public	Transport
Croissance économique (1)	Faible croissance économique au niveau national et croissance internationale limitée dans un cadre de souveraineté isolée.	Déclin des services et des produits internationaux tels que la finance, mais création de monopoles nationaux et croissance des services rendus aux personnes aisées.	Chute de la croissance dans le secteur des transports avec le déclin de la croissance économique
Structure industrielle (2)	Protection de la capacité industrielle existante, créant des « champions nationaux » tels que les producteurs d'acier, de produits chimiques, de pesticides et de fertilisants. Déclin de l'industrie spécialisée au niveau global.	PME produisant des biens et services pour le marché national	Croissance ralentie de l'utilisation de voitures. La croissance du trafic aérien diminue. Transport de fret principalement par la route
Politiques fiscales et de régulation (3)	Politiques protectionnistes défendant les monopoles britanniques : secteur pharmaceutique, défense, électronique et médias. Indépendance économique préservée en empêchant l'accès aux investissements globaux de capital.	L'investissement est faible et se concentre sur les opportunités de petite échelle. Peu d'initiatives en matière de politique de finance publique. Politiques protectionnistes pour la sécurité nationale.	Protection de l'industrie existante mais de faibles investissements impliquent un marché automobile stagnant et composé de vieux véhicules polluants.
Prise de conscience environnementale (4)	Les individus veulent un air pur et un meilleur environnement urbain mais ceci est incompatible avec les pratiques entre les régions	Faible prise de conscience environnementale	Peu de valeur attachée à l'environnement
Politiques environnementales locales (5)	Toute action entreprise doit répondre à un problème local et à une mauvaise performance industrielle. Opportunités pour des mesures curatives et technologies propres. Pratiques d'incinération des déchets. Le dumping illégal est un problème important.	L'industrie n'est pas éco-efficace. Quelques services curatifs pour les problèmes environnementaux locaux	Protestations NIMBY inefficaces
Politiques environnementales globales (6)	Manque d'engagement et/ou coordination inefficace.	Pas d'engagement pour une pratique durable	Pas d'impact sur le secteur des transports
Consommation d'énergie (7)	En augmentation	En augmentation	Faible augmentation
Sécurité (sûreté) énergétique (8)	Energies fossiles mais de mauvaise qualité. La sensibilisation aux problèmes de rareté locale conduit à s'intéresser à des alternatives comme les bio-énergies	Energies fossiles	Dépendance plus forte vis-à-vis d'énergies locales
Coûts énergétiques (9)	Elevés. Pas de priorité accordée aux améliorations en terme d'efficacité, ni aux techniques productives moins chères à long terme	Elevés	Elevés
Changement technologique (10)	Innovation lente, faible investissement en R&D. Technologies à petite échelle dans le secteur des marchandises. Croissance de l'industrie de biotechnologie assurée en premier lieu plutôt par la connaissance scientifique que par l'investissement	Biotechnologie. Technologies de l'information (TI) dans une moindre mesure	Manque d'investissement exclut la plupart des développements dans la technologie ou l'efficacité

	Bâtiment	Agriculture	Production d'électricité	Aspects généraux
(1)	Faible croissance de la construction	Intensification de l'agriculture	Faible croissance économique due aux manques de capitaux. Pas de construction significative de nouvelles usines	Faible croissance économique avec aucune coordination au delà du niveau national
(2)	Construction et amélioration des domaines urbains existants	Exploitation intensive de l'agriculture avec une diversification plus grande pour satisfaire les demandes locales	Production d'électricité pour répondre aux besoins utilitaires	Mesure de protection économique pour soutenir la structure nationale existante
(3)	Manque d'investissements dans la construction et l'infrastructure	Protection du marché agricole	Faibles niveaux d'investissement. Protection de ce secteur	Valeurs marchandes co-existent avec une économie locale soutenue. Utilisation de barrières tarifaires et non-tarifaires. Restrictions quant à la disponibilité du capital au niveau global. Manque généralisé d'investissements.
(4)	Faible valeur placée sur l'environnement	Faible valeur placée sur l'environnement	Aucun impact sur la production d'électricité	Estimation pour l'environnement minimale par manque d'expérience et d'accès
(5)	Peu d'adaptation aux bâtiments ou aux autres réglementations	Agriculteur principalement influencé par la grande distribution au détriment de la vie des animaux sauvages	Problèmes environnementaux causés par les vieilles usines ne sont pas abordés par manque de volonté politique	Planification et réglementation appuyant les exigences locales pour l'emploi et la croissance économique
(6)	Peu d'effet sur le secteur	Peu d'effet sur le secteur	Croissance économique faible est plus significative que tout accord international.	Intérêts nationaux affaiblissent un régime pour le climat déjà inefficace
(7)	En augmentation. Manque de matériaux ou d'opérations économisant l'énergie	En augmentation	En augmentation. L'efficacité énergétique n'est pas prise en considération. Les bio-énergies peuvent être considérées	En hausse. Utilisation de stratégies pour augmenter la durée de vie de l'équipement actuel.
(8)	Aucun impact sur le secteur	Aucun impact sur le secteur	Offre abondante d'énergies fossiles. Priorité donnée à la préservation des stations d'électricité existantes	Satisfait par des sources énergétiques locales sans prendre en considération les émissions
(9)	Elevés	Elevés	Elevés. Production d'électricité nucléaire et à base de charbon dominante	Coûts énergétiques élevés. Manque d'exploitation des coûts énergétiques plus faibles, provenant de nouvelles technologies, dû à l'absence d'investissement en capital élevé.
(10)	Accent mis sur la rénovation et la réutilisation	Peu de changement technologique dans ce secteur	Limité à l'accroissement de la durée de vie de la capacité de production d'électricité existante	Changement technologique lent sans capital ou demande.

Scénario 3 : Durabilité globale

Les membres du sous-groupe « Futurs énergétiques » ont complété le scénario tel qu'il a été décrit dans le 3.2.3.1.1. (cf. tableau 3.7) ; ils soulignent que le développement d'un fort partenariat entre le gouvernement et l'industrie est considéré comme essentiel pour permettre la coopération nécessaire à la production d'un consensus. Il faudrait une compréhension complète de la dynamique des marchés pour stimuler le développement de mécanismes facilitant l'investissement de long terme dans la recherche d'efficacité et la R&D. Plusieurs années de communication, l'éducation et une complète compréhension des besoins du public et des comportements sont nécessaires pour que la société internalise les coûts associés à toute conversion énergétique. Dans une société informée et sensible aux questions environnementales, la reprise du nucléaire pourrait être consécutive à la résolution des questions de sûreté et de gestion des déchets. Cela impliquerait non seulement l'adoption de solutions techniques, mais également l'acceptabilité des risques par le public. Comme avec les scénarios précédents, l'éducation joue un rôle pivot.

Pour les membres du sous-groupe « Futurs énergétiques », les questions de R&D impliquées par ce scénario sont les suivantes :

- Développement de la capacité technologique et des possibilités de stockage
- Conversion énergétique (énergie éolienne, marémotrice...)
- Efficacité plus grande de la technologie et de l'utilisation finale
- Technologie en matière de transport
- Technologie de charbon propre et séquestration conséquente
- Questions de réseau pour des systèmes de distribution de l'énergie
- Fourniture d'une service intégré pour le consommateur plutôt que d'un bien
- Facilités réglementaires pour l'investissement dans l'efficacité énergétique et les mesures de réduction
- Familiarisation avec les futurs marchés d'exportation
- Recherches sur l'acceptabilité sociale des ressources renouvelables et du nucléaire à grande échelle
- Recherche pour étudier les effets d'une politique sur le comportement public
- Education pour promouvoir une compréhension du développement durable
- Développement d'infrastructures en faveur de l'hydrogène.

Tableau 3.7. Caractéristiques générales du scénario « durabilité globale »

Secteur	Industrie	Services, commerce, public	Transport
Croissance économique (1)	Croissance élevée mais durable et cordonnée au niveau international. Biens et services éco-efficaces en augmentation. Opportunité de rattrapage pour certains pays en développement.	Niveau élevé de croissance durable à un niveau tant national qu'international. Croissance la plus élevée dans des secteurs fournissant des biens et des services éco-efficaces.	Croissance durable et équitable ayant un impact important sur les transports. Voyages intégrés à la fois au niveau national et international.
Structure industrielle (2)	Partenariat entre le gouvernement et l'industrie. Marché global étendu pour l'énergie solaire à partir de 2010. Accent mis sur la fourniture de service plutôt que de biens.	Offre accrue de services par rapport aux biens. Pénétration rapide de nouveaux services éco-efficaces et de grande qualité.	Investissement important dans les transports publics. Le transport de fret s'effectue par voies ferroviaire et maritime.
Politiques fiscales et de réglementation (3)	Faibles taux d'intérêt, niveau élevé d'investissement. Bénéfices socio-économiques à long terme. Primes gouvernementales pour intégrer les services énergétiques.	Niveaux élevés d'investissement dans des projets de long terme. Réglementation visant à minimiser les déchets. Instruments fiscaux nationaux utilisés pour satisfaire les accords globaux	Réglementations et primes utilisées pour changer les comportements. Accords internationaux avec les industriels s'avèrent efficaces. La plupart des investissements s'orientent vers les nouvelles technologies.
Prise de conscience environnementale (4)	Priorités environnementales idéologiques, pratiques et immédiates.	Conservation de l'environnement au travers de l'efficacité des ressources et de la réduction des déchets.	Les « meilleures » solutions environnementales sont adoptées.
Politiques environnementales locales (5)	Réduire les emballages et favoriser le recyclage et la récupération de déchets.	Programmes de recyclage et de récupération au niveau local.	Contrôlées par les accords globaux.
Politiques environnementales globales (6)	Taxes et réglementations utilisées pour satisfaire les objectifs des protocoles.	Accords globaux forts satisfaits par une mise en application de pratiques éco-efficaces du gouvernement local.	Les objectifs globaux d'émissions favorisent l'innovation.
Consommation d'énergie (7)	Consommation en hausse. Gaz naturel dominant jusqu'en 2010, puis ressources renouvelables. Renouveau du nucléaire dès 2015.	En augmentation.	En augmentation.
Sécurité (sûreté) énergétique (8)	Des marchés globaux existent avec une offre d'infrastructures pour assurer l'équité	Partage des ressources, utilisation de ressources renouvelables et mise en place de services basés sur l'hydrogène.	Partage plus grand des ressources au sein des régimes d'échange.
Coûts énergétiques (9)	Coût final pour les utilisateurs élevé. Contrôle environnemental, efficacité et utilisation durable de l'énergie sont prioritaires.	Coûts énergétiques élevés pour protéger l'environnement conduisant à des coûts de production de biens et de services plus élevés.	Elevés.
Changement technologique (10)	Techniques réduisant l'utilisation de produits chimiques.	Croissance technologique importante. Les meilleurs technologies disponibles sont adoptées.	Elan rapide en faveur des technologies à faibles émissions et des technologies vertes pour les véhicules.

	Bâtiment	Agriculture	Production d'électricité	Aspects généraux
(1)	Développement durable de la construction. Utilisation accentuée des sites souterrains.	Développement durable de l'agriculture. Diminution de l'utilisation de terres pour l'agriculture. Déclin des cheptels.	Accent mis sur la croissance durable provoquant des développements substantiels dans ce secteur. Les secteurs en croissance comprennent ceux basés sur des ressources renouvelables et l'hydrogène.	Prise en compte d'indicateurs et de valeurs écologiques et sociaux, i.e. d'autres facteurs que le PIB.
(2)	Changement rapide du stock d'immeubles. Nouvelles constructions plus efficaces du point de vue énergétique avec des durées de vie courtes. Développement de systèmes de chauffage avec les réseaux d'offre de gaz.	L'agriculture fournit les principales chaînes de marque et de distribution.	Croissance des usines de production à petite échelle.	Constitution d'une organisation mondiale de l'environnement et création de régimes forts.
(3)	Niveaux élevés d'investissement pour des mesures de restructuration et d'efficacité énergétique.	Politique agricole commune aide la gestion durable des aménagements ruraux	Taux d'intérêts faibles qui favorisent les investissements de long terme. La politique économique est utilisée pour favoriser l'introduction des systèmes de production d'électricité basés sur des énergies renouvelables.	Coordination internationale pour soutenir la durabilité et l'équité. Investissement considérable pour établir l'éco-efficacité. Soutien des technologies de transformation/conversion en énergies renouvelables.
(4)	Les priorités environnementales influencent les politiques de construction.	Les priorités environnementales influencent la politique agricole.	Facteur clé de changement.	Préservation et restauration de l'environnement : une priorité clé.
(5)	Systèmes de contrôles de la planification pour protéger une ceinture verte. Subventions et primes pour l'installation de matériels et d'équipements permettant d'économiser l'énergie	Subventions aux agriculteurs qui assurent un développement durable.	Encouragement de la responsabilité individuelle grâce au lien entre réduction de la pollution et accès à la campagne et aux biens environnementaux.	Contrôles environnementaux stricts mis en place.
(6)	Politiques environnementales internationales pour la promotion de priorités d'efficacité énergétique et d'énergies propres dans ce secteur.	Politiques environnementales internationales pour la promotion de priorités d'efficacité énergétique et d'énergies propres dans ce secteur.	Exigences pour réduire les émissions de carbone contribuant à changer le choix technologique	Accords pour réduire les émissions de carbone. Investissements directs et indirects, subventions, taxes et politiques incitatives.
(7)	En augmentation.	En augmentation.	La consommation augmente mais à partir de sources ou de technologies efficaces et propres.	Les primes en matière de réglementation fournissent une motivation pour satisfaire une demande croissante au travers de l'efficacité énergétique.
(8)	Pas d'intérêt pour la sûreté énergétique	Pas d'intérêt pour la sûreté énergétique	Limite possible à la croissance des énergies renouvelables du fait de leur disponibilité.	Partage de l'énergie sur une base équitable par l'investissement d'infrastructures et les transferts de technologie pour les pays en développement
(9)	Elevés du fait des contrôles environnementaux et de formes de coûts énergétiques plus élevés.	Elevés.	Prix élevés car les questions environnementales sont prioritaires par rapport à la compétitivité économique.	La production éco-efficace utilisant des sources plus propres ou alternatives ou encore la taxe carbone sur la production de vieilles usines impliquent des coûts énergétiques élevés.
(10)	Adoption des meilleures technologies et pratiques environnementales disponibles	Changements rapides des pratiques agricoles. Reforestation significative.	Croissance technologique forte de la production et de la consommation propres à faible input, à la fois dans les systèmes basés sur les énergies renouvelables et fossiles.	Faibles niveaux de taux d'intérêt encouragent l'investissement dans toutes les techniques de production propre et les améliorations en terme d'efficacité.

Scénario 4 : Intendance locale

Les membres du sous-groupe « Futurs énergétiques » ont complété le scénario tel qu'il a été décrit dans le 3.2.3.1.1. (cf. tableau 3.8) ; ils soulignent qu'il est difficile d'envisager cette situation localisée, ainsi que son maintien dans une longue période de temps. L'utilisation d'un ensemble aussi large de technologies à une échelle si petite nécessite un investissement global plus important et cela implique que les systèmes de transmission actuels soient au moins partiellement abandonnés. Ils insistent sur le fait qu'il s'agit du seul scénario dans lequel la consommation d'énergie baisse. Avec une telle dépendance vis-à-vis de ressources locales à petite échelle, l'optimisation du système et l'efficacité énergétique constituent des priorités. L'adoption élargie de la réutilisation et du recyclage ainsi qu'une réduction volontaire des transports sont les changements principaux de comportement qui ne peuvent survenir qu'au travers d'une campagne de long terme et effective pour changer les attitudes de la société.

Pour les membres du sous-groupe « Futurs énergétiques », les questions de R&D impliquées par ce scénario sont les suivantes :

- Développement d'un ensemble complet de technologies de conversion à petite échelle
- Développement de l'aptitude à stocker de l'énergie
- Efficacité plus grande de la technologie de production d'électricité
- Technologie en matière de transport
- Efficacité accrue de l'utilisation finale
- Technologie de charbon propre et contrôle environnemental
- Mécanismes pour faciliter les échanges de quotas d'émissions
- Intérêts pour la stabilité des réseaux
- Recherche dans le comportement social, les dynamiques de marché et les coûts le long du cycle de vie.

Tableau 3.8. Caractéristiques générales du scénario « intendance locale »

Secteur	Industrie	Services, commerce, public	Transport
Croissance économique (1)	Faible croissance économique, déterminée par des conditions locales avec peu de considération accordée aux marchés internationaux.	Baisse de la demande pour les services de vente au détail. Offre publique accrue d'éducation, de santé et de services sociaux.	Impact de la faible croissance sur le secteur des transports. Baisse du fret au niveau international.
Structure industrielle (2)	« Champions nationaux » dans le secteur énergétique et des communications. Croissance de la production durable à petite échelle et des services locaux. De nouveaux processus tendent à être modulaires et intensifs tout en utilisant les TI et la biotechnologie.	Services financiers et de qualité au niveau local. Heures de travail échelonnées pour réduire les pics de demande d'énergie.	Co-voiturage, livraison à domicile et autres mesures utilisées pour réduire l'utilisation individuelle de la voiture. Utilisation accrue des systèmes de transit de masse.
Politiques fiscales et de régulation (3)	Institutions politiques et économiques internationales perçues comme étant inefficaces. Fonds publics pour favoriser la science et l'ingénierie satisfaisant les besoins au niveau local. Faible investissement, mais volonté d'investir dans des projets à faible taux de profit.	Encouragement de la participation, de la responsabilité individuelle et des réglementations. Peu d'investissement en faveur des PME.	Réglementation remplacée par la gouvernance des stakeholders. Investissement relativement faible.
Prise de conscience environnementale (4)	Objectifs environnementaux pour améliorer la qualité de la vie.	Prise de conscience environnementale influence toutes les décisions des consommateurs.	Intérêt prononcé pour l'information environnementale.
Politiques environnementales locales (5)	Contrôles de réglementation en matière de pratique de tarifs verts. Qualité environnementale relevant de ressources et d'aptitudes régionales.	Efficacité énergétique des modes d'utilisation et des matériaux de construction pour les immeubles. Energies solaires pour les hôpitaux et les écoles.	Diminution de la circulation au bénéfice de l'environnement local. Programmes locaux soutenus par le gouvernement régional.
Politiques environnementales globales (6)	Réponse fragmentaire aux problèmes environnementaux. Défaillance des accords globaux quand ils entrent en conflit avec les questions de durabilité locale.	Pas significatives.	Le transport et ses effets sont considérés comme une question locale. Interférence avec l'échelon international mal perçue.
Consommation d'énergie (7)	Baisse de la demande. Exploitation de toutes les ressources locales, aussi bien renouvelables que fossiles.	Moins de demande et des pratiques énergétiques efficaces impliquent une baisse de la consommation.	En baisse
Sécurité (sûreté) énergétique (8)	Indépendance énergétique assurée par l'utilisation de toutes les sources énergétiques disponibles. Si nécessaire, utilisation onéreuse du nucléaire à petite échelle.	La sûreté énergétique est un facteur clé pour expliquer la baisse de la consommation ainsi que le désir d'avoir des pratiques et des services respectueux de l'environnement.	Indépendance importante et conservation des ressources.
Coûts énergétiques (9)	Des coûts énergétiques élevés rendent nécessaire l'efficacité énergétique et découragent la consommation.	Des coûts énergétiques élevés ont moins d'impact sur ce secteur qui n'est pas très intensif.	Très élevés car les coûts environnementaux sont internalisés.
Changement technologique (10)	Technologies clés sont : les énergies renouvelables (le vent, la biomasse) et la photopile. Moyens de transports basés sur des technologies alternatives	Potentiel substantiel et fonds publics pour pourvoir aux besoins locaux en matière énergétique, de nourriture et de services environnementaux.	Energies hybrides et électrification des systèmes de transport de masse essentiels.

	Bâtiment	Agriculture	Production d'électricité	Aspects généraux
(1)	Faible croissance et développement à petite échelle de la construction au niveau local.	Soutien pour la protection de l'agriculture.	Faible croissance économique mais utilisation accrue d'énergies renouvelables comme le vent, la biomasse et la photopile. Développement d'infrastructures alternatives pour satisfaire les besoins d'un développement à petite échelle.	Faible croissance économique. Equité de long terme et intégration sociale.
(2)	Maintien des immeubles traditionnels avec un investissement en infrastructure pour promouvoir l'utilisation efficace des ressources locales.	Utilisation de pratiques agricoles traditionnelles. Les distributeurs utilisent les producteurs locaux.	Diverses technologies de transformation énergétique utilisées dans des réseaux de distribution. Exploitation d'énergies fossiles, renouvelables et du nucléaire.	Structure diffuse de gouvernance
(3)	Contrôles de réglementation et tarifs verts influencent l'utilisation de l'énergie.	L'agriculture est fortement subventionnée.	Faibles niveaux d'investissement mais fonds publics pour les besoins de long terme. Acceptation d'un coût élevé pour préserver l'indépendance nationale.	Fonds publics pour la R&D. Tarifs énergétiques verts. Petits générateurs ayant accès au réseau électrique national via des tarifs non discriminants.
(4)	L'impact environnemental de l'ensemble des constructions est pris en considération.	L'agriculture tient compte d'objectifs environnementaux de long terme.	Conservation de l'environnement : une question clé.	La durabilité de l'environnement pour la communauté est considérée comme étant essentielle.
(5)	Réglementations utilisées pour préserver l'environnement local. Les autorités locales gèrent les programmes de recyclage.	Planification préservant les terres pour l'agriculture. Préservation de la campagne.	Normes élevées de contrôle environnemental sur les technologies de production au niveau local.	Utilisation des ressources locales soutenue par la réglementation. Gestion de la demande et éthique du consommateur.
(6)	Quelques objectifs internationaux remplis par défaut car les besoins locaux remplacent toute considération globale.	La production alimentaire prend le pas sur les accords globaux.	Conception d'accords globaux mais non mis en œuvre car les intérêts locaux sont prioritaires.	Le résultat du manque de coordination est la non réalisation des objectifs globaux. Accent mis sur les mesures locales.
(7)	Baisse de la consommation d'énergie avec l'adoption importante de mesures efficaces du point de vue énergétique.	Méthodes agricoles à faible consommation énergétique mais un nombre croissant de petites exploitations vise à satisfaire la demande.	Baisse de la consommation.	Utilisation de l'énergie découragée par des prix élevés, l'opinion publique et les intérêts nationaux.
(8)	Diverses options à petite échelle pour la transformation d'énergie exploitée afin de satisfaire les besoins au niveau local.	Subventions pour maintenir la sécurité alimentaire.	Indépendance maintenue par l'exploitation de toutes les ressources énergétiques locales disponibles.	Exploitation des ressources énergétiques locales au travers de l'investissement dans des technologies de petite échelle. Subventions pour protéger les combustibles locaux.
(9)	Utilisation d'énergie alternative et production à petite échelle impliquent des coûts énergétiques élevés.	Coûts élevés.	Prix élevés considérés comme étant acceptables pour préserver l'auto-suffisance.	Systèmes intensifs en capital et technologies de réduction des émissions impliquent des coûts énergétiques élevés.
(10)	Lentes améliorations. Quelques investissements technologiques à petite échelle.	Investissement considérable dans les technologies agricoles pour satisfaire les besoins locaux.	Développements technologiques influencés par les ressources et les aptitudes régionales.	Développements technologiques influencés par les ressources et les aptitudes régionales. Gestion et contrôle des émissions quand les mécanismes de production propre ne sont pas mis en pratique.

Les membres du sous-groupe « Futurs énergétiques » résument par la suite les questions sous-jacentes à cet exercice de scénario pour la R&D (cf. encadré 3.7). Ils commencent par celles qui ont l'application la plus large et terminent par celles qui ne sont considérées comme pertinentes que dans un nombre plus limité de scénario. Deux thèmes particuliers, la remise en service et le redéploiement des technologies disponibles, ne proviennent pas directement des scénarios mais sont associées à leur évolution.

ENCADRÉ 3.7. LES DÉFIS EN TERMES DE R&D DE L'ANALYSE DE L'ENSEMBLE DES SCÉNARIOS

- Questions de réseaux pour la distribution d'énergie
- Développement de technologie de production d'électricité plus durable qu'elle soit conventionnelle, renouvelable ou nucléaire
- Efficacité étendue d'une technologie de production d'électricité incluant la co-génération
- Efficacité étendue d'une technologie à usage final
- Technologie en matière de transport
- Biomasse et utilisation de déchets
- Stockage de l'énergie à grande échelle
- Remise en service des équipements et des infrastructures
- Redéploiement des technologies existantes
- Investigation des sciences sociales en matière de comportement social et d'attitudes quant à l'utilisation d'énergies
- Education pour favoriser la compréhension du développement durable
- Mécanismes pour faciliter l'échange de quotas d'émissions
- Séquestration de dioxyde de carbone
- Mécanismes de réglementation et aides pour l'investissement dans l'efficacité énergétique et les mesures de réduction
- Extraction améliorée des énergies fossiles (conventionnelles et non-conventionnelles)

Pour ces membres, la plupart de ces besoins sont bien connus et certains sont actuellement plus ou moins bien traités. Néanmoins, ils soulignent la nécessité de mettre plus l'accent sur les questions d'infrastructure générale et de systèmes. Ils justifient leur point de vue de la manière suivante : aujourd'hui, il est communément accepté qu'un système construit à partir d'usines de production d'électricité à grande échelle ne sera pas forcément plus efficace que celui basé sur un nombre plus grand de petites unités utilisant différentes technologies. Cependant,

l'infrastructure en place n'a pas été conçue en tenant compte de cette possibilité, car ce n'était pas le point de vue dominant sous-jacent à la planification et au développement de ce système. Le même type d'analyse s'applique aux problèmes de carburants. Tous les scénarios anticipent, dans une plus ou moins grande mesure, la nécessité, dans les quarante prochaines années, de substituer les produits pétroliers conventionnels par d'autres carburants dans le secteur des transports. Toutefois, il existe une diversité de possibilités. Trois d'entre elles sont le méthane, le méthanol ou l'hydrogène. Chacune nécessite une infrastructure différente et il est improbable que plusieurs seront développées en complément des réseaux actuels.

Les membres posent ensuite les questions suivantes dans le cadre de l'exercice de consultation (cf. encadré 3.8).

ENCADRÉ 3.8. LES QUESTIONS POSÉES LORS DE L'EXERCICE DE CONSULTATION

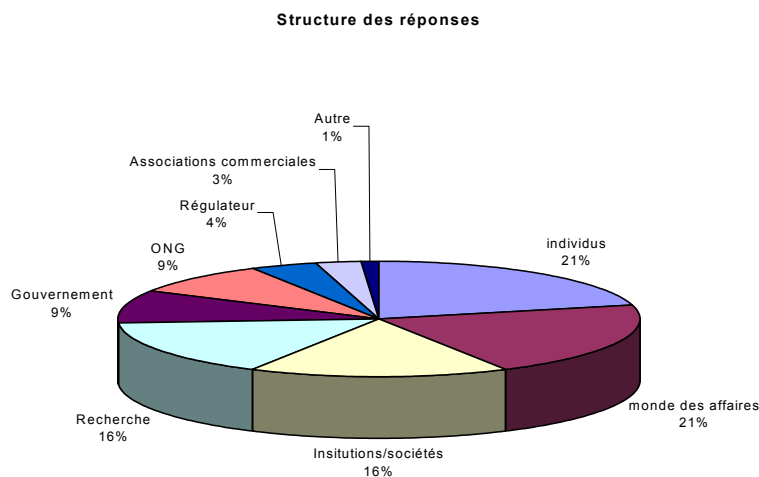
- Etes-vous d'accord avec le fait que ce sont les principaux défis en matière de R&D pour l'avenir ? Qu'avons-nous oublié ? Que considérez-vous comme étant le plus important ?
- Quels sont ceux les plus significatifs pour l'application de l'actuel « savoir-faire » en Grande Bretagne ?
- Dans quels domaines la Grande Bretagne est-elle le plus en avance ?
- Quelles actions entreprendre pour maintenir les positions dominantes éventuelles ?
- Dans quels secteurs la Grande Bretagne est-elle derrière les principaux concurrents ?
- Quelles sont les étapes nécessaires pour corriger cette situation ?
- Quels sont les rôles et les responsabilités respectifs du gouvernement, du monde des affaires, du secteur académique et du public en général pour relever ces défis ?

Le sous-groupe développera son plan d'action prospectif à la lumière des réponses reçues à partir de ce document et lors de prochains séminaires et de workshops. Un rapport final sera disponible d'ici fin 2001.

3.2.3.2. Les recommandations du groupe de travail Energie et Environnement Naturel (EEN)

On l'a vu, ce groupe de travail EEN a mis à disposition un document de consultation, *A way to go*, sur le site internet en juin 2000. Par la suite, l'exercice de consultation (séminaires, *workshops*...) a impliqué des membres de la société civile (cf. figure 3.8). A l'issue de cet exercice de consultation a été publié un rapport en décembre 2000, *Stepping Stones to Sustainability*, qui offre un ensemble de recommandations. C'est ce rapport que nous allons présenter dans ce qui suit.

Figure 3.8. La structure des réponses des différents membres de la société civile à l'exercice de consultation de l'EEN



Le rapport *Stepping Stones to Sustainability* comporte quatre parties : une sur les défis et oopportunités, une sur le domaine d'application, une sur le dépassement des limites pour une application et un développement réussis, et la dernière sur les recommandations à proprement parler.

3.2.3.2.1. Les défis et les opportunités

Sont présentées quelques statistiques :

- Avec les tendances actuelles, 2 personnes sur trois dans le monde souffrira de pénurie d'eau⁷².
- La demande d'énergie primaire en Asie va doubler tous les 12 ans alors que la moyenne mondiale est de 28 ans⁷³.
- Il faut réduire par dix la consommation de ressources dans les pays industrialisés pour permettre aux pays en développement d'avoir accès à long terme aux ressources adéquates⁷⁴.
- Entre 1990 et 2025, le nombre de personnes vivant dans les zones urbaines doit doubler pour atteindre plus de 5 billions⁷⁵.
- L'agriculture est responsable de 70% de la consommation totale d'eau. Les Nations Unies prévoient une augmentation de 50% à 100% de l'irrigation d'ici 2025⁷⁶.

Ces statistiques ne constituent qu'une illustration de l'échelle et de la nature des défis auxquels les consommateurs, les industriels, les gouvernements... sont confrontés. La demande d'énergie et les pressions exercées sur l'environnement sont croissantes. Il faut un changement radical plutôt qu'une amélioration progressive. Par exemple, la *Royal Commission on Environmental Pollution* a confirmé récemment la nécessité de réduire les émissions de CO2 de 60% d'ici 2050.⁷⁷ A titre illustratif, ne plus utiliser d'énergies fossiles dans les transports nécessite un changement non seulement des technologies d'ingénierie mais également des structures d'offres énergétiques. Etant donné la dimension du changement nécessaire, il est improbable de l'opérer en une seule étape. Il existe des technologies, des techniques et des approches qui peuvent aider la décision dès aujourd'hui. L'action immédiate doit offrir un « répit » pour préparer des changements plus importants. En même temps, il faut développer la R&D nécessaire pour franchir les prochaines étapes. Il convient d'adopter des perspectives de moyen et de long termes pour rendre possible l'application de différentes mesures. Par voie de conséquence, il convient d'adopter une démarche en plusieurs étapes pour atteindre des trajectoires de durabilité. Ces dernières sont indiquées dans la figure ci-dessous :

⁷² *United Nations Environment Programme, Global Environmental Outlook 2000, Nairobi, 1999.*

⁷³ *United Nations Environment Programme, Global Environmental Outlook 2000, Nairobi, 1999.*

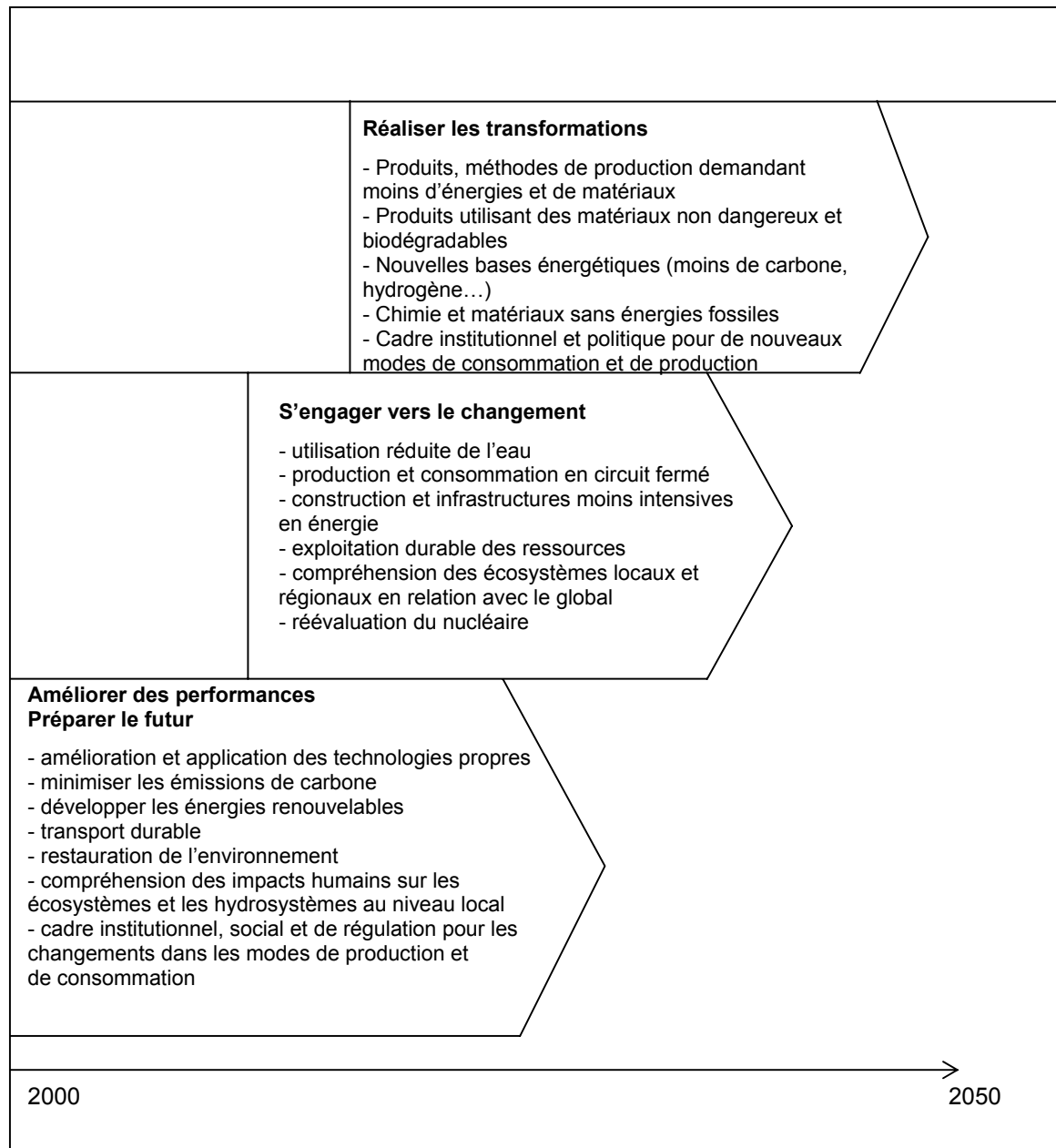
⁷⁴ *United Nations Environment Programme, Global Environmental Outlook 2000, Nairobi, 1999.*

⁷⁵ *United Nations Population Division, World Urbanisation Prospects (1996 revision). New York, 1996.*

⁷⁶ *World Resources Institute, Freshwater Data Tables, WRI, Washington DC, 2000.*

⁷⁷ *Energy – The Changing Climate, Royal Commission on Environmental Pollution Twenty-Second Report, juin 2000.*

Figure 3.9. Questions et thèmes de R&D pour l'énergie et l'environnement naturel – les étapes d'application



3.2.3.2.2. Le domaine d'application

La demande d'énergie, de ressources naturelles et la qualité de l'environnement sont autant d'éléments fondamentaux pour la structure économique et industrielle. Les réponses aux défis

précédents doivent aller au delà d'une meilleure gestion des ressources naturelles et de l'environnement. Elles auront des impacts non seulement pour les secteurs énergétiques et environnementaux mais également pour tous les secteurs de l'économie ainsi que pour tous les comportements sociaux et industriels au sens large.

Une réponse principale doit être le développement et l'utilisation de produits, de technologies et de techniques qui requièrent de manière significative moins de ressources et d'énergie. Plusieurs secteurs et disciplines sont impliqués. En même temps il sera nécessaire de comprendre les attitudes, les modes de consommation et le comportement puisqu'ils constituent un pré-requis important pour le succès des nouvelles approches, de même que la politique publique et le cadre de réglementation.

Formuler des réponses pour des secteurs multiples signifie l'amélioration de notre compréhension et le développement de réponses dans ces trois domaines :

Changements économiques et sociaux

Comportement institutionnel et individuel

Le développement actuel et futur implique une demande d'énergie, de ressources naturelles et l'utilisation de l'environnement. Il faut prendre en considération les effets de ces demandes sur l'environnement naturel.

Comment aider la société à adapter ses comportements et ses modes de consommation de telle sorte qu'ils soient compatibles avec les capacités de l'environnement naturel ?

Ressources naturelles et environnement

Déterminer les manières par lesquelles l'environnement et les ressources peuvent être restaurés.

Déterminer les capacités de l'environnement à satisfaire un niveau différent de croissance et à amortir le changement futur.

Comment gérer les ressources naturelles et l'environnement pour satisfaire les besoins et les intérêts de la société tout en s'assurant de la durabilité pour les générations futures ?

Le design, la production et l'utilisation de biens et services

Comment fournir l'énergie et les ressources nécessaires dans un monde en pleine croissance ?

Comment concevoir et produire des biens, des services et de la nourriture qui satisfassent les aspirations de la société globale tout en maintenant la capacité de l'environnement à se renouveler ?

Les questions clés devant attirer l'attention sont mentionnées ci-dessus. Plus de détails figurent en annexe 1A.

Les enjeux sont globaux. Même s'il est important de développer les approches et les biens adéquats pour les marchés britanniques, ce sont les marchés internationaux qui offrent le plus d'opportunités. A titre d'exemple, le marché mondial des biens et des services environnementaux équivaldrait à 1,000 billion de livres en 2010⁷⁸. L'application potentielle du mécanisme de développement propre et de la mise en œuvre conjointe issue du protocole de Kyoto souligne l'étendue pour une coopération internationale, une application et des marchés globaux pour des technologies propres de toute sorte.

Ces applications doivent s'effectuer à un niveau mondial. Il faut s'assurer que les activités de R&D, les structures de réglementation de l'industrie correspondent aux besoins et aux opportunités de marchés globaux.

Tableau 3.9. Exemples de défis et d'opportunités

<i>Pays à industrialisation rapide (Inde ou Chine)</i>	
- Développement industriel - Acier industriel et Chimie	- Processus d'industrialisation propre - Technologie de charbon propre - Energie renouvelable
<i>Villes à croissance rapide (Sud Est asiatique ou Amérique latine)</i>	
- Développement des villes principales	- Techniques et conceptions de construction moins intensives en énergie - Transport intégré
<i>Pressions mondiales sur l'eau</i>	
- Demande d'eau accrue pour l'agriculture, l'industrie et l'usage domestique	- Réduction des déchets, gestion de la demande - Méthodes d'agriculture durable, nouvelles récoltes utilisant moins d'eau, réduction des pollutions d'eaux souterraines
<i>Emissions mondiales de CO2</i>	
- Demandes énergétiques en augmentation - Utilisation plus grande de matières premières - Accroissement de la production et de la consommation	- Changements par étapes pour l'adoption de nouvelles énergies - Changement par étapes pour utiliser moins de ressources - Production et consommation en circuit fermé - Développement de matériaux moins dangereux, de processus réduisant les déchets et les dommages en termes de biodiversité et de santé.

⁷⁸ OCDE 1996, *The global environmental Goods and Services Industry*.

3.2.3.2.3. Le dépassement des limites pour une application et un développement réussis

La Grande-Bretagne bénéficie d'une base scientifique et d'ingénierie importante. Le développement et l'application de ce savoir faire sont insuffisants. Par ailleurs l'environnement et l'énergie posent des difficultés particulières :

- Les réponses aux problèmes doivent concerner plusieurs secteurs de l'économie. Traiter du problème des pressions en eau concerne non seulement le secteur de la gestion en eau mais également le développement de techniques agricoles moins consommatrices d'eau, le développement de récoltes nécessitant peu d'eau, et des méthodes d'industrialisation économes en eau.
- Les techniques et les approches se doivent non seulement d'être trans-sectorielles mais également multidisciplinaires. Le livre blanc, *Excellence and Opportunity*, reconnaît « qu'il existe plusieurs échecs pour établir des relations et des liens qui rassemblent les chercheurs privés, publics et les industriels ». Ceci est particulièrement le cas dans les domaines de l'énergie et de l'environnement. Il est difficile de promouvoir le travail interdisciplinaire. Il existe peu de forums de dialogue regroupant diverses disciplines et peu de nouveaux domaines d'application (*i.e.* l'application de NTIC et de la biotechnologie pour économiser de l'énergie ou pour développer des processus bénins pour l'environnement), ce qui rend difficile la reconnaissance des potentiels offerts pour une application généralisée des approches.
- Il n'existe pas de structures institutionnelles évidentes au sein desquelles les besoins et les résultats de nouveaux développements dans ces domaines sont mis en valeur. De même, les connections entre différents secteurs industriels, les institutions de recherche, les sociétés professionnelles, le gouvernement et les régulateurs sont insuffisantes.
- Il est souvent suggéré que la R&D pour des approches plus durables écologiquement doit être intégrée dans des activités et des stratégies toutes disciplines confondues ainsi que dans plusieurs secteurs. Alors que cela est vrai en principe, cette approche débouche sur des recommandations en faveur de technologies plus propres et les questions de durabilité reçoivent moins d'attention que nécessaire car elles ne sont pas intégrées dans les structures traditionnelles et elles ne sont pas assez mises en valeur.
- Les consommateurs, les politiciens, les politiques publiques et l'offre d'infrastructures, les régulateurs et les cadres marchands (à la fois nationaux et internationaux) influencent l'émergence et la viabilité finale des nouvelles approches. Ils doivent être pris en considération et engagés dans le processus.
- Pour avoir un impact important, et pour tirer avantage des principales opportunités marchandes, les nouvelles approches doivent concerner non seulement la Grande Bretagne mais aussi les marchés internationaux. Elles doivent par conséquent être développées dans un contexte qui permette d'affirmer qu'elles sont adéquates et compatibles avec les exportations.

- Le déclin du secteur public à partir des années quatre-vingts dans le domaine de la recherche énergétique ainsi que l'échec de son remplacement par les ressources du secteur privé sont des facteurs à prendre en considération. Le soutien pour l'adoption de technologies propres est faible et fragmenté. Le cadre de réglementation n'encourage pas suffisamment la R&D de long terme.
- Enfin, il faut reconnaître que la demande et le comportement des consommateurs (parfois médiatisés au travers de l'action politique) sont importants pour favoriser de nouvelles approches. L'éducation, la politique publique, et la confiance du public dans les scientifiques, les ingénieurs et le processus politique sont autant d'éléments qui ont à jouer un rôle important.

3.2.3.2.4. *Les recommandations*

Le document de consultation et les réponses qu'il a suscitées collectivement permettent de souligner certains défis et opportunités, ainsi que d'identifier quelques domaines principaux pour l'utilisation améliorée du savoir-faire au travers de la R&D. Les recommandations visent à fournir un cadre positif dans lequel il convient de dépasser certaines difficultés soulignées ci-dessus.

Les *Stepping Stones* nécessitent un cadre analytique stratégique qui devrait englober :

- la reconnaissance du rôle du régulateur dans la création d'un marché approprié et équilibré pour encourager les développements et la mise en œuvre.
- S'assurer que les politiques énergétiques et environnementales encouragent ce processus en Angleterre et dans des contextes et des protocoles internationaux plus larges.
- L'engagement de tous les stakeholders (la société civile au sens large) pour la compréhension des mesures clés devant être prises et leur rôle dans ce processus.
- Un processus parrainant les développements nécessaires pour satisfaire la nécessité de dépasser les barrières qui ont constitué un problème dans le passé.

Pour réaliser ces objectifs, il convient d'établir un ensemble de programmes de « R&D durable » permettant de mettre en valeur les domaines et les thèmes clés pour assurer un futur durable ; ces programmes doivent être multidisciplinaires et multi-sectoriels. Il convient de créer un cadre d'analyse dans lequel les firmes, les universités, les instituts de recherche, le gouvernement, les investisseurs, les régulateurs et d'autres puissent effectivement collaborer dans des domaines clés. Au sein de ce cadre d'analyse, les intérêts et le savoir-faire (de toutes les disciplines et secteurs pertinents) peuvent être rassemblés sur un nombre limité de thèmes majeurs, autour desquels pourront se greffer d'autres thèmes.

Ceci peut être réalisé grâce à :

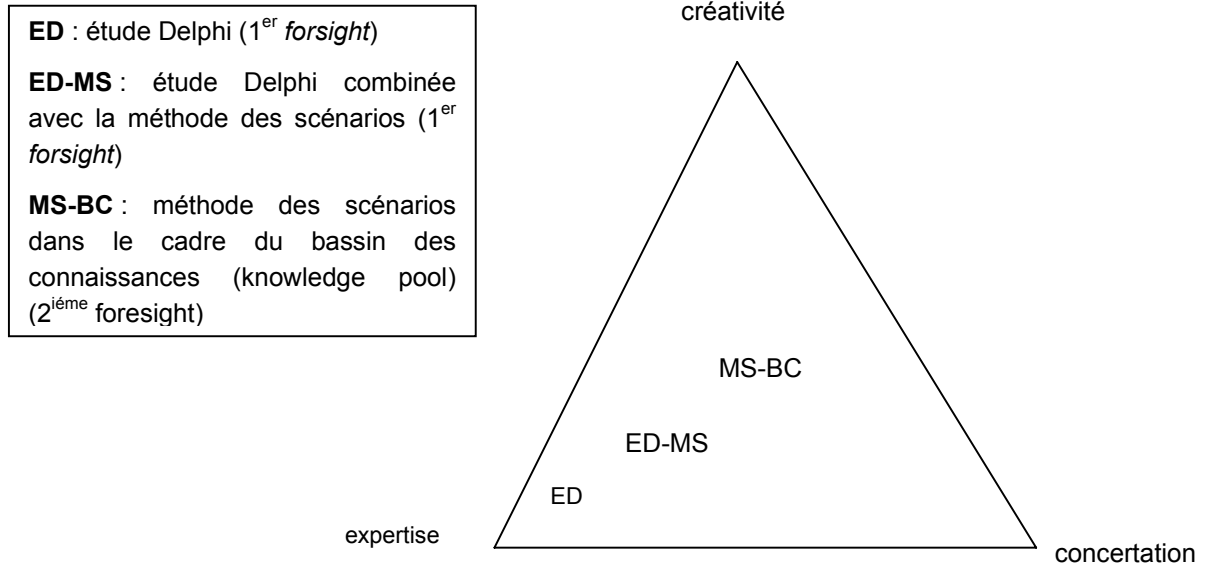
- L'établissement d'un « programme de développement de technologies durables en Angleterre » avec les participations de centres de recherche, du secteur privé et du gouvernement. Une source appropriée de consolidation pourrait être l'impôt pour le réchauffement climatique proposé par l'*Advisory Committee on Business and the Environment*.
- L'initiative prise par les départements du gouvernement, les agences et les conseils de recherche pour fixer un nombre limité de sous-programmes importants qui pourraient porter sur :
 - une consolidation au travers de l'impôt sur le changement climatique ou autre chose ;
 - une consolidation de la R&D au travers d'initiatives de recherche et de programmes joints avec la participation du secteur privé ;
 - un développement des programmes joints avec des universités et des entreprises d'autres pays où des opportunités d'application existent ;
 - un engagement de la réglementation dans ce processus pour assurer qu'il s'aligne bien avec les programmes (au niveau national et si possible au niveau international) ;
 - une coordination des initiatives existantes pour soutenir ces programmes principaux ;
 - une coordination et un échange de résultats des différents programmes au travers de la création de sites web, de *newsletters*...
- La prise en compte de domaines où les priorités de R&D sont soulignées (cf. annexe 1A) mais les sous-programmes sur les thèmes suivants sont plus particulièrement recommandés : stratégies et technologies pour les problèmes d'eaux ; production d'électricité à faibles émissions de polluants ; réalisation de changements majeurs pour l'efficacité énergétique des produits, de leur production et de leur utilisation.

Les activités futures du groupe devront porter sur les quatre éléments principaux suivants :

1. Travailler avec les agences et les départements gouvernementaux, les régulateurs, les conseils de recherche et d'autres pour développer la recommandation principale à savoir un « programme de développement de technologies durables en Angleterre ».
2. A l'aide des divers sous-groupes, fournir d'autres recommandations et plus de détail sur les domaines clés qui offrent un potentiel d'innovation. La consultation est en cours spécialement sur les options énergétiques futures (cf. 3.2.3.1.2.).
3. Travailler de manière étroite avec les membres de la société civile et autres.
4. Explorer des domaines qui n'ont pas été assez pris en considération mais qui ont été perçus comme fondamentaux pendant le processus de consultation : biodiversité, applications de la biotechnologie, réponses sociales. Il convient également d'approfondir les questions sur la formation dans la mesure où cette question constitue une contrainte sur l'adoption d'approches innovantes.

Selon ses pères fondateurs, le *foresight* britannique constitue un « nouveau contrat social » (Martin et Johnston, 1999). Cela nous semble adéquat pour caractériser le deuxième exercice de *foresight*. On se situe désormais dans le cadre d'un *foresight* de type concertatif obéissant à des motivations de bien-être social. Il y est admis que si la compétitivité passe par l'innovation technologique, cette dernière doit désormais satisfaire la demande sociale. La création de richesses ainsi que l'amélioration de la qualité de la vie, dont la dimension environnementale est une composante essentielle, sont des priorités à part entière. C'est la raison pour laquelle l'environnement (et plus largement le développement durable) occupe une place de choix au sein du nouvel exercice de *foresight*. A titre illustratif, il convient de rappeler que le développement durable est un thème transversal, même s'il est interprété de manière plus ou moins large par les divers groupes de travail. Le nouveau *foresight* britannique nous semble un exemple intéressant de prospective pour la gestion des risques environnementaux, mené au niveau national et avec un fort soutien institutionnel. Il convient néanmoins d'attendre fin 2003 pour pouvoir se prononcer sur la portée effective d'un tel exercice. A l'heure actuelle, précisons qu'aucun système de veille, aussi développé qu'aux Etats-Unis, n'est envisagé au cours du processus, même si de fait plusieurs documents sont disponibles sur le site internet (bibliothèque virtuelle). La figure 3.10 ci-dessous illustre les diverses tendances des différents exercices de *foresight* britanniques.

Figure 3.10. Les différents exercices de foresight britanniques



3.3. L'expérience allemande en matière de foresight technologique : d'une finalité concurrentielle à une priorité écologique.

Depuis le début des années 1990, l'Allemagne connaît un accroissement important de la demande pour des analyses prospectives liées non seulement aux nouvelles technologies et aux politiques technologiques et de recherches, mais aussi (et de plus en plus) aux problématiques environnementales (ADIT, 1995). Les activités de foresight en Allemagne ont commencé en 1991, lorsque le Ministère Fédéral Allemand de la Recherche et de la Technologie (BMFT) a commandité des études orientées vers les développements internationaux de long terme en science et en technologie. L'activité allemande dans ce domaine comporte un certain nombre de rapports concernant les aspects technologiques du futur et trois grands foresights technologiques recourant à la méthode DELPHI. Le dernier exercice de foresight allemand, actuellement en cours, s'inscrit dans une nouvelle perspective. La technologie n'occupe plus l'élément central. Les besoins de la société sont désormais au cœur des préoccupations allemandes. L'Allemagne s'oriente vers un foresight social.

Les évolutions de la prospective ces dix dernières années ont porté à la fois sur l'objet même de la recherche et sur les méthodologies mises en œuvre. Les réflexions actuelles ne consistent pas tant à prédire le futur qu'à proposer des visions pertinentes du futur et des chemins pour y parvenir. Dans ce contexte, nous nous attachons à décrire le mouvement de renouveau de la prospective en Allemagne dans les années 1990 en mettant l'accent sur l'émergence de concepts tels que la communication entre les acteurs ou la motivation des décideurs. Une plus grande participation du public, une nouvelle définition de l'expert et une mise en réseau de communautés scientifiques interdisciplinaires sont les éléments clés de cette nouvelle conception.

3.3.1. Une succession d'exercices de prospective technologique et scientifique depuis le début des années 1990

Le premier exercice, « Technology at the Threshold of the 21st Century », est une prospective technologique à moyen terme proche de la méthode des 'Critical Technologies' employés aux Etats-Unis. L'exercice a débuté en 1991 et fournit une vue globale des technologies-clés futures sur les 10 ans à venir. Il a été coordonné par le Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI) à Karlsruhe, avec la collaboration de groupes de travail composés de membres issus de la recherche publique (Grupp, 1994). Cette étude fait appel à la méthode des '*Relevance Trees*'. Des groupes d'experts ont étudié la littérature internationale concernant les foresights technologiques et l'ont complétée avec leur propre connaissance afin de définir les technologies clés. Elle fournit une liste de technologies émergentes jugées prioritaires du point de vue de la recherche. Les conclusions ont mis en valeur l'importance de domaines comme la biologie cellulaire, les matériaux avancés, les technologies environnementales, la micro-électronique et les logiciels. Ces domaines sont devenus des secteurs prioritaires pour la recherche allemande. Toutefois, cette étude a eu peu d'impacts, dans la mesure où un nombre limité d'acteurs a été impliqué, contrairement aux enquêtes DELPHI.

Le second exercice nommé « critical technologies for the information age » a été réalisé, en mars 1995, par la division sectorielle du Ministère Fédéral de la Recherche et de la Technologie (BMFT). Le but était de réunir l'information nécessaire provenant d'exercices DELPHI et autres études allemandes et étrangères. Il est à noter que là encore, les technologies environnementales, en particulier pour la gestion et le recyclage des déchets, sont jugées primordiales (OST, 1998).

Le troisième exercice repose sur une *étude statistique* et est renouvelé tous les ans. Il fait partie intégrante de la stratégie des entreprises allemandes (Grupp, 1996).

Le quatrième exercice, « Germany's technological competitiveness », est un rapport annuel cherchant à répertorier les performances allemandes par rapport à ses concurrents en matière technologique. Il est rédigé par une équipe constituée de membres appartenant à cinq instituts économiques. Tous les ans, il est soumis au Ministère Fédéral allemand de l'Economie. Ce rapport insiste sur l'application de la technologie dans l'industrie. Les différents rapports fournissent également une distinction entre les secteurs industriels à plus forte valeur ajoutée (où les montants de la R&D s'élèvent à 3,5%-8,5% du CA) et les véritables secteurs de pointe où les montants de la R&D excèdent 8,5% du CA. Le rapport 1998 conclut que l'Allemagne est maintenant leader dans la première catégorie et a gagné du terrain dans la seconde. Ainsi, elle occupe la troisième place après le Japon et les Etats-Unis. Les technologies de l'environnement, ou plus exactement qui permettent une efficacité matérielle et énergétique, y sont considérées comme primordiales pour la compétitivité de l'Allemagne (OST, 1998).

Encadré 3.9 : LES DIVERS EXERCICES DE PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE MENÉS EN ALLEMAGNE	
Technologies à l'Aube du 21 ^{ème} Siècle	Avril 1993
Rapport du 1 ^{er} DELPHI Allemand	Août 1993
Critical Technologies for the information age	Mars 1995
Mini-DELPHI Allemand/japonais	Mars 1996
2 ^{ème} DELPHI global allemand	Mars 1998
Rapport mis à jour sur l'innovation de l'industrie allemande	Décembre 1998
Compétitivité de la technologie allemande	Janvier 1998 (annuelle)

Source : (OST, 1998)

A côté de ces exercices, trois grands foresights technologiques ont été menés en Allemagne jusqu'à présent (voir encadré 3.9).

◆ L'Allemagne a délibérément suivi l'expérience et les directives japonaises (objectifs, sujets, caractères et méthodes) pour réaliser son premier DELPHI. En effet, l'Agence de la Science et de la Technologie (STA) du Japon réalise, tous les cinq ans depuis 1971, une étude DELPHI pour ses prévisions (forecast) technologiques. L'Allemagne a reproduit entièrement le cinquième DELPHI japonais de 1991. Les résultats du DELPHI japonais sont présentés dans un rapport du NISTEP (1992). L'étude allemande a été réalisée par le Fraunhofer ISI. Cette étude a été commanditée et les résultats publiés par le Ministère Fédéral Allemand de la Recherche et de la Technologie (BMFT, 1993). Un des objectifs de cette approche était de comparer les réponses japonaises et allemandes afin d'analyser les différences possibles et comprendre les influences culturelles sur l'évaluation de la technologie (Cuhls et Kuwahara, 1994). Ce premier DELPHI était composé de 16 champs technologiques pour chacun desquels il existait un questionnaire. Le domaine de l'environnement concernait plus particulièrement le huitième champ (technologie écologique et environnementale) et comprenait 50 questions. Toutefois les champs n° 6 (ressources, gestion de l'eau), n° 7 (énergie) et n° 9 (agriculture, forêt et pêche) entretenaient un rapport étroit avec l'environnement. En fait, sur 1147 questions correspondant à l'ensemble des champs, 240 questions relevaient de l'environnement, soit environ 21%. On peut noter que le coût de cet exercice s'élevait à 700 000 DM en 1992. Ce coût ne tient pas compte du fait que certaines des agences rattachées au programme ne percevaient pas de financement complémentaire pour travailler sur ce Delphi.

◆ La seconde étude DELPHI est une étude exploratoire à plus petite échelle entreprise en parallèle en Allemagne et au Japon, suite à une conférence germano-japonaise tenue à Berlin en 1994. Il s'agissait, en fait, de Mini DELPHI. La comparaison conclut à un degré élevé de similitudes dans les résultats globaux, mais il existe des différences considérables entre les deux pays concernant l'évaluation de certaines technologies compte tenu des différences culturelles. Les Mini DELPHI ont été réalisés par le Fraunhofer ISI (BMBF, 1996). Ils ont servi à l'élaboration d'une nouvelle étude DELPHI et à l'examen d'un certain nombre de problèmes technologiques majeurs identifiés lors de la première étude allemande et du cinquième DELPHI japonais. Les mini DELPHI sont consacrés à quatre secteurs spécifiques : matériaux et traitement, information de la société, problèmes de santé et environnementaux (notamment le recyclage et le traitement des déchets et recherche sur le changement climatique). Dans les domaines jugés hautement prioritaires pour l'Allemagne, selon cet exercice, on retrouve encore les technologies environnementales liées à la dématérialisation : photovoltaïque, systèmes cognitifs et intelligence artificielle, nanotechnologies et microsystèmes, traitement et recyclage des déchets. L'exercice a été également coordonné par ISI (Héraud, 1999).

◆ Le troisième exercice DELPHI a commencé en 1996, sous forme d'une enquête traditionnelle et parallèle au sixième exercice japonais⁷⁹. Il s'agit de la plus importante étude prospective menée en Allemagne sur le plan des sciences et des technologies. Elle a de nouveau été réalisée par l'ISI⁸⁰ à la demande du Ministère Fédérale de la Formation, de la Science, de la Recherche et de la Technologie (BMBF). Plus de 2000 experts ont été interrogés sur leur perception du futur, afin de pouvoir dégager les grands traits d'une politique de soutien à l'innovation. Un "Steering Committee" composé de neuf personnes supervisait des comités d'experts (100 personnes). Il a couvert un total de 1070 sujets (ou questions) dont 113 sont tirés de la première étude, le reste provenant des six panels qui composent le DELPHI. Les résultats étaient, fin 97, à la disposition du BMBF qui les a publiés en mars 98.

Ces sujets se répartissent en douze grands domaines. Le septième domaine se nomme Environnement et Nature. Les thèmes Energie et Ressources (8), Agriculture et Nutrition (6), Mobilité et Transport (10) sont également liés au domaine de l'environnement (voir tableau 3.10).

⁷⁹ NISTEP (1997), The 6th Technology Forecast Survey : Future Technology in Japan Toward the Year 2025, NISTEP rapport n°52, Science and Technology Agency, Tokyo, Japon.

⁸⁰ « L'étude DELPHI est réalisée par le Fraunhofer ISI d'un point de vue scientifique. Mais nous travaillons également avec des ingénieurs (ils sont principalement sollicités pour la partie management), la chambre de commerce et des associations municipales» (entretien avec Kerstin CUHLS, Fraunhofer ISI, Allemagne).

Tableau 3.10. Domaines thématiques du DELPHI 1998

Domaines thématiques du DELPHI 1998	Nombre de questions dans le DELPHI 1998	Questions identiques dans le DELPHI japonais de 1997	Questions identiques dans le DELPHI japonais de 1993
Information et communication (INFO)	111	68	16
Service et communication (SERV)	78	21	6
Management et production (PROD)	71	14	7
Chimie et matériaux (CHEM)	104	33	24
Santé et processus de vie (BIOM)	104	36	7
Agriculture et nutrition (AGRO)	101	20	7
Environnement et nature (ENV-NA)	76	15	2
Energie et ressources (ENER)	114	32	14
Construction et logement (CONSTR)	75	32	9
Mobilité et transport (MOBI)	107	18	5
Espace (SPACE)	78	24	9
Large sciences expérimentales (L-EX)	51	10	7
Total	1070	323	113

Source : (Kuntze, 1998)

Pour chacun des douze domaines, un questionnaire différent a été développé. Cependant la structure reste identique et chaque expert a dû, concernant chaque technologie, répondre en tenant compte des variables suivantes : l'importance de la technologie, la période de réalisation, le niveau national de la recherche et développement (R&D), les mesures nécessaires à la réalisation et les problèmes possibles suivant la mise en place d'une telle technologie. Les variables sont définies comme suit :

- ◆ Importance : intérêt du sujet pour l'élargissement de la connaissance humaine, du développement économique, du développement social et par rapport aux solutions concernant les problèmes écologiques, de l'emploi et du chômage.

- ◆ Temps de réalisation : évaluation de la période de réalisation : jusqu'en 2000, 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025, après 2025, irréalisable.
- ◆ Niveau national de la R&D : quelle nation est leader en matière de R&D concernant la technologie en question : les Etats-Unis, le Japon, l'Allemagne, un état membre de l'Union Européenne ou un autre pays.
- ◆ Mesures nécessaires pour la réalisation : amélioration de la qualification de la main d'œuvre en matière de R&D, des échanges de personnel et du savoir-faire entre la science et l'industrie, de la coopération internationale ; amélioration également de l'infrastructure de la R&D, du soutien du gouvernement ; mise en place de changement en matière de réglementation.
- ◆ Problèmes possibles inhérents à une technologie : le développement technique n'engendrera-t-il pas des problèmes dans le domaine de l'environnement, de la sûreté ou des problèmes sociaux/culturels/sociétaux.

En outre, chaque membre du jury a été invité à évaluer son propre degré d'expertise comme haut, moyen, bas ou aucun, pour chaque question ou « sujet » spécifique.

La partie finale du questionnaire (première vague du DELPHI) contenait des « méga tendances » concernant les conditions économiques, sociétales, politiques et sociales dans le monde pour les prochaines décennies. Ces conditions ont été discutées afin d'examiner plusieurs visions du futur pour guider les experts et savoir s'ils s'attendent à ce que ces conditions influencent significativement le développement de la science et de la technologie.

Avec ces douze domaines, entre les expériences à grande échelle en sciences naturelles et les sujets concernant une société de service (tableau 3.10), l'enquête DELPHI 1998 vise à couvrir un éventail complet de questions pour le développement à long terme de technologies (« hard » ou « soft »). Les sujets relèvent soit des disciplines scientifiques/techniques (géoscience) ou des zones d'application (transports).

3.3.2. La dimension environnementale au cœur du DELPHI 1998

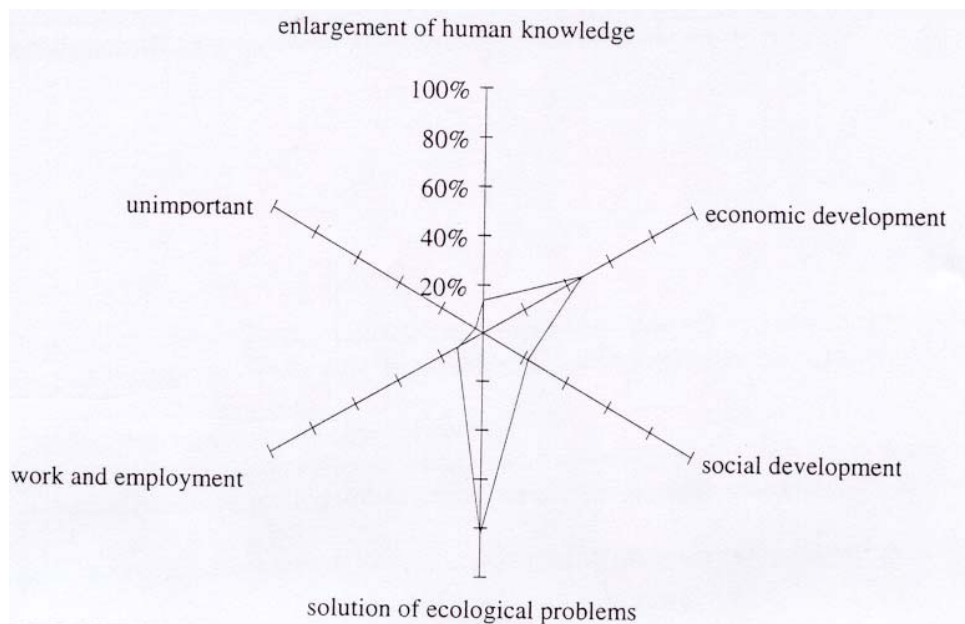
En ce qui concerne le thème « Environnement et Nature » proprement dit, 76 sujets (ou questions) lui ont été associés dans le DELPHI de 1998. Cette dimension a donc été abondamment élargie par rapport au premier grand DELPHI. Ces questions se sont elles-mêmes réparties en fonctions des rubriques suivantes :

- ◆ Protection de l'atmosphère (13 questions)
- ◆ Protection du biotope et de la forêt (5 questions)
- ◆ Environnement urbain (11 questions)
- ◆ Gestion des déchets (5 questions)
- ◆ Protection du sol (8 questions)
- ◆ Offre d'eau/eau usée (17 questions)

- ◆ Protection de l'environnement marin (4 questions)
- ◆ Monitoring/information environnementale (13 questions).

Chacun de ces thèmes apporte une contribution à la solution d'un problème spécifique. Leur importance pour des aspects différents de la société sont affichés dans la figure 3.11.

Figure 3.11. Importance du champ thématique « environnement et nature » pour différents aspects de la société



Source : (Kunzte et Hiessl, 1998, p. 29)

L'ensemble des membres des panels jugent leur contribution au développement économique comme le plus important de tous les aspects considérés. La contribution aux solutions des problèmes écologiques ne vient qu'en seconde position avec une distance considérable. Cet ordre est cependant inversé dans le thème « Environnement et Nature ». La raison de ces attributions peut être due à l'intégration croissante des aspects environnementaux dans la production et les processus technologiques. Ainsi l'environnement est de plus en plus combiné au savoir-faire, et considéré comme une valeur ajoutée.

Parmi les autres thèmes, voici ceux qui ont été jugés comme fondamentaux par les membres du jury :

- ◆ Un élargissement de la connaissance humaine : le processus atmosphérique et les modèles climatiques sont plus importants que les modèles permettant de déceler les tremblements de terre ;

- ◆ Le développement économique : technologies permettant le traitement de l'eau pour la rendre potable, développement de « fermes de la mer », contrôle de la fertilisation, système de prévision à distance des inondations ;
- ◆ Des solutions pour les problèmes écologiques : contrôle des océans contre l'immersion de substances nocives, réduction de l'émission de substances nocives à un niveau écologiquement soutenable, arrêt de la déforestation en Amazonie, substitution des CFC et des halogènes, processus biotechnologiques et physiques pour l'assainissement des eaux souterraines ;
- ◆ Le travail et l'emploi : développement de l'agriculture biologique sur 40% du territoire allemand, remise en culture des forêts tropicales endommagées, technologies pour la mise en culture des déserts, moteur de véhicules réduisant les Nox, et des processus et des méthodes préservant les sols cultivés.

En ce qui concerne les périodes prévues de réalisation des différents thèmes, il n'y a aucune différence significative pour le thème « Environnement et Nature » comparée à la moyenne de tous les autres thèmes. L'année médiane de réalisation des technologies est 2012.

Les deux rubriques « gestion des déchets » et « offre d'eau/traitement des eaux usées » sont considérées comme prioritaires pour le développement économique et ce sont des domaines dans lesquels l'activité de R&D allemande est leader. Il existe une combinaison délibérée des aspects économiques et écologiques afin d'améliorer les avantages concurrentiels allemands sur les marchés mondiaux. Concernant la position de la R&D environnementale, une majorité de membres du jury (65%) jugent l'Allemagne leader, suivi des Etats-Unis (45%), le Japon (25%) et d'autres Etats membres de l'UE (15%).

Une image plus différenciée est obtenue en analysant la position en R&D concernant les différentes rubriques du domaine «Environnement et Nature». Cette analyse montre que l'Allemagne se juge en position de leader en matière de «protection du biotope et de la sylviculture», d'«environnement urbain», de «gestion des déchets», de «protection des sols», d'«offre d'eau /traitement des eaux usagées». En revanche, la position de leader est attribuée aux Etats-Unis concernant la «protection de l'atmosphère» et «l'information/monitoring environnementale». Le Japon est jugé leader en matière de «protection de l'environnement marin», ce qui s'explique par sa situation insulaire.

La thématique écologique revêt une telle importance dans le dernier foresight allemand⁸¹ qu'une analyse particulière complémentaire a été réalisée par ISI, à la demande conjointe du BMBF et du Ministère de l'Environnement à partir de l'enquête DELPHI⁸². Celle-ci consiste en une étude transversale pour répertorier les technologies efficaces d'un point de vue environnemental. Les résultats de cette analyse ont été présentés à Budapest en 1998 lors d'un workshop de l'OCDE intitulé « Technology Foresight and Sustainable Development » (Kuntze, 1999). Celle-ci fait

⁸¹ « Dans le dernier Foresight, l'environnement influence l'ensemble des autres thèmes » (entretien avec Uwe KUNTZE, Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research, Allemagne).

⁸² « Le thème 'Environnement et Nature' concerne uniquement la richesse au sens matériel de la dimension » (entretien avec Uwe KUNTZE, Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research, Allemagne).

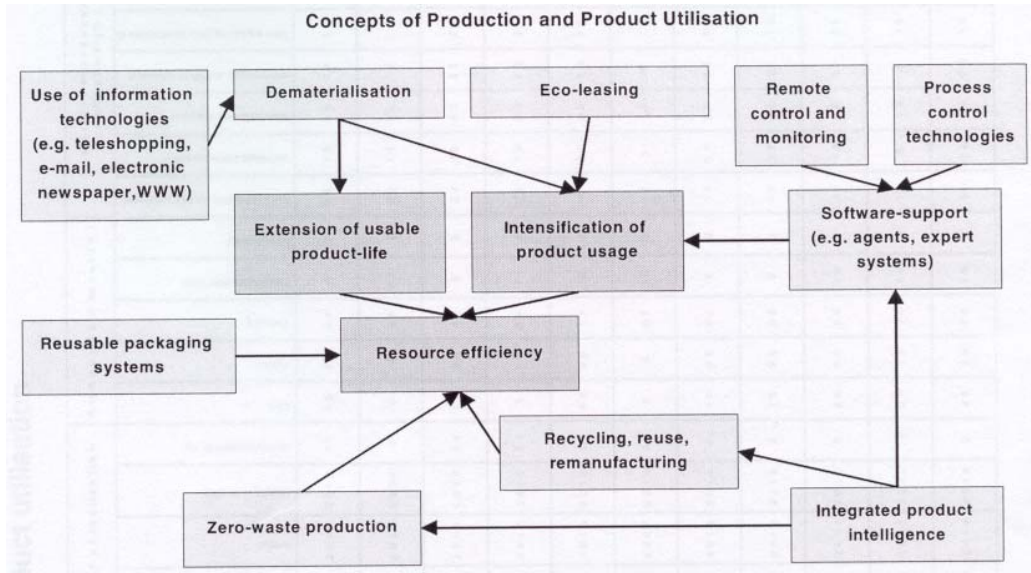
appel aux objectifs de mise en œuvre du développement durable et renvoie à la perspective dite forte de la soutenabilité, dominante aujourd'hui, en Allemagne. La réalisation du développement durable suppose dans le cadre de cette approche une limitation de l'usage du capital naturel, notamment par l'arrêt de la croissance, voire la décroissance des inputs matériels et énergétiques. Cette solution qualifiée de « dématérialisation de l'économie »⁸³ est fortement encouragée dans nombre de pays d'Europe du Nord, dont l'Allemagne. Dans cette optique, si les produits, les processus de production et les services deviennent 4 à 10 fois moins intensifs du point de vue « environnemental » (il s'agit du fameux leitmotiv facteur 4 ou facteur 10) dans la prochaine décennie, il est clair que la contribution de l'innovation technologique sera fondamentale, même si les évolutions des modes de consommation sont aussi à prendre en considération (Faucheux et Nicolaï, 1998). Ainsi, la prospective technologique est tout aussi fondamentale que dans la vision faible du développement durable⁸⁴.

La définition des technologies efficaces d'un point de vue environnemental ne comporte pas seulement des technologies au sens matériel mais également dans le sens d'organisation et de concepts alternatifs répondant à des besoins humains. Le but est d'éviter les déchets et la mise en résidus de la matière première dès la première utilisation. Il faut essayer d'utiliser les premiers résidus dans le cycle de production d'un autre produit. En fait, on définit des ressources matérielles (matériaux, énergie, eau), mais ne sont pas intégrées l'utilisation de la terre, la santé, les méthodes de prospection de nouvelles ressources ou qualification de la main d'œuvre (voir la figure 3.12).

⁸³ Dans cette perspective, on considère que la quantité et la qualité des émissions et déchets dépendent directement des inputs du système productif. Afin de limiter la dégradation qualitative et quantitative du capital naturel, il convient de se concentrer sur les inputs. On doit, pour ce faire, limiter les quantités matérielles et énergétiques extraites de la sphère naturelle, puis utilisées et transformées au cours de la production et finalement déposées et émises dans la nature (Faucheux et O'Connor, 1998).

⁸⁴ « il existe différentes approches pour l'analyse de la dématérialisation, qui renvoie à celle du développement durable. Bien que la mise en œuvre de politiques de développement durable soit loin de faire l'objet d'un consensus, certains éléments sont reconnus comme primordiaux par les différents courants : parmi eux, le respect de la capacité du renouvellement naturel, l'existence de temps longs d'incubation pour des problèmes écologiques spécifiques et l'irréversibilité de certains processus. Ces éléments posent un défi grave à l'application des technologies. Ceci met au premier rang des efforts, l'efficacité dans le traitement des ressources naturelles (l'eau, l'énergie, et les matériaux). Il existe une prise de conscience concernant le gaspillage et les rejets mal utilisés comme inputs dans les cycles de production. Une réconciliation de l'écologie et de l'économie peut donc être réalisée, dans la mesure où des technologies efficaces d'un point de vue environnemental sont appliquées. Dans de nombreux cas, le fait d'utiliser moins de ressources signifie également une réduction des coûts. » (Kuntze, 1998, p 32).

Figure 3.12. Technologies efficaces d'un point de vue environnemental et contribuant au développement durable : scénarios du DELPHI'98 des concepts de production et d'utilisation des produits



source : (Kunzte et Hiesl, 1998, p. 39)

Ainsi, le thème « Environnement et Nature » contient seulement une fraction du sujet « technologie efficace d'un point de vue environnemental ». En fait sur 1070 sujets abordés, 183 (17%) sont relatifs aux technologies efficaces d'un point de vue environnemental⁸⁵ (voir tableau 3.11).

⁸⁵ « La discussion de tels concepts, illustre qu'au delà des produits et des techniques, il existe des considérations qui donnent à penser plus radicalement au 'pourquoi' et au 'comment' des produits et de la production. Souvent le besoin du client n'est pas la possession de certains produits (exemple : l'automobile), mais plutôt le souhait d'assouvir son besoin de mobilité. Faire cette différence et l'utiliser d'une manière systématique donne souvent des perspectives tout à fait nouvelles sur le cycle de vie des produits, de la production, de la distribution, de l'utilisation, de la reprise, de la réutilisation et du recyclage.» (Stahel, 1998).

N°	Technologie	Compte	Chim	Ener	Env- Na	Agro	Constr	Prod	Serv	Info	Mobi	Biom
1	Equipement Technologique	15	1	3			8		3			
2	Offre d'eau / Eau usée	16			11	1	4					
3	Offre d'énergie / Technologie énergétique	17	4	8	3		2					
4	Cellules Photovoltaïques	5	3	2								
5	Superconducteur	4	2					1		1		
6	Technologie Automobile	14	3	3							8	
7	Concepts de mobilité	7							3	1	3	
8	Concepts de production et utilisation des produits	19		7		2		4	3	2	1	
9	Technologie manufacturière / Procédé Technologique	20	7	4	1	2		6				
10	Catalyse	4	3					1				
11	Ressources Renouvelables	13	2	2		7						2
12	Matériaux	11	9					1				1
13	Recyclage	5		2	1		2					
14	Information et Technologie de l'Information	13	1			2		1		9		
15	Technologie Agricole	18		1	4	12			1			
16	Autres	2					1		1			
	Total des comptes	183	35	32	20	26	17	14	14	13	12	3
	% du champs thématique	17.1	33.7	28.1	26.3	25.7	22.7	19.7	17.9	11.7	11.2	2.9

Tableau 3.11. Ensemble des sujets traitant des technologies efficaces d'un point de vue environnemental dans le Delphi 1998 allemand

sources : (Kunzte and Hiessl, 1998, p. 35)

Le ministère fédéral a distribué gratuitement des milliers de rapports foresight aux groupes et individus qui y ont montré un intérêt. De plus, une version résumée des rapports est à la disposition de tous dans les librairies, écrits dans un langage compréhensible par des non experts. Les données du DELPHI sont également consultables sur Internet afin d'encourager les personnes intéressées par l'exploitation de ces données. La presse d'édition a assuré la diffusion ; les émissions de télévision et de radio ont montré l'importance des foresights pour la Science et la Technologie. En outre, quelques expositions dans les musées sont en préparation. L'accent a été mis sur la facilité d'accès des résultats aux petites et moyennes entreprises (PME). Il y aura en conséquence un effort de marketing plus concerté au moyen d'ateliers sectoriels, de bulletins et autres événements. Le rapport lui-même contiendra des suggestions pour le suivi. Des agences de relations publiques ont été invitées à cette phase de l'exercice.

Au total, au vu de ces exercices, il apparaît que du point de vue de la finalité des foresight en Allemagne, la dimension écologique est devenue au moins aussi importante que la dimension compétitivité. Il s'agit bien ici d'une double finalité et non pas seulement de la soumission de la première à la seconde comme nous le verrons pour les Etats-Unis. En d'autres termes, les foresights allemands ne privilégient pas l'environnement uniquement en fonction de l'hypothèse de plus en plus répandue selon laquelle les innovations technologiques majeures du 21^{ème} siècle se feront dans ce champ, mais bien avant tout en fonction d'un choix de société. Pourtant, et de façon paradoxale, les foresights allemands étaient jusqu'à présent principalement de type technologique et non pas social. D'ailleurs, les méthodes de prospective utilisées, comme en témoigne la figure 3.13. restaient fondamentalement fondées sur des dires d'experts et ne faisaient pas intervenir de concertation entre ces derniers et les autres acteurs de la société.

Conscient de cette contradiction, le Ministère Fédéral de la Formation, de la Science, de la Recherche et de la Technologie (BMBF) a organisé les 14 et 15 juin 1999, à Hambourg, une conférence internationale sur les comparaisons méthodologiques des grands foresights internationaux. La phase de réflexion ouverte depuis plusieurs mois en Allemagne semble actuellement aboutir à la mise en œuvre d'une seconde phase dans les foresights nationaux, ne recourant plus aux enquêtes DELPHI, mais favorisant davantage la demande sociale à la manière de la Grande Bretagne. En d'autres termes, l'Allemagne, poussée par sa priorité accordée au développement durable et à la préservation de l'environnement, s'achemine vers l'abandon des foresights technologiques au profit des foresights sociaux. Des relations régulières se sont mises en place avec les britanniques, mais l'Allemagne n'envisage pas d'investir autant de moyens que ces derniers dans le lancement de leur prochain programme national de foresight, même si le dernier exercice a coûté 6 à 7 millions de DM. Ils travaillent aussi étroitement avec les Pays Bas sur la question de la prospective environnementale. Néanmoins, leur objectif consiste à développer leur propre méthodologie de prospective et également à mettre au point dans un second temps un système de veille, notamment pour les questions d'environnement.

3.3.3. Les premières ébauches d'un foresight social

L'Allemagne a éprouvé de nombreuses difficultés à mettre en place son nouvel exercice de foresight. Après une première tentative en juin 1999, qui s'est révélée infructueuse, il semble que le processus soit actuellement de nouveau réactivé.

Dans le passé, quiconque s'intéressait au futur, s'interrogeait sur les contributions de la science et de la technologie. Un certain nombre de questions en découlaient : que devons-nous faire ? Quelles sont les conséquences ? Quels risques et opportunités impliquent-elles ? La recherche était considérée comme l'élément conducteur du futur, alors que la société ne pouvait que réagir. La technologie composait l'élément central de ces études.

L'actuel exercice de foresight allemand s'inscrit dans une nouvelle perspective. Les besoins de la société sont désormais au cœur des préoccupations allemandes. La question au centre des réflexions est désormais la suivante : comment la société va-t-elle évoluer ? D'où s'en suivent les questions suivantes : quels sont nos besoins dans cette société ? Quelle recherche devons-nous encourager aujourd'hui afin de maîtriser les problèmes de demain et de saisir les opportunités offertes ?

Parmi les évolutions sociales que l'on peut dès à présent envisager, on peut notamment citer : l'augmentation de la population âgée, la croissance de l'interdépendance internationale des relations économiques et sociales. La recherche et la technique seront-elles en mesure d'apporter une contribution essentielle à la résolution des problèmes associés à une population âgée et globalisée ? Quelles seront ces contributions ? Comprendront-elles de nouvelles technologies qui aideront la population âgée à rester mobile et indépendante ? Ou : Ces technologies pourront-elles réduire les problèmes de communication résultant de l'usage de différentes langues ? Pourront-elles aider à contenir les épidémies causées par des voyages fréquents et des échanges de nourriture ? Ce sont quelques questions auxquelles FUTUR s'intéressera.

Ainsi, contrairement aux précédents exercices de foresight allemands, le nouveau processus dénommé FUTUR considère les questions socio-politiques ou d'éducation au-delà des innovations de nature technico-scientifique. En conséquence, des groupes de travail interdisciplinaires et intersectoriels seront établis pour travailler avec les différentes méthodes de prospective.

Ce nouveau processus est fondé sur la reconnaissance du fait qu'un dialogue doit être instauré entre les politiques, les scientifiques, la communauté industrielle, les syndicats et autres groupes sociaux afin de développer des idées visant à initier des développements techniquement faisables, écologiquement et économiquement et fondés sur les besoins actuels des citoyens. De cette façon, le BMBF cherche à fournir une nouvelle aide à la décision pour les politiques, la science et le public. Plus immédiatement, FUTUR a été créé afin de fournir au BMBF des indications pour de nouveaux programmes stratégiques.

Suite aux diverses activités de foresight, les Allemands ont ressenti le besoin d'inclure plus largement la société civile. A côté des experts doivent figurer d'autres groupes du public intéressé. « Notre futur est trop important pour être laissé aux seuls scientifiques. Chaque membre de la société doit participer aux efforts de construction du futur de telle sorte que le maximum d'aspects soient pris en considération. C'est l'un des objectifs centraux de FUTUR. » La participation de toutes les parties prenantes dans le système d'innovation est perçue comme nécessaire afin de percevoir s'il existe un consensus ou au contraire un conflit dans leurs visions des domaines du futur. Les différents acteurs peuvent accorder aux divers aspects une plus ou moins grande importance ou percevoir le problème sous des angles sensiblement différents. L'un des objectifs du foresight étant la combinaison de différentes connaissances par la coopération des différents acteurs, il était aussi intéressant d'établir un site Internet avec la possibilité de communiquer ses commentaires. Dans les prochains mois, de nombreuses opportunités interactives de participation à l'organisation du dialogue FUTUR seront fournies sur le web site.

De plus, les estimations objectives des différentes études scientifiques peuvent être perçues de manière plus relative. Les souhaits subjectifs des différents groupes d'acteurs comme leurs attentes de carrières jouent un très grand rôle – en particulier pour les innovations – et devraient ainsi être inclus dans les évaluations.

La participation est aussi pertinente pour la compréhension et l'acceptation des résultats d'un foresight. Tous les participants doivent y retrouver leur point de vue représenté. « La rationalité comme la légitimité des décisions politiques peuvent être améliorées » (Hennen, 1999). Cela crée un fort stimulus aux discussions publiques, en particulier si ces dernières sont conduites de manière transparente, de telle sorte qu'une sensibilisation des différents acteurs et du public concernant les impacts technologiques, sociétaux, économiques, politiques et autres peut suivre. De cette façon, les processus de foresight peuvent aussi détecter dans quels domaines un consensus existe déjà ou non, permettant ainsi d'identifier à l'avance un conflit potentiel.

« Nous ne voulons pas simplement identifier de nouvelles technologies (le processus pour identifier les technologies futures est déjà bien établi par le BMBF, cela ne fait pas partie de FUTUR), mais identifier des tendances dans la société des besoins de recherche, y compris la recherche socio-économique. » (Dr. Volkmar Dietz, BMBF).

Le processus FUTUR vise à prendre en compte :

- les champs désignés d'après les besoins des individus dans la société ;
- les champs de grande importance pour la compétitivité future de l'industrie allemande et donc pour l'emploi ;
- les champs promettant une croissance globale, soutenable ;
- les champs technologiques interdisciplinaires.

FUTUR est une initiative du Ministère Fédéral de l'Education et de la Recherche (BMBF). Des experts du Ministère accompagnent le processus dans toutes les phases, afin d'apporter leur savoir-faire, de proposer des suggestions et de prendre des décisions. En tant que conseiller permanent, le conseil consultatif d'innovation du BMBF composé de dix personnalités de haut niveau de la science, de l'économie, des syndicats et des associations de protection de l'environnement soutient le processus FUTUR.

FUTUR est instauré et mis en œuvre sur ordre du BMBF par un consortium regroupant :

- IFOK, institut für Organisationskommunikation (IFOK)
- Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)
- IZT, institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT)
- VDI/VDE – IT
- Science&Media, Büro für Wissenschafts- und Technikkommunikation
- Pixelpark

Au sein de ce consortium, ISI agit en tant que conseiller scientifique. Cet institut conseille sur l'élaboration du concept, l'application des procédures de foresight ainsi que sur leur prise en compte dans des processus politiques (par la société, le BMBF, d'autres acteurs) ; parmi lesquels :

- l'évaluation de la méthodologie de foresight ;
- l'évaluation de processus comparables au niveau international et la contribution des expériences de foresight international ;
- l'observation du processus ;
- l'accompagnement de workshop, si nécessaire la mise à disposition de résumés scientifiques ;
- l'évaluation de la méthodologie appliquée dans le processus FUTUR.

FUTUR a été lancé au printemps 2001. Au terme de l'exercice, fin 2002, des visions mères ainsi que des projets concrets en résultant devront être proposés pour au moins cinq champs de thèmes essentiels ; un objectif ambitieux dont la réalisation se décompose en quatre phases :

a. L'identification des tendances et les réflexions sur ces tendances

La première phase consiste en un vaste inventaire. Des experts des sciences humaines et naturelles, des groupements d'intérêts sociaux sont interpellés afin de participer au dialogue de recherche. Jusqu'à la fin de l'été 2001, ils sont chargés d'identifier les tendances, les développements dans divers secteurs de la société ainsi que leurs conséquences. Ces éléments permettront de faire surgir les questions auxquelles la recherche doit répondre.

b. Des images du futur issues de la réflexion sur les tendances

Dans la deuxième phase, le futur devient plus concret. A partir des thèmes identifiés dans la première phase, les plus importants seront développés au cours de discussions intensives et traduits sous forme d'images du futur. Quel sera le futur ? Qu'est-ce qu'il pourrait être ? Que souhaitons-nous qu'il fût ? Cette phase devrait s'achever fin 2001.

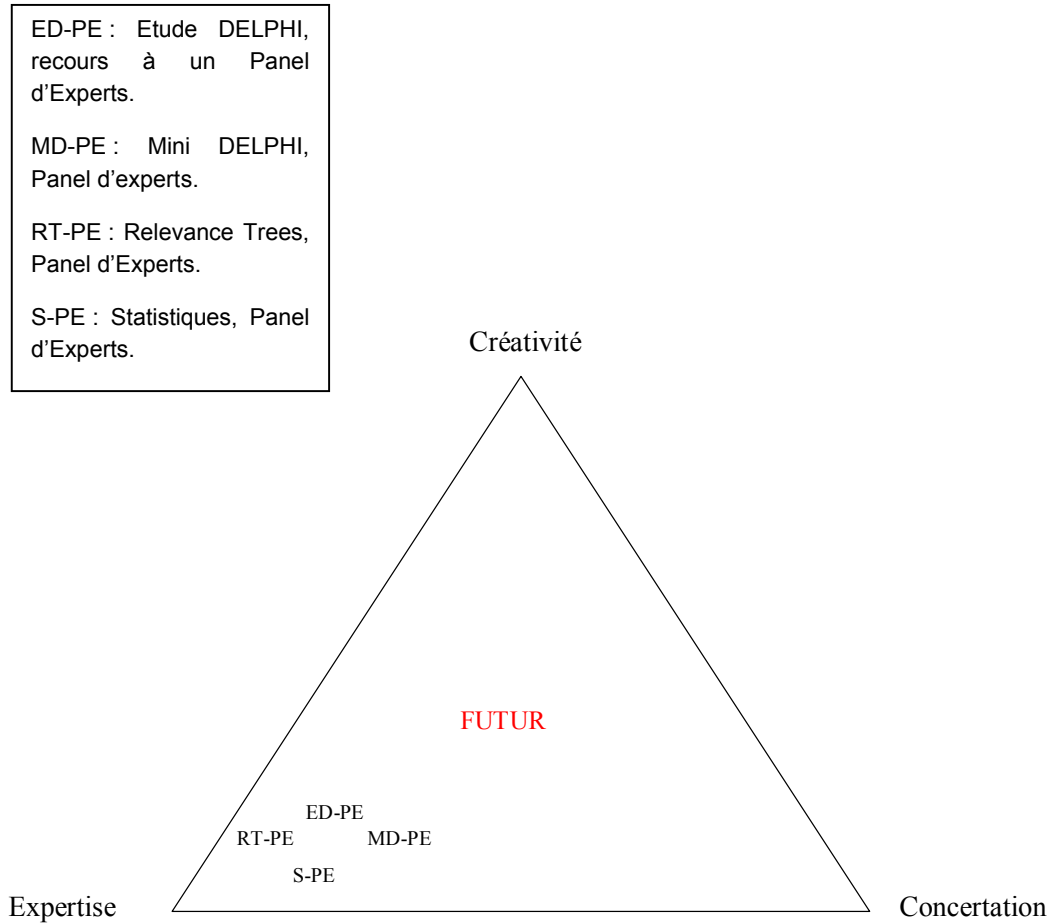
c. Des visions mères élaborées à partir des images du futur. La troisième phase devrait démarrer avant la fin 2001 avec 5 ateliers sur le futur, au cours desquels les images du futur seront complétées. Elles constitueront le point de départ de scénarios. Des workshops développeront ces scénarios en 5 visions mères pour la recherche et la technologie. Les premiers résultats devraient être disponibles au début 2002. Les discussions se poursuivront jusqu'au début de l'été.

d. Des visions mères visant la transposition

La quatrième phase vise la transposition en politique pratique. Dans un premier temps, les participants présenteront publiquement les visions mères élaborées au cours de la phase précédente. Puis, au cours d'un débat interne intensif, elles devront être transposées en projets concrets.

Ainsi, avec cet exercice de foresight, l'Allemagne semble-t-elle s'engager dans une nouvelle voie, celle du foresight social, où les besoins de la société sont désormais au cœur de ses préoccupations. Un effort important visant la participation de tous les acteurs apparaît dans cet exercice, d'où la position de ce dernier dans notre typologie (voir figure 3.13). Reste qu'il ne s'agit pour l'instant que d'intentions et qu'il faut maintenant attendre les réalisations pour pouvoir juger de l'efficacité de l'exercice FUTUR.

Figure 3.13. Une typologie des expériences allemandes : des foresights de plus en plus environnementaux mais fondés sur des dires d'experts.



3.4. L'expérience japonaise : un précurseur en perte de vitesse en matière de foresight scientifique et technologique.

Le Japon a commencé son développement en science et en technologie plus tard que les autres pays mais a néanmoins relevé le défi avec succès. Beaucoup de facteurs ont contribué à ce succès, notamment l'adaptation de grandes études de prospective à la fin des années 60. Au Japon, l'Agence de la Science et de Technologie (STA), entre autres, a, en 1971, mis sur pied une grande étude sur le futur de la science et de la technologie. La méthode DELPHI était une technique utilisée pour des activités de prospective. Celle-ci n'a pas été considérée comme un outil de prévision mais comme un instrument permettant d'examiner systématiquement le futur sur le long terme. L'un des objectifs de ce type d'activité nationale est l'identification des domaines stratégiques pour la recherche et les technologies génériques. Ces dernières peuvent, très probablement, apporter des bénéfices économiques et sociaux. Le processus DELPHI japonais a continué et a été appliqué tous les cinq ans. Les résultats de la septième étude doivent être publiés en juin 2001.

Cependant, les politiques technologiques japonaises sont moins conséquentes que l'on pourrait penser. Elles impliquent un assortiment de décisions politiques et d'acteurs/agences divisés de façon pragmatique. Parfois des besoins contradictoires sont noyés dans une large masse de problèmes⁸⁶. Les résultats des foresights ont fourni, durant une longue période, le "langage" pour communiquer parmi les acteurs japonais en science, technologie, et société (Kuwahara, 1999).

Il existe une grande tradition de prospective au Japon. Celle-ci est développée aux quatre niveaux suivants (pour plus de détails voir Kuwahara, 1996):

1. Au niveau macro-économique global : l'étude pour toute l'économie japonaise fondée sur les enquêtes DELPHI conduite tous les cinq par le NISTEP/STA.
2. Au niveau macro-sectoriel : des études réalisées par des ministères et des agences. Le domaine étudié est limité au mandat du ministère et l'horizon de temps est 10/15 ans.
3. Au niveau méso-économique : les prospectives sont réalisées par des groupes d'entreprises privées ou des organismes semi-publics.
4. Au niveau micro-économique : cette activité de prospective est assurée par des entreprises privées pour leur propres intérêts. Ces études ont un champ très limité et un horizon de temps court.

⁸⁶ Au Japon, chaque Ministère est responsable d'un centre de recherche qui lui est propre et de son budget. Le Ministère de l'Education gère la recherche fondamentale et les autres Ministères, la recherche appliquée. En général, le gouvernement participe peu aux dépenses de recherche, le financement provenant essentiellement de l'industrie.

En fait, l'enquête DELPHI est adaptée au système administratif japonais de la science et la technologie. Elle fournit une base pour toute autre activité de prospective. La responsabilité scientifique et technologique japonaise est répartie entre plusieurs ministères et agences qui ont leurs propres établissements et budgets de recherches. Les programmes de R&D de gouvernement sont, en général, mis en application grâce à la coordination de la STA. Les études DELPHI ont été financées par le Conseil pour la Science et la Technologie, qui est le comité responsable pour tout ce qui concerne la recherche et le développement. Il est présidé par le Premier Ministre. Les études DELPHI fournissent des données de base pour la formulation des politiques scientifiques et technologiques. C'est pourquoi nous nous focalisons sur ces études DELPHI pour mettre en évidence l'évolution de la dimension environnementale dans la prospective japonaise qui, comme nous allons le voir, n'a pas connu la même progression au niveau méthodologique que celle des pays européens au point que les japonais continuent à parler de prévision (forecast) et non pas de prospective (foresight).

On peut même avancer que le Japon connaît une certaine perte de vitesse en matière de prospective depuis le début des années 1990. Ajoutons que si ces exercices ont été populaires au Japon jusqu'au quatrième Technology Forecast, ils ont à faire face depuis lors à une certaine perte d'audience⁸⁷. Ainsi, en 1989, le NISTEP a réalisé une étude pour évaluer l'influence du quatrième foresight auprès des entreprises japonaises. Sur 247 compagnies interrogées, il apparaissait que 14,6% effectuaient des études en interne, seulement 55,1% se référaient au Technological Forecast de la STA (contre 80% encore au début des années 1980), 35,6% faisaient réaliser des études de prospective par des sociétés extérieures, 47,8% utilisaient des exercices de prospective réalisés par des organismes autres que le NISTEP.

Afin de contrebalancer cette perte d'intérêt national, le NISTEP s'est, depuis le début des années 1990, focalisé sur l'exportation de sa méthode et a acquis une dimension internationale en 1991 avec le cinquième DELPHI qui s'est fait en collaboration avec l'Allemagne puis la France (Kuwahara, 1999 ; Cuhls et Kuwahara, 1994).

Cependant, récemment, cette exportation s'est elle-même ralentie dans la mesure où la méthode DELPHI est, comme nous l'avons vu précédemment, de plus en plus délaissée au profit des méthodes pouvant intégrer la participation des acteurs « non experts » de la société civile dans les visions du futur.

⁸⁷ "Les Japonais tout comme les Allemands ont gaspillé leur argent. Ils ont réalisé un travail purement bureaucratique. Ils ne se sont pas posé les questions suivantes : quels seront les utilisateurs, pourquoi faire cet exercice, quel sera le programme d'activation ?" (entretien avec J. Coates, Washington D.C., Etats-Unis).

3.4.1. Les enquêtes DELPHI du NISTEP/STA : une longue tradition

Les études de prospective recourant aux enquêtes DELPHI sont réalisées par le National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP) en collaboration avec l'Institute for Future Technology Forecast (IFTECH) et publiées par la Science and Technology Agency (STA). Le but est d'orienter les recherches vers des domaines stratégiques et vers des technologies génériques qui apportent des satisfactions économiques et sociales.

Ces exercices ont influencé de nombreux pays. Elles sont financées par le Conseil pour la Science et la Technologie (Council for Science and Technology). Le président de chaque étude de ce type est le Premier Ministre. Elles fournissent des informations pour la formulation de politiques nationales scientifiques et technologiques.

Ainsi, le NISTEP/STA réalise tous les cinq ans, depuis 1971, ce qu'il qualifie de « Technology Forecast ». La méthode DELPHI est employée afin d'établir sur 30 ans une vision possible de l'évolution technologique. Ces études couvrent l'ensemble des secteurs de la science et de la technologie. Le processus DELPHI a, lui-même, eu une influence importante sur des activités japonaises de R&D. Plus de 100 chercheurs sont impliqués dans leur conception et dans l'analyse des résultats. Ils ont des postes à responsabilité et pertinents à leurs instituts, universités, et entreprises. En outre, environ 3000 chercheurs y participent en appliquant les résultats pour leur projet de recherche.

Ces différentes enquêtes obéissent aux quatre principes suivants:

- Les besoins sociaux et économiques doivent être pris en compte dans le développement scientifique et technologique.
- Les enquêtes doivent couvrir tous les domaines de la science.
- Les enquêtes doivent permettre de déterminer des priorités de R&D.
- Les priorités sont déterminées soit sous forme de prévision d'un changement futur de la part des experts ; soit de manière normative, comme un but à atteindre par des experts et des scientifiques.

La première enquête (1970-1971) couvrait 5 champs et 644 sujets, la sixième (1997) couvre 14 champs et 1072 sujets (voir tableau 3.12). Ceci montre que le nombre de champs et de sujets traités a augmenté sur l'ensemble des six enquêtes.

Tableau 3.12. Récapitulatif des différentes enquêtes DELPHI japonaises

Enquête	Année	Nombre de champs	Nombres de sujets	Période étudiée	Réponses effectives
Première	1970-71	5	644	1971-2000	2482
Deuxième	1976	7	656	1976-2005	1316
Troisième	1981-82	13	800	1981-2010	1727
Quatrième	1986	17	1071	1986-2015	2007
Cinquième	1991	16	1149	1991-2020	2385
Sixième	1996	14	1072	1996-2025	3586
Septième	2000	16	1065	2001-2030	

Rétrospectivement, l'enquête de 1971 s'est révélée pertinente en ce qui concerne la santé, les sciences de la vie et les ressources en eau et en minéraux. En revanche, les résultats concernant l'énergie et le transport n'ont pas été significatifs. Plus généralement, l'évaluation des deux premières enquêtes (1971, 1976) montre qu'environ deux tiers des sujets évoqués dans l'enquête DELPHI ont été réalisés ou partiellement réalisés. Lors d'une réorientation de la recherche entreprise grâce aux résultats d'une étude DELPHI, on constate une réduction du temps de réalisation prévue pour une technologie donnée. Un exemple typique est celui des cellules photovoltaïques.

Ces dernières furent une priorité pour les japonais pendant des années. L'optimisme des firmes a poussé les investissements dans cette technologie en terme de R&D. Le MITI, en surinvestissant, a accéléré le processus d'investissements et donc le progrès technique. La production de masse a pu commencer. Ainsi, au Japon, l'enquête DELPHI a permis non seulement l'apprentissage de techniques mais a également provoqué des « déclics » en terme d'actions.

De façon générale, on peut dire que l'exercice régulier mené par le NISTEP a offert, jusqu'à la fin des années 1980, des informations au plan national pour élaborer des politiques de recherche et a fourni aux organismes privés et publiques des orientations pour leurs politiques d'investissement.

Le sixième « Technology Forecast » a démarré en 1995. Il est composé de 1072 sujets préparés par les sous-comités et répartis en 14 champs technologiques (voir encadré n°3.10). Chaque panel est constitué de 5 à 10 experts provenant du secteur privé et public (NISTEP, 1997).

ENCADRÉ 3.10 : LES CHAMPS TECHNOLOGIQUES DU SIXIÈME DELPHI

JAPONAIS

Matériaux et Processus
Electronique
Information
Science de la Vie
Espace
Science de la Mer et de la Terre
Ressources et Energie
Environnement
Agriculture, Forêt et Pêche
Production et Machinerie
Urbanisation et Construction
Communication
Transport
Santé, Soins Médicaux et Bien-Etre

Les sujets ont été évalués en fonction de leur contribution au développement socio-économique, à la résolution des problèmes environnementaux et à l'amélioration de la qualité de vie. Les deux tiers des sujets sont entièrement nouveaux, le dernier tiers reste peu ou pas modifié par rapport à l'exercice précédent.

Les experts doivent systématiquement émettre une hypothèse sur le temps de réalisation des technologies dans le monde, les pays ou régions leaders et les mesures nécessaires à leur réalisation. Entre le quatrième et cinquième DELPHI, le temps de réalisation des innovations technologiques majeures avait été repoussé pour tous les sujets. Cette tendance persiste entre le cinquième et sixième DELPHI.

Les rapports ont toujours été fortement diffusés au public. Ils sont traduits en anglais, sauf pour le deuxième et le troisième Delphi qui ne sont disponibles qu'en japonais. A titre d'exemple, concernant la diffusion des résultats, environ 3000 copies du rapport de la cinquième étude ont été distribués, auxquels il faut ajouter la distribution d'environ 1000 copies dans sa version anglaise. Les aspects principaux ont été présentés au public par beaucoup de journaux en réponse à un vif intérêt.

3.4.2. Une part grandissante de la dimension environnementale

On constate une importante croissance des préoccupations environnementales entre le quatrième et cinquième DELPHI. L'environnement et les énergies nouvelles apparaissent comme une priorité pour le Japon au même titre que le domaine de l'information. Cette montée en puissance est liée au fait que les experts japonais pensent que les trois-quarts des grandes innovations technologiques dans le premier quart du 21^{ème} siècle seront issus de ces deux domaines.

Cet intérêt pour l'environnement est né après l'étude prospective menée de 1985 à 1989 par le National Institute for Environmental Studies of the Environment Agency, intitulée « Studies on the Long term Prediction of Environmental Changes through the Use of indicators » (NIES, 1990). Les objectifs étaient de prévoir systématiquement la voie prise par la société japonaise et son économie à l'aube du 21^e siècle et les conséquences résultant des problèmes écologiques.

La méthode employée dans cet exercice peut se résumer de la façon suivante :

- Elaboration d'un scénario de long terme pour des problèmes environnementaux prenant en compte les tendances de la société japonaise.
- Développement d'un système de prévision à long terme fondé sur les bases de données, la modélisation, la simulation, etc.
- Vérification des scénarios de long terme en utilisant la méthode DELPHI.

L'une des conclusions les plus alarmantes de ce rapport est que la concentration urbaine va continuer à s'accroître au Japon en entraînant une dégradation de l'environnement, notamment en matière de pollution urbaine (liée au trafic automobile) et de gestion des déchets. Simultanément cette étude montre que la plupart des autres pays ont à faire face à ces mêmes problèmes. Il en résulte que l'économie japonaise a tout intérêt, et du point de vue de sa propre qualité de vie et de celui de sa compétitivité, à se spécialiser dans l'innovation technologique environnementale.

Ce choix en matière de politique scientifique et technologique est d'ailleurs confirmé lors de deux études prospectives successives du MITI (1988, 1990, 1994) auprès de panels d'experts, afin d'orienter le développement industriel et technologique japonais.

Ainsi, le champ « Environnement » (8^{ème} champ) du sixième DELPHI est constitué de 39 questions et divisé en deux groupes : environnement global et environnement local (voir tableau 3.13).

Tableau 3.13. Ensemble des sujets concernant le champs Environnement du 6^{ème} Delphi japonais

Environnement Global	Environnement local
Réduction de la couche d'ozone	Qualité de l'Air
Réchauffement de la terre	Qualité de l'Eau
Pluies Acides	Bruit/Vibration
Pollution Marine	Déchets
Disparition des forêts tropicales	Nature/Ecosystème
Désertification	Sujets Croisés
Généralité	

Sur les dix sujets dont le degré d'importance est jugé prioritaire, six appartiennent au domaine de l'environnement global. On peut d'ailleurs noter que la Convention sur le changement climatique adoptée à RIO et sa mise en œuvre sont considérées comme majeures du point de vue de leur impact sur l'innovation technologique dans les prochaines années.

Sur les 39 sujets environnementaux de la dernière enquête, 23 (soit 53%) sont identiques à la précédente, 9 (23%) ont été modifiés et 7 (18%) sont totalement nouveaux. Si l'on compare en terme de degré d'importance, 5 sujets ont progressé, 17 ont régressé et 1 a stagné. La meilleure progression a été réalisée par la technologie permettant la réduction du bruit des véhicules (NISTEP, 1997, p 268). En revanche la chute la plus importante revient à l'explication de l'impact des déserts sur le climat. De façon générale, on peut noter que les nouveaux thèmes relevant du champ environnement sont en nombre plus limités que ceux relevant du domaine de l'électronique et de l'information. Ceci peut impliquer que, dans la phase actuelle, le pas de l'innovation dans l'information et l'électronique est très rapide, et beaucoup de nouveaux sujets importants sont soulevés au cours d'une période relativement courte de cinq ans, tandis que dans des domaines environnementaux, les sujets qui ont été identifiés comme importants il y a cinq ans ne sont pas, en grande partie, encore réalisés (Kikuta, 1998).

Les champs de recherche jugés les plus importants dans le domaine de l'environnement portent sur les techniques de gestion environnementale et les mesures de prévention et de contrôle (voir encadré 3.11).

**ENCADRÉ 3.11 : LES CHAMPS DE RECHERCHE PRIORITAIRES DANS LE DOMAINE DE
L'ENVIRONNEMENT SELON LE 6^{ÈME} FORESIGHT**

- Gestion de la demande
- Cités du futur permettant de recycler l'énergie et les ressources pour éviter les impacts environnementaux
 - Utilisation des biotechnologies pour le traitement des eaux usées
- Développement de nouvelles méthodes d'analyse de cycle de vie du produit et du procédé
 - Généralisation de nouvelles technologies de recyclage
 - Nouveaux matériaux dans la fabrication des automobiles

Finalement, les deux thématiques considérées comme primordiales sont les suivantes :

- introduction de nouvelles technologies pour réaliser une société de recyclage,
- mise en place des techniques de gestion environnementale.

En ce qui concerne le premier thème, les priorités environnementales en matière de technologie de recyclage se situent au niveau de la conception des villes. Le principal objectif consiste ici à minimiser l'utilisation de l'énergie et des ressources. Si la gestion de la demande semble être la technique requise pour réduire ce type de consommation, la solution pour les villes futures serait de mettre en place une société de recyclage de l'énergie et des ressources permettant une réduction de la pression environnementale. En effet, les problèmes environnementaux proviennent en partie d'une expansion rapide d'une société de production et de consommation de masse (Kashiwagi, 1997).

L'une des méthodes possibles est l'émission zéro. Pour cela il faut structurer les villes de manière à concentrer physiquement les industries et entreprises afin que les résidus des uns soient la matière première des autres. Les sujets relatifs à ces technologies (par exemple : les biotechnologies pour le traitement des eaux usées) sont prépondérants.

La mise en place de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) permet également, selon cette étude de prospective, de prendre en compte le recyclage et la réutilisation dans la conception des produits. Les techniques restent coûteuses. De plus, ce système demande aux industriels une complète réorganisation de leur mode de production.

L'Analyse de Cycle de Vie (avec le recyclage et la réutilisation des matériaux) est considérée comme la « technologie » prioritaire (indice du degré d'importance) et son année de pleine réalisation est fixée à 2007.

Pour la mise en œuvre des techniques de gestion environnementale, le rapport insiste sur le développement futur, suite à l'instauration, depuis 1996, des normes ISO 14000 concernant le management environnemental et les systèmes d'audits. ISO 14001 correspondant au Système de Management Environnemental (EMS) devrait, dans l'avenir, permettre d'allier environnement et compétitivité dans le sens de ce que Porter a qualifié de « win-win strategy », comme nous l'avons expliqué dans l'introduction générale de ce rapport⁸⁸.

Au total, si l'environnement a acquis une place de choix dans les exercices nationaux de prospective au Japon, c'est avant tout pour des motifs de compétitivité⁸⁹. La prospective japonaise obéit, jusqu'à présent, à une logique d'incitation à l'innovation technologique et scientifique, pour la direction de laquelle les experts et les scientifiques sont considérés comme les seuls qualifiés (voir figure 3.13.).

Avant de débiter la septième étude Delphi, qui vient juste de s'achever, les Japonais ont entrepris une vaste réflexion à propos de l'intérêt du renouvellement des études Delphi et du choix de nouvelles méthodes. En effet, même le Japon est devenu réceptif à la vague de prise en compte de la demande sociale qui déferle sur les exercices de prospective en Europe.

3.4.3. La septième étude Delphi

La mise en place d'un foresight technologique est inextricablement liée aux caractéristiques des organisations gouvernementales impliquées dans la science et la technologie ainsi qu'aux divers facteurs sociaux et économiques contemporains à sa mise en œuvre. Or, le Japon doit actuellement faire face à une évolution importante des systèmes gouvernementaux suite à une longue controverse commencée au milieu des années 1990, de même qu'à une importante évolution de la société. Dans un premier temps, nous résumons quelques-unes des caractéristiques du système japonais pour la science et la technologie ainsi que les évolutions du système depuis le milieu des années 1990. Puis nous décrivons en quoi les objectifs du foresight technologique en ont été affectés.

⁸⁸ « Tous ces changements et réorganisations de l'entreprise induits par des impératifs de préservation environnementale signifient que nous sommes à un tournant du développement industriel que nous n'avons pas vu depuis la Révolution industrielle » (Kashiwagi, 1997).

⁸⁹ « Le Japon doit non seulement faire face à la globalisation et à la concurrence économique intense avec d'autres pays, mais également au vieillissement, à un rythme sans précédent, de sa population. Les gens sont profondément concernés par l'idée que le Japon se dirige vers une crise dans laquelle la survie de l'industrie, le manque de vitalité de la société, et la détérioration du niveau de vie sont fortement évidents. D'ailleurs, la population sera, en général, dans son existence future confrontée aux problèmes environnementaux, au manque de nourriture, et à l'épuisement de l'énergie et des ressources naturelles. En faisant face à ces problèmes au Japon et à l'étranger, on s'attend à ce que la science et la technologie jouent un rôle de plus en plus grand ». (Kuwahara, 1999, p13). Précisons que Terutaka Kuwahara est le responsable de l'équipe du "Technology Forecast Research" au NISTEP.

3.4.3.1. Les caractéristiques fondamentales du système japonais pour la science et la technologie

L'une des caractéristiques de l'administration japonaise pour la science et la technologie concerne sa répartition entre de nombreux ministères et agences gouvernementales. Ces ministères et agences possèdent leur propre institution et budget de recherche, parallèlement aux programmes gouvernementaux de R&D. Tandis que le Ministère de l'Éducation, des Sports, de la Science et de la Culture (MONBUSHO), qui supervise les universités et les collèges, s'est vu attribué un budget pour la promotion de la recherche fondamentale, des ministères tels que le Ministère du Commerce International et de l'Industrie, le Ministère de la Santé et du Bien-Etre, le Ministère des Postes et Télécommunications et le Ministère de l'Agriculture, de la Forêt et de la Pêche possèdent leur propre budget et organisme de recherche afin d'atteindre leur propres objectifs administratifs. Par ailleurs, l'Agence pour la Science et la Technologie met en œuvre des programmes de recherche stratégique à cheval sur la recherche fondamentale et appliquée. Le budget gouvernemental pour la science et la technologie, qui s'élevait en 1999 à 3,16 trillion de yen, était distribué entre les ministères et les agences de la façon suivante : Ministère de l'Éducation 42,7%, Agence pour la Science et la Technologie (STA) 24,5%, Ministère du Commerce International et de l'Industrie 16,1%, Agence de la Défense 4,6%, Ministère de l'Agriculture, de la Forêt et de la Pêche 3,5%, Ministère des Postes et Télécommunications, 2,4% Ministère de la Construction 1,3% et autres ministères et agences 2,4%. Le conseil pour la science et la technologie a été créé, avec à sa tête le premier ministre, afin de délibérer et de décider d'un programme général pour les activités de R&D entreprises par ces ministères et agences.

Le système japonais pour la science et la technologie est aussi caractérisé par le fait que les dépenses gouvernementales de recherche, exprimées en terme de pourcentage par rapport aux dépenses totales de recherche de la nation, sont faibles comparativement aux Etats-Unis et à certains pays européens. Par exemple, en 1998 les dépenses gouvernementales représentaient 21,7% des dépenses totales de la nation en recherche (16,1 trillion de yens). Ce pourcentage n'était que de 17,9% en 1990, mais est en progression constante depuis.

3.4.3.2. Les évolutions du système japonais pour la science et la technologie depuis le milieu des années 1990

3.4.3.2.1. L'élaboration de la loi fondamentale pour la science et la technologie et la formulation du plan fondamental

Comme nous l'avons rappelé précédemment, les dépenses en R&D du Japon ont jusqu'à présent largement dépendu du secteur privé. Or, les investissements du secteur privé en R&D ont toujours porté sur le développement de quelques produits du marché, ce qui a eu inévitablement pour conséquence un investissement moindre dans la recherche fondamentale. Le Japon a donc privilégié la recherche appliquée et le développement de certains secteurs. Suite à la récession économique qu'a connue le Japon au cours des années 1990, le secteur privé n'a plus été en mesure de maintenir le même niveau de dépenses en R&D (en particulier pour la R&D fondamentale à long terme). Suite à ces événements, il a été demandé au gouvernement d'augmenter ses dépenses de recherche fondamentale (cela a également été demandé par les pays étrangers). Par ailleurs, il lui a été recommandé de s'impliquer davantage dans la promotion de la R&D applicable aux besoins socio-économiques tels que la création de nouvelles industries, la résolution des problèmes globaux et l'élaboration des systèmes sociaux.

Dans ce contexte a été promulguée en 1995 la loi fondamentale sur la science et la technologie. Les points suivants y sont traités :

- Les responsabilités des gouvernements central et local (par la suite gouvernement est utilisé pour gouvernement central) pour la promotion de la science et de la technologie ;
- La formulation du plan fondamental pour la science et la technologie afin d'assurer les fonds nécessaires (par la STA en coopération avec les ministères concernés) ;
- Les mesures prises par la nation entière (gouvernement, gouvernement local, secteur privé): égale promotion des diverses R&D (accent plus porté sur la recherche fondamentale) ; amélioration des facilités de recherche ; support aux échanges personnels non seulement entre le gouvernement central et local mais aussi entre les secteurs ; recrutement de jeunes chercheurs ; recrutement de techniciens assistants.

Dans le cadre de cette loi, a été établi le premier plan fondamental pour la science et la technologie afin de désigner des politiques concrètes sur un horizon de cinq ans (1996-200), pour lesquelles les problèmes suivants ont été désignés comme prioritaires :

- L'élaboration d'un nouveau système de R&D
- L'expansion des investissements de R&D par le gouvernement

Ce premier plan fondamental stipule que le gouvernement doit augmenter ses investissements dans les domaines de la science et de la technologie afin d'atteindre un pourcentage du PNB comparable à celui des principaux pays européens et nord américains au début du 21^{ème} siècle.

Cela signifie un doublement de l'investissement gouvernemental durant la période du plan, de telle sorte que les dépenses gouvernementales en science et technologies atteignent 17 trillion de yen.

Les CST et STA (à partir de janvier 2001, le Ministère de l'Education, des Sports, des Sciences, de la Culture et de la Technologie) devraient réviser le plan fondamental tous les cinq ans. Le second plan fondamental couvrira les années 2001-2005.

Les circonstances ont beaucoup évolué ces dernières années. Une longue période de récession de l'économie dans les années 1990 a conduit le taux de chômage à un niveau élevé. Par ailleurs, une tendance à la baisse sur le long terme du taux de naissance entraînant une décroissance de la population totale dans un futur proche (à partir de 2007) est attendue. La décroissance de la population sera responsable d'importants impacts sur le système social, la plupart des problèmes étant associés au déséquilibre de l'offre et de la demande sur le marché du travail. A cette baisse de la population, il convient d'ajouter une durée de vie des Japonais toujours en augmentation. Tous ces facteurs font que les individus portent un intérêt croissant à la compétitivité future du Japon ainsi qu'à la future qualité de vie (y compris les soins médicaux et les services relatifs au bien-être). Simultanément, des restrictions provoquées par les problèmes environnementaux tels que l'effet de serre deviennent urgentes et auront également des impacts importants sur le futur.

Dans ce nouveau contexte, le second plan fondamental vise en particulier les points suivants :

- La promotion des technologies avancées dans un but de compétitivité internationale (par exemple, la création d'emplois dans le domaine de l'intelligence).
- La promotion de technologies satisfaisant les besoins des individus tels que l'amélioration de la santé, la prévention des catastrophes et des désastres naturels.
- La promotion des études les plus avancées contribuant au progrès de la science fondamentale, résolvant les problèmes globaux d'environnement, d'offre de nourriture, des ressources énergétiques limitées, etc...

3.4.3.2.2. La réforme gouvernementale en 2001

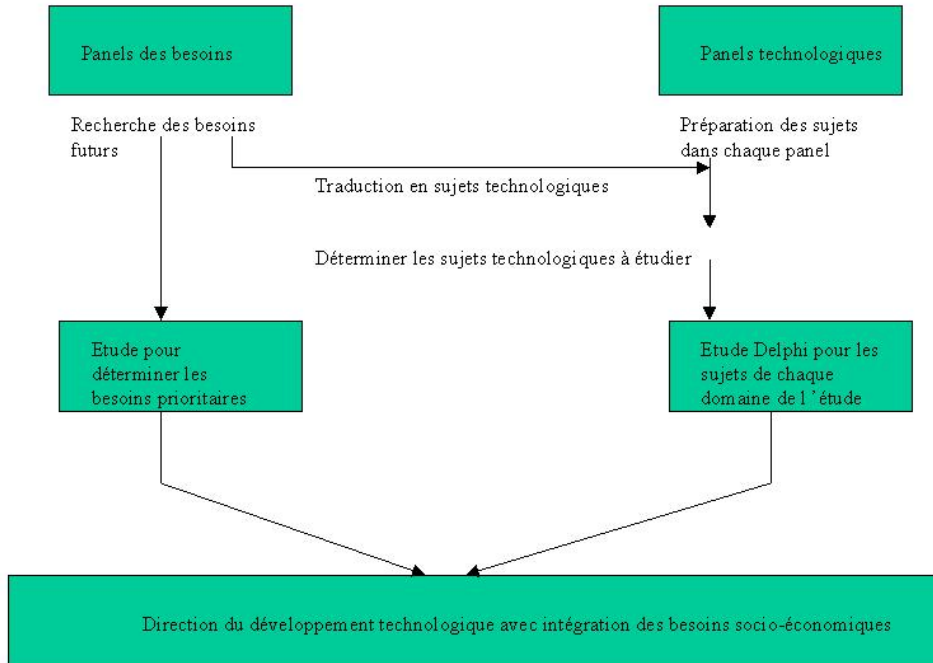
Dans les années 1990, les déficits budgétaires se sont accumulés années après années représentant ainsi une large part de la dette gouvernementale. Cette importante dette gouvernementale est devenue un problème politique au milieu des années 1990 (le déficit budgétaire demeure un problème crucial). La population est devenue très sensible aux investissements inefficients du gouvernement. Les problèmes de faillite bancaire combinés à une mauvaise gestion de l'administration financière du gouvernement ainsi que les autres problèmes gouvernementaux (accidents successifs dans les centrales nucléaires, etc...) ont considérablement affecté l'opinion publique. En conséquence, cette dernière a réclamé une évolution du système gouvernemental vers un système plus restreint et plus efficace. En 1999 le parlement japonais décida de mettre en place un nouveau système gouvernemental en janvier

2001. Avec cette réforme, le gouvernement japonais réduira le nombre de ses ministères et agences de 22 à 13. Selon ce programme, le "Ministère de l'Education, des Sciences, des Sports et de la Culture" et "l'Agence pour la Science et la Technologie (STA)" fusionneront en un "Ministère de l'Education, des Sciences, des Sports, de la Culture et de la Technologie". Ce nouveau ministère sera responsable d'un large domaine scientifique couvrant à la fois la science fondamentale ainsi que la recherche appliquée et le développement. Le NISTEP sera un institut de ce nouveau ministère.

Cette ère d'importants changements des systèmes gouvernementaux doit composer avec de nombreuses restrictions provoquées par des problèmes internes tels que qu'une importante dette gouvernementale et un vieillissement important de la population ainsi que des problèmes globaux. Dans ces conditions, la priorité accordée à l'utilisation restrictive des ressources a été reconnue comme un problème très important. Dans ce contexte, les exercices de foresight de la STA sont appelés à jouer un rôle très important.

L'attention sera plus particulièrement portée sur l'intégration des besoins socio-économiques dans les études de foresight. Le nouveau programme de foresight de la STA cherche à instaurer un nouveau schéma d'étude avec l'intégration des besoins socio-économiques (figure 3.14).

Figure 3.14. Procédure d'intégration des besoins socio-économiques



3.4.3.3. La mise en place du nouvel exercice : Une tentative d'intégration des besoins socio-économiques

Le système en charge de l'administration de l'étude sera composé d'un comité consultatif supportant l'entière responsabilité et de groupes responsables de chaque catégorie de technologie pour couvrir chaque domaine.

Comme nous l'avons décrit précédemment, le comité de foresight technologique (en tant que comité consultatif) est composé des présidents de chaque sous-comité. Dans le cas des foresights 1 à 6, le comité consultatif était composé uniquement de sous-comités traitant de champs technologiques. Dans le cas de la 7^{ème} étude, actuellement en cours, le comité consultatif comporte également 3 sous-comités traitant des besoins socio-économiques en plus des 14 sous-comités technologiques (pour 16 champs).

Le comité consultatif surveille l'ensemble des investigations, décidant des politiques d'enquête et rassemblant les résultats finaux. Les panels technologiques préparent l'arrière-plan pour l'investigation et leurs champs, établissent les sujets de l'enquête, sélectionnent les participants à l'étude, analysent les résultats de l'étude et préparent les rapports. Au moment d'établir les sujets de l'étude, les problèmes présentés par les groupes des catégories des besoins socio-

économiques doivent être interrogés avant de commencer l'étude dans ce champ. Tous les sujets de l'étude seront évalués selon le degré d'application possible pour chaque besoin sur la liste préparée par les panels des besoins.

◆ *La mise en place de panels sur des besoins*

Trois panels des besoins (sous-comités) ont pour objectif de rechercher les futurs besoins socio-économiques liés à l'évolution démographique du Japon (baisse du taux de natalité et vieillissement de la population), à la globalisation de l'économie accompagnée d'un rapide progrès des technologies de l'information, aux problèmes globaux de l'environnement, de l'alimentation, de l'énergie, à la sécurité et sûreté de la société et des vies humaines (y compris les soins mentaux). Les besoins socio-économiques ainsi révélés sont ensuite présentés aux panels technologiques, qui doivent alors inclure les sujets liés à ces besoins.

Au cours de l'élaboration des sujets technologiques et de l'analyse des résultats, il convient d'inclure des points de vue d'experts issus de disciplines autres que les sciences physiques.

◆ *La mise en place de panels sur les services, la distribution et la gestion*

Afin de prendre en compte la rapide croissance des secteurs des services et de la distribution ainsi que l'importance de la gestion des affaires, le NISTEP a mis en place des panels sur ces thèmes.

◆ *Le regroupement de panels*

Afin de rendre flexibles les thèmes (dans le cas de la sixième étude, ces thèmes étaient communs à tous les champs), le NISTEP a établi des « groupes principaux » regroupant des champs apparentés ou de type similaire.

6 groupes principaux de technologies, regroupant 14 champs ainsi qu'une catégorie principale pour les besoins socioéconomiques, couvrant 3 champs ont été établis pour fournir les champs faisant l'objets de l'étude.

Groupes de technologies	Champs
Technologies	
Groupe sur l'information	Information et communication Electronique
Groupe sur la biologie	Sciences de la vie Santé et soins médicaux
Groupe sur l'environnement	Agriculture, forêt, poissons et alimentation Ressources, énergie et environnement Science de la mer, science de la terre et espace
Groupe sur les matériaux	Matériaux et traitement
Groupe sur l'industrie	Production Distribution Gestion
Groupe sur l'infrastructure	Urbanisation et construction Transports Services
Besoins socio-économiques	
Groupe sur les besoins	Système socio-économique Vieillesse de la population et baisse de la natalité Sûreté et sécurité

◆ *Le lien entre les besoins et la technologie*

Relier les technologies aux thèmes des besoins est très important pour l'intégration des besoins socio-économiques dans l'étude. Le questionnaire est rempli par des experts dans chaque domaine technologique. Une autre enquête recherchant le degré d'importance de chaque besoin révélé par les 3 panels est alors conduite.

Le groupe sur les besoins a pour mission de déterminer les problèmes devant être résolus par les technologies dans le futur et de présenter ses conclusions sur les catégories de besoins aux groupes technologiques.

◆ *L'introduction de sujets non technologiques (problèmes institutionnels, style de vie...)*

Il convient de considérer, autant que nécessaire, les éléments autres que technologiques pouvant démontrer un impact substantiel.

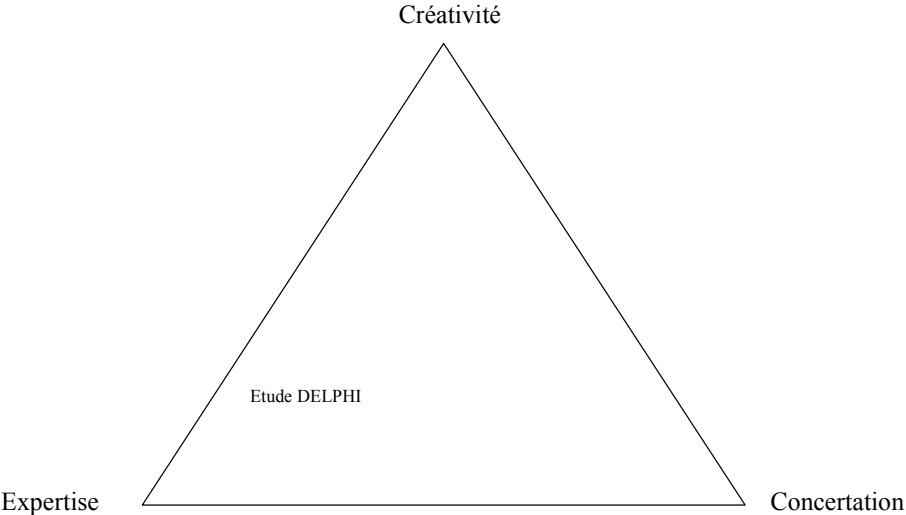
Les problèmes porteurs d'impacts substantiels sur le développement de certaines technologies peuvent être considérés comme sujets (il s'agit de sujets non-technologiques) dans les questionnaires de l'étude. Par exemple, dans le domaine de l'environnement, des thèmes concernant les systèmes institutionnels, comme l'introduction d'une taxe environnementale, peuvent être ajoutés à l'investigation.

Les panels sur les besoins ont pour objectif de déterminer les problèmes devant être résolus par la technologie dans le futur et de présenter leurs résultats sur les besoins aux panels technologiques. Si possible, ils font aussi des suggestions sur les sujets de l'enquête. Parallèlement à l'étude Delphi, une autre étude est menée pour fixer les priorités des besoins. Chaque sujet sera évalué en fonction du degré de relation avec chaque besoin en même temps par les membres de chaque panel.

En combinant les données de l'étude pour déterminer les priorités, les résultats de l'évaluation mentionnée ci-dessus et les résultats de l'étude Delphi, les Japonais pensent obtenir des informations, par exemple, sur les technologies avec des scores de besoins élevés mais prenant un très long temps de réalisation (ces technologies devront être promues en premier).

Même si le Japon tente d'intégrer les besoins socio-économiques à ces études, ces foresights demeurent technologiques et n'impliquent pas l'ensemble des acteurs concernés. Les experts restent les seuls interlocuteurs du processus (voir figure 3.15).

Figure 3.15. Une représentation de l'expérience japonaise en matière de foresight



3.5. L'expérience des Pays-Bas : un foisonnement de foresights technologiques et sociaux dans le champ de l'environnement et du développement durable

Aux Pays-Bas, les origines des foresights technologiques remontent aux années 1970, lors des tentatives de renforcement du rapport entre la science et la société. Depuis 1980, des comités sectoriels (pour l'agriculture, l'environnement et la santé) ont effectué diverses activités de prospective. Dans les années 1990, le Comité de Coordination de la Prospective, le Foresight Steering Committee (OCV), a assumé la coordination de ces activités.

Aux Pays-Bas, les exercices de prospective sont moins holistiques qu'en Allemagne ou en Grande Bretagne et couvrent peu de champs scientifiques et technologiques. En revanche, ils sont plus détaillés et orientés vers des domaines précis. Les Pays-Bas mettent beaucoup l'accent sur une prospective thématique, sur l'interaction entre les thèmes et les différentes disciplines, sur la constitution d'un lien entre des chercheurs et des utilisateurs de recherche, sur la valeur de la recherche et sur des aspects institutionnels et de mise en place.

Certaines institutions et entreprises hollandaises sont très actives en matière de prospective. L'exemple le plus connu est celui de la Royal Dutch Shell qui, dans son service Environnement, élabore des scénarios environnementaux pour aider les décideurs dans leur planification stratégique. Les scénarios sont également perçus comme des outils de communication pour aider à structurer le dialogue entre les stakeholders dans la construction du futur. Ils offrent la possibilité d'identifier dès le début les ruptures et les tendances (Skumanich et Silbernagel, 1996). Une des grandes réussites de ces exercices a été l'anticipation, dès la fin des années 1960, d'une rupture d'approvisionnement en pétrole, non pas en raison de problèmes techniques mais en raison du comportement de l'OPEP. Le scénario a pu être utilisé par Shell comme un signal permettant la pro-activité face aux crises pétrolières en 1973 et 1979. Au début des années 1980, les scénarios ont été également formellement intégrés dans le cycle stratégique et la planification des entreprises. Depuis lors, un cycle continu de prospective recourant aux scénarios comme outils de gestion a été installé par la compagnie hollandaise et a été largement répandu aux Pays-Bas. Par exemple, en 1992, le ministère de l'Education et des Sciences a établi un Comité de Coordination de la Prospective pour coordonner et lancer des études de ce type et pour informer le ministère sur les conséquences d'une politique scientifique. Ce Comité a adopté l'approche des scénarios développée par la société Shell tout en continuant sa politique scientifique traditionnelle par panels disciplinaires. De 1992 à 1996, il a lancé et coordonné une série d'études de prospective pour anticiper les besoins futurs d'expertise et de savoir aux Pays-Bas (OCV, 1992, 1996).

Les scénarios ont eu un impact important sur l'économie hollandaise. Ils ont été employés par de nombreuses institutions (publiques et privées) qui les ont adaptés à leur usage personnel. Les prospectives sur la santé publique éditées par l'Institut National pour la Santé Publique et l'Environnement (RIVM, 1993) et les études sur le futur de la société hollandaise par le Bureau Social et Culturel de Planification (SCP, 1994) sont, à cet égard, illustratives. La méthode des scénarios est largement répandue aux Pays-Bas et on peut d'ores et déjà noter que ce pays n'a jamais recouru à un exercice de foresight national fondé sur la méthode DELPHI, même si les

différents acteurs néerlandais reconnaissent utiliser régulièrement les résultats des DELPHI menés par leur voisin allemand.

Les deux domaines où les études prospectives se sont récemment multipliées sont la politique environnementale et la politique technologique. En 1988 l'Institut National pour la Santé Publique et l'Environnement a édité ses premières prospectives environnementales, (« Concerns for Tomorrow ») (RIVM, 1988). Cette étude a eu un impact important et a annoncé une nouvelle phase dans la politique environnementale hollandaise. La seconde étude de ce type a été éditée trois ans plus tard. Depuis que l'Institut a commencé à développer sa fonction de bureau de planification, il édite tous les quatre ans des prospectives sur l'environnement. Désormais, les Pays-Bas possèdent probablement l'expérience la plus importante en matière d'exercices de prospective, à l'interface de la politique environnementale⁹⁰ (et encore davantage du développement durable⁹¹) et de la politique technologique.

En 1988 et 1989, le gouvernement hollandais a publié deux livres blancs fondamentaux sur sa politique environnementale : le Plan National Environnemental et le Plan National Environnemental Plus (en raison d'un nouveau gouvernement). Bientôt, ces plans sont devenus une référence pour développer des politiques environnementales par les gouvernements locaux, régionaux et nationaux, les industries, les organismes publics et les groupes publics d'action. En réponse à un rapport prévisionnel environnemental (RIVM, 1991), des objectifs ambitieux ont été adoptés. En 2010, toute une série d'émissions de substances nocives devront être réduites de 10 à 30% par rapport à leur niveau de 1985. Deux politiques annonçaient, dans le plan, le développement de technologies environnementales sectorielles spécifiques.

De façon générale, aux Pays-Bas, bien que l'importance de la science et de la technologie soit reconnue, il n'est pas admis pour autant que la recherche scientifique et le développement technologique soient toujours adaptés aux besoins sociaux. Si, dans la plupart des pays industrialisés, la politique technologique et scientifique s'est concentrée principalement du côté de l'offre d'innovation, tenant à peine compte des besoins sociaux, tel n'est pas le cas aux Pays-Bas. En effet, depuis le rapport du gouvernement « Knowledge in transition », le but de la politique scientifique et technologique de ce pays est de renforcer l'interaction entre l'offre et le demande de connaissance⁹² (Vollenbroek et alii, 1999).

⁹⁰ « L'environnement est un domaine dans lequel il y a eu plusieurs Foresights car aux Pays-Bas, l'environnement est une vraie priorité. » (entretien avec B. Van der Meulen, Université de Twente, Pays Bas).

⁹¹ « On ne devrait plus construire des exercices de prospective en matière de politique environnementale mais systématiquement en matière de politiques de développement durable » (entretien avec F. A. Vollenbroek, TNO-STB, Pays Bas.)

⁹² « Dans le passé, on faisait plus facilement l'hypothèse que l'innovation technologique (et donc l'offre) pousse la demande et les besoins. Désormais, on s'interroge plutôt sur la façon dont la demande sociale peut être satisfaite ou non, par l'innovation technologique. Nous devons donc de plus en plus travailler sur les méthodes pouvant faire émerger la demande sociale, notamment en matière d'environnement. De la même façon nous devons aussi nous intéresser aux barrières institutionnelles et culturelles à l'innovation technologique. C'est pourquoi, la première chose à faire dans un exercice de foresight est, à mon avis, réunir des acteurs et réfléchir sur les besoins sociaux auxquels veut s'adresser le foresight que l'on va construire » (entretien avec M. Butter, TNO-STB, Pays Bas.)

Le concept d'« efficacité environnementale » est un concept-clé dans la politique environnementale hollandaise. Il renvoie à un développement social dans lequel la croissance économique, la compétitivité et l'emploi vont de paire avec une diminution de la pression environnementale et de l'utilisation des matières premières non renouvelables. Le développement technologique est considéré comme un (mais pas le seul) des éléments principaux permettant l'atteinte de l'efficacité environnementale.

Depuis le lancement du premier Plan National Environnemental, au moins cinq exercices de prospective relevant, soit de ce que nous avons qualifié de foresights technologiques, soit de foresight sociaux, soit à l'intersection des deux, ont été conduits (Van der Meulen, 1999) :

- Une étude sur les options technologiques possibles afin de résoudre les problèmes environnementaux. Elle s'intitule Technological Options for Environmental Problems (TOEP-study) (1992, 1994).
- Une perspective de long terme menée par le Comité de Conseil pour la Recherche sur la Nature et l'Environnement (RMNO) (1992, 1996).
- Un programme tentant de mettre en place un développement technologique durable (Sustainable Technological Development, DTO) (1997).
- Un processus de prospective par le Foresight Steering Committee (OCV), (1992).
- Un foresight intitulé « 81 options Technology for Sustainable Development » (TNO, 1997).

En revanche, la réflexion sur la veille environnementale est encore peu avancée⁹³. L'institut de recherche néerlandais RIVM (National Institute for Public Health and Environment) regroupe des données sur les risques sanitaires et environnementaux, mais en fait il s'agit davantage d'un observatoire que d'un système de veille tel que nous l'avons défini dans la deuxième section de ce rapport⁹⁴. Il est clair que pour les néerlandais, le système de prospective environnementale doit se situer en amont de la construction d'un système de veille environnementale, ou bien y répondre simultanément.

Pour chacun des cinq exercices foresight mentionnés précédemment, nous présentons les méthodes, les résultats et les expériences.

3.5.1. « Technology Options for Environmental Problems »

Dans le Plan National Environnement il était implicite que les objectifs ambitieux pourraient être remplis à la condition que des technologies appropriées soient encouragées. C'est pourquoi le Ministère du Logement, de la Planification Spatiale et des Affaires Environnementales a commandité en 1992 une étude de foresight sur des technologies environnementales. Les questions principales étaient les suivantes :

⁹³ « Le système de veille essaie de détecter les problèmes environnementaux dès le début. Nous n'avons pas développé de tel système, aux Pays-Bas. » (entretien avec B. Van der Meulen, Université de Twente, Pays Bas).

⁹⁴ <http://www.rivm.nl/>

- Dans les dix prochaines années, quelles nouvelles technologies pourraient contribuer de manière significative à la solution des problèmes écologiques?
- Comment stimuler l'innovation technologique environnementale dans un délai de 10 ans ?

Une équipe de 10 consultants a identifié et évalué 525 options technologiques d'une part, en utilisant l'expertise de trois bureaux d'études d'ingénierie et des entretiens d'experts ; d'autre part, en examinant la littérature internationale et des bases de données ; enfin en organisant plusieurs ateliers. Sur l'ensemble des 525 options technologiques, 200 étaient déjà sur le marché. À partir des autres restantes (325), 93 technologies ont été sélectionnées sur les critères suivants:

- Une contribution majeure à la solution d'un problème environnemental
- L'absence de risque environnemental nouveau
- L'efficacité énergétique
- L'effet de multiplication : la technologie affecte de multiples problèmes écologiques
- Les Obstacles socio-économiques à la mise en place de la technologie
- La Maturité technologique : il faut une très forte probabilité que la technologie soit développée d'ici 10 ans

Une analyse multicritères de ces 93 technologies a été réalisée. La pertinence de chaque technologie a pu être ainsi testée pour un ou plusieurs des 64 problèmes écologiques identifiés dans le Plan National Environnemental.

En guise de résultat, neuf options technologiques prioritaires sont proposées. La plupart de ces technologies prioritaires ont été situées dans les premières phases des chaînes de production. Le tableau 3.14. énumère les neuf technologies et les secteurs dans lesquels ces technologies peuvent réduire la pression environnementale.

Le principal impact de cette étude a été la prise de conscience qu'une politique technologique adéquate doit accompagner la politique environnementale. Rétrospectivement quelques critiques peuvent être émises. Premièrement, l'étude TOEP a pris comme référence des problèmes écologiques existants et n'a pas tenu compte de problèmes écologiques induits par le développement technologique. Deuxièmement, elle s'est focalisée sur l'intérêt économique des innovations technologiques. Enfin, il y a eu peu d'interaction avec d'autres ministères qui jouent un rôle important dans la technologie et la politique environnementale et par conséquent le rapport a eu une audience limitée à un cercle fermé de décideurs environnementaux⁹⁵.

⁹⁵ En 1994, une seconde étude a été commanditée. Elle était focalisée sur les choix possibles en matière de développement technologique. En 1996, le Ministère du Logement, de la Planification Spatiale et de l'Environnement a tenté de commanditer une étude Foresight incluant les aspects culturels et sociaux des développements technologiques.

Tableau 3.14. Options technologiques pour les problèmes environnementaux dans l'exercice hollandais « Technology options for environmental problems »

Options technologiques	Secteur
1. Substitution de la production végétale par la production animale	Agriculture et nourriture
2. Réduction des nitrates technologiques dans la nourriture du bétail	Agriculture et nourriture
3. Agriculture, bétail et systèmes forestier durables	Agriculture et nourriture
4. Procédés associés aux engrais	Agriculture et nourriture
5. Amélioration des procédés de conversion dans les processus de production et de recyclage orientés vers la production	Industrie
6. Substitution de la biomasse à l'énergie fossile	Industrie
7. Substitution de l'énergie (stream) à de l'énergie fossile	
8. Substitution du gaz au pétrole	Industrie
9. Substitution de l'énergie nucléaire par fusion à de l'énergie fossile (sur le long terme)	Industrie
	Industrie

Même si l'ouverture sur les préoccupations sociales est fortement marquée, cet exercice reste résolument fondé sur des dires d'experts et affiche une finalité technologique (voir figure 3.8). En effet, le but principal de ces processus est le lancement d'une politique technologique contribuant à l'atteinte des objectifs environnementaux.

3.5.2. Advisory Council for Research on Nature and Environment

Le Comité Consultatif pour la Recherche sur la Nature et l'Environnement (RMNO) est un des cinq comités consultatifs sectoriels hollandais pour la recherche et agit en tant que panel. Dans un secteur donné, ces comités accomplissent les tâches suivantes :

- Réalisation de foresights sur les développements sociétaux, scientifiques et technologiques

- Communication au gouvernement de la politique scientifique et technologique de ce secteur spécifique
- Stimulation de la mise en œuvre de ses recommandations (par exemple, en préparant des programmes de recherche nationaux).

Le RMNO, fondé en 1980, comporte une organisation tripartite de six chercheurs (ingénieurs, science, sciences sociales et économiques) ; six utilisateurs de la recherche (industriels, politiques, bureaux d'ingénieurs, agences et groupes d'intérêt) et membres-conseillers provenant de cinq ministères.

Il réalise des études de prospective, des analyses d'études de prospective existantes, des préparations de programmes de recherche et des évaluations d'infrastructure de recherche.

Pour préparer et coordonner ces études, des comités permanents de programme sont formés sur des questions comme « Récréation et Nature », « Environnement et Economie », « Eau et Sol », « Environnement et Sécurité ». Ces comités ont leur propre directeur et membres ; l'effectif peut s'élever à 175 individus et organisations. Les comités possèdent également une organisation tripartite de leur membres.

Tous les quatre ans, le travail des comités est de rassembler des analyses sur d'autres foresights. Ils obtiennent alors une perspective à long terme sur la recherche environnementale et la nature. Au sujet du travail et de la méthodologie de ces études de long terme, le Président du RMNO a remarqué : « naturellement, chaque scénario de développement prévu dans une activité et les réponses politiques (prévues) sont fondés sur beaucoup de prévisions détaillées et sur beaucoup d'études dans lesquelles des "technologies" alternatives sont conçues ou évaluées. On peut se poser la question de savoir comment la sélection est faite à partir de cette abondante information et comment sont obtenues les visions futures permettant la programmation. Honnêtement, c'est plus ou moins un processus heuristique, qui repose sur l'intelligence collective du conseil et de son personnel, complété par des systèmes d'experts et des réseaux, ainsi que par une transformation des informations et par une perspicacité de haute qualité. Les conférences stratégiques, les approches de consensus et les analyses multicritères sont souvent utilisées comme instruments(...). C'est souvent moins systématique et reproductible que le technocrate le voudrait. Au sein du RMNO, l'heuristique a gagné sur les approches mécaniques » (Opschoor, 1990).

La perspective de long terme de 1992, donne les conclusions du second « Outlook » environnemental. Des efforts sont nécessaires pour réaliser les objectifs du Plan National Environnemental. Contrairement à l'étude des options technologiques (TEOP-study), il conclut que les solutions technologiques ne seront pas suffisantes. Dans son rapport de 1992, il précise que « dans une démarche de développement durable, davantage que la nécessité d'un savoir scientifique et d'un talent technologique, il faut connaître les déterminants culturels et institutionnels (d'organisation)» (RMNO, 1992).

Le RMNO propose alors les six principaux thèmes de recherche (élaborés en 35 recommandations) suivants :

- Atteindre les objectifs de la soutenabilité à travers des indicateurs.
- Recherche écologique sur l'effet des normes et des critères de qualité.
- Recherche technologique sur les cycles de gestion intégrée.
- Agriculture soutenable.
- Recherches sociales et économiques sur les comportements soutenables et non soutenables.
- Instruments politiques et développement d'instruments de planification « verte ».

La prospective de long terme de 1996 (second rapport) conclut que des progrès considérables ont été réalisés dans la mise en place de ces thèmes. Ce dernier rapport formule trois thèmes qui rejoignent ceux de 1992 : (i) Procédé industriel de restructuration écologique ; (ii) utilisation intégrale des espaces et ; (iii) développement d'instruments politiques pour l'environnement.

Un certain nombre d'experts sont impliqués et les thèmes reflètent un large consensus sur l'agenda des recherches environnementales. Précisons que le coût annuel de cet exercice a été estimé à deux millions de guilders⁹⁶.

En d'autres termes, la dimension concertative est limitée à la participation des experts et des scientifiques. En ce sens, il ne s'agit pas d'un exercice de prospective permettant d'appréhender la demande sociale (voir figure 3.16).

3.5.3. Sustainable Technological Development Programme (DTO)

Le troisième exercice de foresight dans le domaine de l'environnement a commencé en 1992. Il part de la constatation que les innovations technologiques radicales sont nécessaires à la réalisation des objectifs de politique de développement durable. La prospective fait ici partie intégrante d'un programme sur le développement technologique durable (DTO). Elle est suivie d'études préliminaires, de projets d'illustration et de recherche. L'exercice a pour horizon 2040 et revêt une orientation normative claire dans la mesure où il recourt à des scénarios fondés sur une approche de type back-casting.

Les objectifs essentiels de ce travail sont les suivants (Vergragt et Jansen, 1996) :

- Convaincre les décideurs politiques et les industriels de la nécessité d'une politique de développement durable.
- Convaincre les acteurs-clés du développement technologique, des possibilités et des vertus du développement durable afin de les inciter à en faire un but essentiel dans leur activités de R&D.

⁹⁶ Source : entretien avec B. Van der Meulen, Université de Twente, Pays Bas.

- Impliquer des représentants de l'opinion publique dans le processus pour faciliter l'intégration sociale des technologies.
- Créer un soutien social pour le développement durable.

Le programme est fondé sur l'hypothèse que l'utilisation de l'énergie et des ressources environnementales devrait devenir 20 fois plus efficace en 2040 qu'aujourd'hui. Une telle hypothèse relève d'un fort optimisme à l'égard du progrès technique et renvoie à une approche en termes de soutenabilité faible et donc, a priori, à une prospective peu adaptée à la prise en compte de la demande sociale. Cependant, dans des ateliers soigneusement préparés par des études de fond, diverses catégories d'acteurs (des scientifiques, des experts, des utilisateurs, des producteurs, etc...) se côtoient et se concertent pour réfléchir au futur et pour évaluer, par rapport au passé, la transition nécessaire vers des conditions fondamentales de soutenabilité. Parmi les thèmes privilégiés citons la mobilité, la nourriture, le logement. L'exercice tente de trouver une réponse à des questions telles que : comment pouvons-nous déplacer des personnes et des marchandises dans un futur soutenable ? Comment pouvons-nous nourrir toutes les personnes à l'horizon 2040 et de manière soutenable ? (Tableau n°3.15)

Tableau 3.15. Ruptures technologiques prévues par le programme DTO

Processus illustratif	Besoins nécessaires pour le secteur
Nouvelles alimentations en protéines	Nourriture
Production agricole de haute technologie	
Conversion intégrée des produits agricoles	
Utilisation soutenable de la terre	Mobilité et grand port
Systèmes de transport de pipeline urbain	
Transport public urbain individuel de haute qualité	
Conduite externe des véhicules	Construction
Mobile H2 fuel cell	
Construction de bureaux soutenables	
Maison soutenable	Eau
Restructuration des districts de ville	
Systems d'eau urbaine	Chimie
C1 chimie	
Processus technologique de chimie fine	
Ressources agricoles pour les processus chimiques	
Nouveaux matériaux	

Ainsi, l'aspect concertatif est largement étendu à l'ensemble des stakeholders, y compris des représentants de la demande sociale. On peut avancer que le programme de prospective du DTO est, du point de vue méthodologique, un exercice de foresight appliqué au champ de l'environnement à l'intersection des foresight technologiques et sociaux (voir figure 3.16). Précisons que la première étape du programme s'est terminée en 1997. Les technologies soutenables apparaissent comme un thème de recherche prioritaire. Le gouvernement a décidé de réaliser un deuxième programme.

3.5.4. Le Foresight Steering Committee

En 1992, le Ministère de l'Education et des Sciences a créé le Foresight Steering Committee (FSC) pour gérer un programme de prospective sur quatre ans. Le FSC remplit deux missions. Sa première prérogative est de former et de diriger un processus de prospective suivi, non seulement, par tous les chercheurs, les organismes de recherches et les universités, mais aussi, par les utilisateurs de la recherche. En plus de cette fonction de coordination, le FSC doit intégrer les résultats des activités de prospective et informer le ministère de l'Education et des Sciences sur les conséquences de cet exercice pour la politique scientifique et technologique.

Le comité a développé, dans sa première phase, un cadre pour des activités de prospective, fondé sur les deux principes suivants :

- L'orientation des priorités de recherche en fonction des besoins sociaux et industriels futurs.
- La prise en compte de l'incertitude dans les développements futurs et l'introduction de flexibilité pour mieux faire face à celles-ci.

L'exercice recourt aux méthodes de scénario développées par le Groupe Shell (présentées au début de cette section). Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- Les scénarios décrivent des futurs possibles, ils sont alors dits « prévisibles ».
- Trois scénarios (au minimum) sont élaborés. Ils sont fondés sur une analyse des principales forces (externes).
- Le résultat ne repose pas sur des seuls avis d'expert, mais sur diverses catégories d'acteurs afin de mieux structurer les options stratégiques de recherche.

La portée du FSC dans le domaine de l'environnement est importante. Sur ce modèle des activités de prospective en sciences naturelles, en sciences médicales et en sciences sociales ont été ensuite lancées, dans la mesure où, en principe, les activités du comité doivent couvrir l'ensemble de la recherche fondamentale et stratégique. Cependant, dans la plupart de ces exercices, la dimension écologique constitue une des forces clés. Dans ces conditions, on peut dire que l'environnement a permis l'amorçage et la structuration de cet ensemble d'exercices de prospective.

En mai 1996, le FSC a édité son rapport final, synthétisant sa large activité de foresight (OCV, rapport 1996). Dix thèmes de recherche prioritaires y sont identifiés. Quatre de ces thèmes sont directement liés à des questions écologiques :

- L'agriculture et l'agroalimentaire sont considérées comme des défis majeurs nécessitant de nouvelles formes de production durable.
- « Le facteur 4 » invite à réduire les pressions environnementales liées aux processus industriels en diminuant d'un facteur 4 les inputs matériels et énergétiques de la production et de la consommation.
- L'utilisation intégrale et durable des espaces est prônée. En tant que petit pays, les Pays-Bas doivent trouver des compromis et des solutions à leurs problèmes d'ordre sociaux et économiques (agriculture, industrie, protection de l'environnement, récréation, mobilité, logement) face à l'espace disponible.
- La recherche dans le domaine des services est proposée, notamment dans les transports qui engendrent une grande pression environnementale.

Cet exercice de prospective a eu un impact majeur sur les politiques technologiques du gouvernement. Le budget 1997 pour la recherche, dans lequel le gouvernement a annoncé sa stratégie bi-annuelle en matière de politique scientifique et technologique, a adopté la plupart des priorités de cet exercice. Actuellement les organismes de recherches comme les comités de recherche, les instituts technologiques et les universités mettent en application les recommandations de ce rapport dans leurs stratégies de recherche. Certains d'entre eux ont instauré de nouveaux programmes en tenant compte des priorités. Des priorités, comme celles du « facteur 4 », suscitent une coordination des efforts de recherche à un niveau national.

Cette étude de prospective reconnaît largement que la politique environnementale est un domaine dans lequel doivent se concerter différents acteurs et intérêts. Elle a été orientée vers des objectifs bien définis pour une future société environnementale. Dans ces conditions, même si l'aspect technologique semble prédominer, il est clair que tout l'exercice repose en amont sur une analyse de choix sociétaux ayant impliqué des processus participatifs entre différentes catégories d'acteurs nationaux. Là encore, nous sommes confrontés à un exercice de prospective à l'intersection des foresights de type technologique et de type social (voir figure 3.16).

3.5.5. « 81 Options. Technology for Sustainable Development »

Cet exercice, commandité par le Ministère du Logement, de la Planification Spatiale et de l'Environnement, a été réalisé par une équipe du TNO (Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) (Weterings et alii, 1997). Son coût s'est élevé à 6 millions de guilders⁹⁷.

Il suppose explicitement qu'il existe un grand nombre d'options technologiques pouvant être qualifiées de durables et que l'encouragement du développement technologique, sans analyse approfondie, ne constitue pas une garantie d'une amélioration environnementale. Par exemple, une nouvelle technologie peut générer de nouvelles formes de pollutions (ex: les CFC dans le passé ; les pots catalytiques et l'essence sans plomb). En d'autres termes, la technologie implique autant de menaces que d'opportunités. Une politique technologique visant la mise en œuvre du développement durable devrait permettre de renforcer les opportunités (lorsque cela est possible) et d'atténuer les menaces.

Cette étude de prospective n'aborde pas les technologies de façon séparée, mais étudie le développement technologique dans son ensemble. En outre, l'inventaire repose sur une analyse combinée des offres de technologies et de la demande sociale⁹⁸.

La notion de « système technologique » est introduite dans l'exercice comme la combinaison de moyens techniques, de connaissance, de qualifications humaines et d'arrangements institutionnels pour la réalisation d'une fonction spécifique et sociale. Le terme « fonction sociale » est appréhendée au sens large. Il couvre l'accomplissement de fonctions, tant pour les consommateurs finaux, que pour les citoyens au sens large et les industriels.

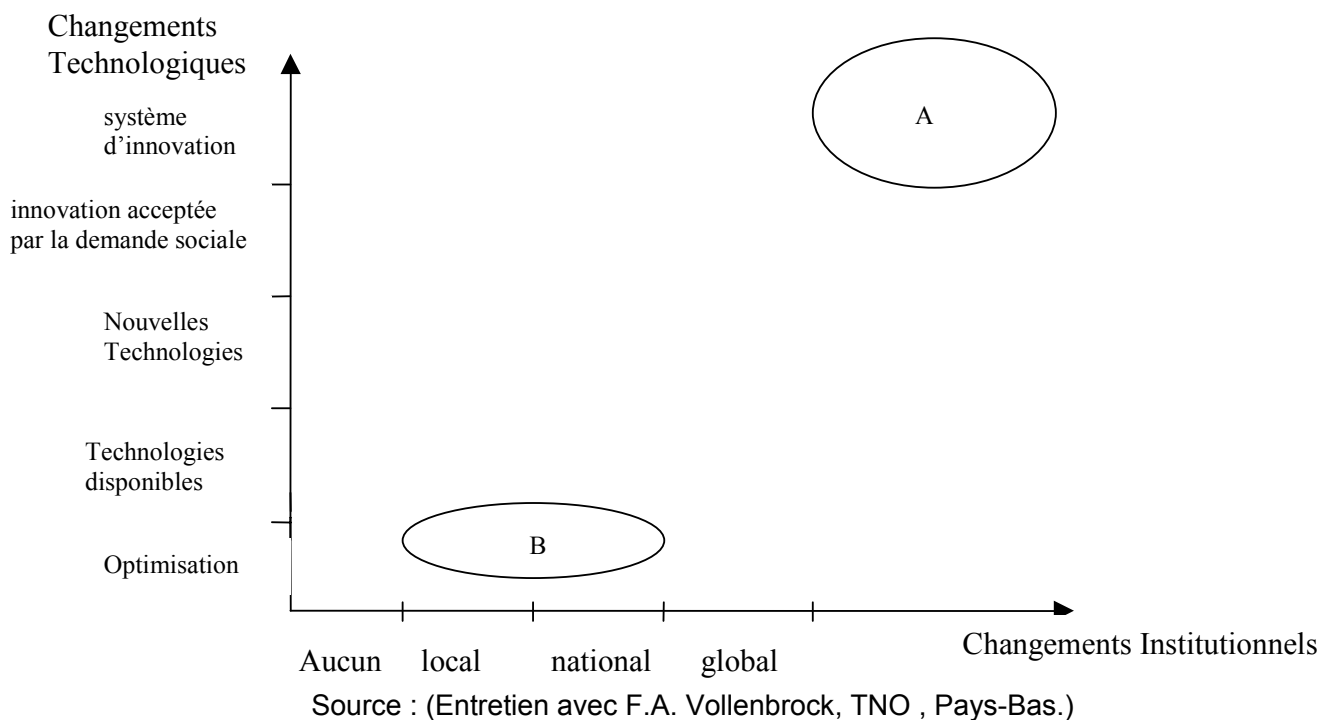
Une distinction est opérée entre trois genres idéaux d'innovation : l'optimisation, la nouvelle conception et l'innovation fonctionnelle des systèmes technologiques. Cela relève donc d'une approche en termes de système technologique telle que nous l'avons définie en introduction de ce rapport. Une telle approche aborde l'innovation, tant du point de vue technique que des points de vue organisationnels et institutionnels⁹⁹ (voir figure 3.17).

⁹⁷ Source : entretien avec F. A. Vollenbroek, TNO-STB, Pays Bas.

⁹⁸ « Le contexte socio-culturel est plus important que les technologies elles-mêmes » (entretien avec F. A. Vollenbroek, TNO-STB, Pays Bas.).

⁹⁹ « La partie technologique n'est pas difficile à atteindre, mais les changements institutionnels sont beaucoup plus difficiles. » (entretien avec F. A. Vollenbroek, TNO-STB, Pays Bas.).

Figure 3.17. Les systèmes d'innovation poussés par l'environnement



Il s'agit, par exemple, de déterminer les barrières qui empêchent d'atteindre la situation la meilleure (situation A), par rapport à la Situation B : « Business as usual »

Deux voies sont suivies dans ce foresight :

- L'anticipation des développements technologiques pouvant mener à un changement crucial des incidences environnementales dans les 15-25 années à venir (positif ou négatif)
- L'étude des principales forces sociales décisives pour le développement.

Les forces principales ainsi que les obstacles à caractère culturel, social et économique sont analysées. En d'autres termes, sont intégrés dans cet exercice, non seulement les motifs de compétitivité et de préservation de l'environnement, mais aussi des éléments nouveaux comme l'interaction entre la demande sociale et l'offre technologique ou l'acceptabilité sociale de l'innovation technologique. Ces analyses recourent à des scénarios futurs élaborés par le Bureau Central des Planifications Hollandaises (CPB, 1992).

A l'issue de cet exercice, un inventaire des systèmes technologiques pouvant mener à un changement substantiel des impacts environnementaux au cours des 15 à 25 années à venir est proposé sous forme d'une liste de 81 systèmes technologiques. Ces systèmes peuvent être classés en fonction de cinq catégories principales :

- Les systèmes d'énergie, y compris des systèmes fondés sur la gazéification du charbon, l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la biomasse, l'hydrogène, la fusion nucléaire, la fission nucléaire et les innovations dans la distribution d'énergie (pour les approvisionnements locaux et mobiles).
- Les nouveaux matériaux (matières premières), en particulier les matières premières biologiques, composés et nouveaux systèmes de couleur.
- Les systèmes de production, adaptés à une optimisation de la production industrielle (l'industrie métallurgique, l'industrie de production de matières synthétiques, l'industrie agro-alimentaire) et la production agricole.
- Les systèmes d'information et de communication associés principalement à l'application de ces technologies dans l'industrie, le secteur des services et l'utilisation domestique.
- Les systèmes de transport innovants pour le transport des personnes et des marchandises (par exemple super-avion, zeppelins, nouveaux trains, transport hybride et transport souterrain). L'introduction de modalités nouvelles et un changement d'infrastructure sont pris en compte.

Dans cet exercice, il apparaît que l'innovation technologique peut conduire à une amélioration de l'efficacité environnementale des produits, des procédés et des activités. Toutefois, les résultats de la prospective technologique soulignent également que l'innovation technologique ne constitue pas une garantie d'amélioration environnementale. C'est le cas pour environ 20 des 81 systèmes technologiques envisagés. Ceux-ci, à côté d'effets positifs immédiats, peuvent, à terme, engendrer des effets nuisibles sur l'efficacité environnementale des produits, des processus et des activités, ou bien être rejetés par la société (Vollenbroek et alii, 1999).

Au total, ce foresight privilégie l'aspect demande sociale sur l'aspect innovation technologique dans sa conception même¹⁰⁰. Toutefois, il repose essentiellement sur des dires d'experts, même si des experts relevant des sciences sociales ont été abondamment représentés aux côtés des experts représentant l'aspect technique et scientifique (voir figure 3.16). Conscient de cette limite, l'équipe à l'origine de cette étude, va, au cours du prochain exercice qui lui a été commandité mi 1999, intégrer davantage l'aspect concertatif entre différentes catégories d'acteurs afin de mieux représenter la demande sociale.

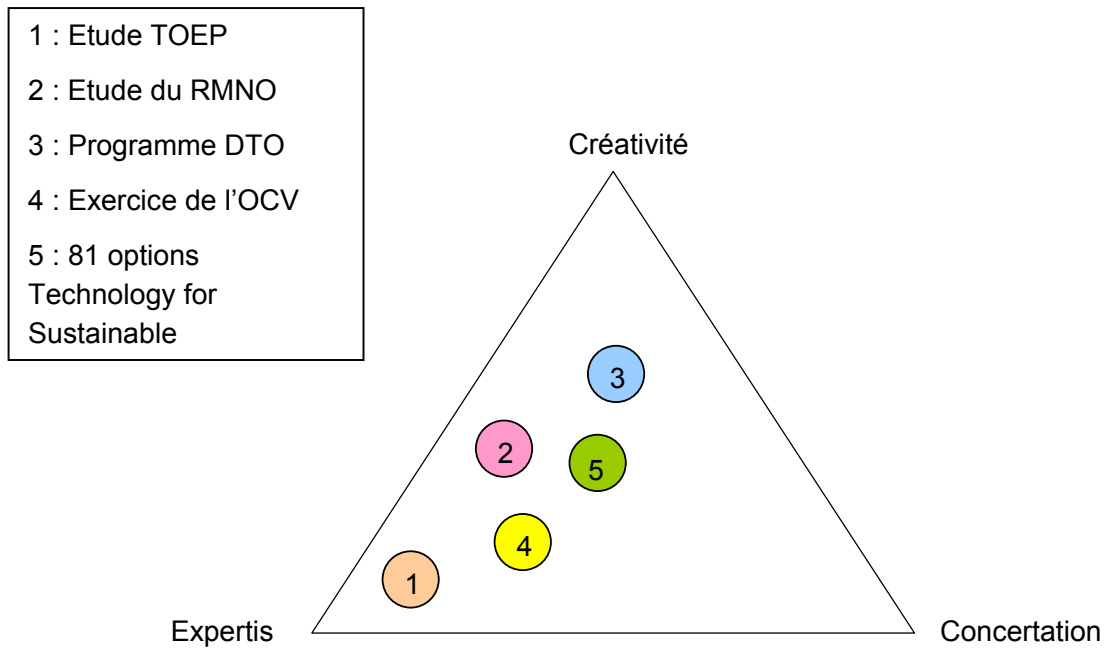
¹⁰⁰ « Les besoins sociaux sont prioritaires dans notre étude. Ils sont à la base des objectifs à atteindre en matière de développement durable. Nous raisonnons en termes de fonctions, ou encore, ce qui est très proche, d'objectifs sociaux à atteindre et nous regardons comment on peut les atteindre grâce, entre autres, à la technologie, mais pas uniquement. Ainsi on peut s'interroger aussi sur les changements institutionnels nécessaires ou aussi sur les changements de mode de consommation à susciter. Donc les systèmes technologiques doivent nourrir les besoins sociaux et pas l'inverse » (entretien avec F. A. Vollenbroek, TNO-STB, Pays Bas.)

Les résultats de cette prospective ont été appliqués, aux Pays-Bas, pour donner de nouvelles impulsions aux politiques de développement durable. Par exemple, dans le livre blanc du gouvernement sur l'environnement et l'économie, plusieurs systèmes technologiques ont été décrits en tant que " projets d'inspirations imaginaires ". Dans le (troisième) Plan National Environnemental, l'approche en termes de systèmes technologiques, défendue dans cet exercice, a reçu une écoute importante. Les résultats ont également permis d'augmenter le budget vers de nouveaux programmes de recherche. De nouveaux instruments politiques, tels que des groupes de travail pilotes ont été annoncés. Le dialogue et la concertation sont appliqués dans le suivi de l'exercice. L'objectif est d'établir une vision partagée sur la façon d'orienter l'innovation technologique vers les objectifs de développement durable.

Les cinq exercices de prospective présentés ci-dessus témoignent d'une grande variété dans la méthodologie : analyse multicritères, scénario, panels d'experts comportant, dans certains cas, une grande représentation d'acteurs. Les différences dans les approches reflètent l'équilibre difficile, qu'il s'agit de trouver dans un foresight, entre l'expertise des scientifiques et des ingénieurs, la concertation entre les chercheurs, les experts et les utilisateurs (industrie, gouvernement, société) et la créativité des visions du futur. En d'autres termes, nous retrouvons les trois pôles de notre représentation triangulaire.

La pratique de la prospective hollandaise montre que pour atteindre un tel équilibre, divers exercices recourant à diverses méthodes doivent être utilisés (Figure 3.16.).

Figure 3.16. Une typologie des expériences hollandaises en matière de foresights environnementaux



Nous proposons dans le tableau 3.16 une synthèse des différentes expériences internationales en matière de prospective environnementale que nous avons précédemment analysées.

Tableau 3.16. Une synthèse de plusieurs expériences en matière de prospective et de veille environnementales

	Grande Bretagne	Allemagne	Japon	Etats-Unis	Pays-Bas
Commanditaire	UK Cabinet Office (gouvernement)	Ministère Fédéral de la Science, de la Recherche et de la Technologie (BMFT)	Gouvernement (et financé par la Science and Technology Agency)	Congrès/OSTP/Secteur privé/EPA/ des instituts de recherche publics et privés	Ministère de l'Education et de la Science
Responsable	Office of Science and Technology (OST)	Fraunhofer-Institute for System and Innovation Research (ISI)	National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)	Rand Corporation/Secteur privé/ONG/Science Advisory Board (SAB), "Think Tanks"	RMNO/TNO-STB/OCV
Coordination	Foresight Steering Committee (FSC)	Steering Committee pour le 3 ^{ème} DELPHI	Science and Technology Agency	Pas d'organe de coordination	Foresight Steering Committee (OCV)
Objectifs	Accroître la compétitivité britannique ; création d'associations industrie/recherche/gouvernement. Augmenter la création de richesse et la qualité de vie (au travers d'un développement durable)	Organisation de la recherche ; priorité d'investissement ; amélioration de l'interaction entre l'industrie et la science ; répondre aux politiques environnementales et les anticiper	Identification des domaines stratégiques pour la recherche et la technologie ; formulation des politiques	Identification des technologies prioritaires pour la recherche et une meilleure allocation des ressources financières Dégager des opportunités de compétitivité ; accroître le nombre de brevets.	Répondre aux enjeux du développement durable
Place de la demande sociale	Intégration de la demande sociale dans le deuxième exercice de foresight (1999).	Elle n'est pas encore intégrée mais ceci est prévu dans le prochain programme.	Remise en cause des études DELPHI actuellement. Intégration éventuelle de la demande sociale dans les prochains exercices.	Ne se soucie pas de la qualité de vie (et de la demande sociale) car elle doit suivre les innovations. Mais l'EPA a besoin de l'appui du public et s'interroge sur l'intégration de la demande.	Les changements socio-culturels ont toujours été pris en compte aux Pays-Bas

Type de prospective	Foresight technologique. Foresight Technologique de plus en plus concertatif.	Foresight Technologique.	Foresight Technologique	Foresight Technologique. Culture du Foresight.	Foresight social et technologique de type concertatif et non-concertatif par thème ou grand secteur/domaine.
Place de l'environnement	Un panel d'experts concernant l'environnement.	Un champ concernant l'environnement en plus d'autres champs associés. La dimension écologique est prioritaire	Une large gamme de thèmes environnementaux	Etude concernant l'emploi d'un foresight pour la protection de l'environnement. Plusieurs études spéciales environnement	Plusieurs programmes de foresight ont été entièrement dédiés à l'environnement et au développement durable
Méthodes employées	Panel d'experts ; Méthode DELPHI, Méthode des Scénarios ; Ateliers Demande Sociale (1999)	Méthode des Relevance Trees ; Méthode DELPHI ; Panel d'experts	Méthodes DELPHI	Critical Technologies ; Road Map ; Méthode DELPHI ; Méthode des Scénarios ; Analyse multicritères	Méthode des Scénarios ; Analyse Multicritères Panel d'experts avec grande représentation d'acteurs
Résultats	Développement des partenariats entre l'industrie et la recherche. Les priorités sont prises en compte par les organismes de recherche	Etude DELPHI très diffusée. Implication des industriels. D'importants impacts en termes de politiques de R&D.	Lien entre la recherche scientifique et technologique et l'industrie Aide à l'orientation des politiques et des investissements Résultats très diffusés	Des retombées commerciales sauf pour les "critical technologies"	Prise de conscience de l'importance d'une politique environnementale. Les recommandations du OCV sont en général bien intégrées, d'où la création de nouveaux programmes de recherche. Un impact sur l'ensemble des décisions politiques
Place de la veille environnementale	La veille et la prospective sont intégrées et liées au processus même du foresight national.	Mise au point prévue (plus tard) d'un système de veille en environnement	Pas de système national connu de veille environnementale	Appel d'offre lancé sur un système de détection des signaux faibles. Recommandations auprès de l'EPA pour créer un outil de veille environnementale	Pas de dispositif spécifique. La veille est intégrée dans les programmes. Existence d'un observatoire environnement au sein du RIVM.

3.6. Le cas français : la nécessité d'un soutien institutionnel pour valoriser des expériences originales

La prospective est née en France¹⁰¹ grâce à trois pères fondateurs : Gaston Berger, Jean Fourastié et Bertrand de Jouvenel, qui ont attiré l'attention des décideurs publics sur l'importance du futur, au-delà de l'approche de long terme conçue exclusivement à partir d'agrégats macro-économiques.

Son développement a été institutionnel car, dès le début, l'histoire de la prospective et celle de la planification ont été intimement liées¹⁰². C'est sans doute cette tradition planificatrice forte qui explique que l'Etat ait favorisé la prospective. Celle-ci apparaît en effet, comme une activité complémentaire au Commissariat Général du Plan, au sein de nombreuses administrations. Plusieurs organismes, surtout publics ou rattachés à la sphère publique, s'y consacrent. Il convient d'y ajouter les cellules prospectives que l'on trouve dans de grandes entreprises et les réflexions menées au niveau territorial.

Or, à partir des chocs pétroliers et avec la prééminence des contraintes financières immédiates, l'intérêt pour la planification et donc pour la prospective a nettement faibli. Il faut attendre le début des années 1990 pour assister en France, comme dans la plupart des pays occidentaux, à une renaissance de la prospective.

Nous proposons dans cette dernière sous-section de dresser un bilan de ces expériences et plus généralement de la situation française, à l'aube du 21^{ème} siècle, en matière de prospective et de veille, notamment dans le champ de l'environnement, comme nous l'avons fait pour d'autres pays dans les sous-sections précédentes. Ensuite, nous analysons la situation et les attentes des organismes de recherche publics en matière de veille-prospective environnementale.

Plusieurs expériences, non seulement de prospective, mais aussi de veille, ont été réalisées dans la première moitié des années 1990. Celles-ci combinent diverses méthodes. D'une part, deux types de « foresight technologique » ont été introduits par inspiration de modèles étrangers; d'autre part, une étude originale de type « social foresight », focalisée sur la dimension environnementale, a été élaborée. Enfin, une importante étude de veille scientifique de type stratégique a été conduite également dans le domaine de l'environnement. Malgré l'originalité et l'intérêt de ces travaux, ils ont connu, pour la plupart d'entre eux, peu de suivi et de soutien institutionnel, au point que l'on peut avancer que cette renaissance des exercices nationaux de prospective et de veille, en général et dans le domaine de l'environnement en particulier, a été éphémère.

¹⁰¹ On attribue traditionnellement à Gaston Berger la paternité du mot « prospective » dans la mesure où il emploie ce terme pour la première fois en 1957 dans un article de la revue des deux mondes pour désigner une démarche qui étudie les conséquences de nos actions passées et futures sur notre avenir.

¹⁰² « Les premiers essais de prospective ont pris naissance dans le cadre de planification nationale conçu par Jean Monnet et accepté par le Général de Gaulle dès décembre 1945. Ils se sont concrétisés par la création du Commissariat général du plan en 1946 et l'adoption du 1^{er} plan de modernisation et d'équipement en 1947. » (rapport Bailly, 1998, p 13).

3.6.1. Deux grands foresights technologiques nationaux avec une ouverture environnementale

Deux types de prospective technologique ont été mis en œuvre :

- (i) une étude à grande échelle sur les développements possibles à moyen et long terme en fonction de la science et de la technologie, à travers une enquête auprès de nombreux experts et recourant à la méthode DELPHI ;
- (ii) une étude du développement technologique - à relativement court terme – à partir d'entretiens auprès d'experts recourant à la méthode des exercices de type "Technologies Critiques".

Nous présentons l'une et l'autre en nous interrogeant à la fois sur leur degré de prise en compte des préoccupations environnementales ; d'autre part sur leur degré d'intégration de la demande sociale.

De 1993 à 1994, l'Allemagne et la France ont successivement réalisé le même exercice de prospective, en utilisant délibérément avec très peu de modifications les questionnaires du DELPHI japonais. L'exercice français a été organisé par la direction générale "Recherche et Technologie" du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR-DGRT) et analysé par le BETA (Bureau d'Economie Théorique et Appliquée, laboratoire de recherche de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg (ULP), associé au CNRS.

L'exercice DELPHI français, résulte "d'une identification de la nécessité d'améliorer la vision technologique du gouvernement et de fournir une approche plus systématique de ses priorités" (Martin, 1996).

Puisque l'expérience de la méthode DELPHI était très limitée en France, l'exercice a été lancé "à titre expérimental" et davantage considéré « comme une étude de la dynamique technologique et des principales tendances que comme un exercice de prévision"(Quévieux, 1996)¹⁰³. Le document compilant les résultats a été édité en 1995 (MESR, 1995).

L'enquête a été lancée auprès de 3388 experts (au niveau académique, industriel et administratifs) et a obtenu 1273 réponses pour la première vague (38%) et 1122 pour la seconde (33%). C'est un nombre plus élevé de participants qu'à la première expérience allemande. Le panel d'experts a été choisi en coopération avec le Ministère (Direction Générale de la Recherche et de la Technologie du MESR), la SOFRES et le BETA. Les experts appartiennent en proportions à peu près égales aux entreprises, à la recherche universitaire et aux principaux organismes publics de recherche. La participation des experts était particulièrement importante dans les domaines spécifiques des « technologies de procédés et des matériaux », des « sciences de la vie », des « technologies de l'électronique et de l'information ». La France a surpassé le Japon pour le nombre d'experts impliqués. Le taux de réponse (proportion de réponses sur l'ensemble des experts consultés) est systématiquement plus élevé qu'en Allemagne, pour les 15 zones technologiques.

¹⁰³ Alain Quévieux était le directeur du projet au sein du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

Beaucoup d'experts ne se sont pas sentis à l'aise avec la nature de certains sujets. Nombre d'entre eux ont, de plus, considéré que les sujets auraient dû être plus systématiquement associés à des objectifs économiques et sociaux. En France, le point de vue purement technologique a souvent été lié à l'origine japonaise du questionnaire. Une autre source de difficultés se situe dans l'approche non systémique de la méthode DELPHI : des experts sont invités à traiter des sujets séparément sans aucune concertation. Par exemple, on a fréquemment observé que les personnes interrogées faisaient une très bonne expertise mais éprouvaient des difficultés à exprimer correctement les prévisions de temporalité concernant la réalisation des technologies, en raison des multiples scénarios qu'elles avaient à l'esprit. Il faut également noter que la culture prospective française tend à favoriser la méthode de scénarios plutôt que la méthode DELPHI.

Un dernier problème au sujet du statut logique des questions doit être noté. Beaucoup d'experts ont souligné l'absence d'une dimension normative. Pour certaines innovations technologiques, au lieu de répondre sur la probabilité d'occurrence, ils auraient préféré donner leur avis sur la désirabilité de l'innovation. Dans une certaine mesure, les réponses réelles reflètent une confusion entre la probabilité et la désirabilité. Dans ce cas, l'observateur ne peut pas trier les différents aspects.

Un point positif avec cet exercice DELPHI est la possibilité de comparaisons internationales qu'il a induit. En fait, les répétitions du même DELPHI dans trois pays différents donnent une opportunité unique de comparer des avis d'experts et de positionner l'expertise du pays et les enjeux vis-à-vis du contexte international (Cuhls et Kuwahara, 1994 ; Héraud et Cuhls, 1999). Cet apport compense en partie l'inconvénient d'importer un questionnaire étranger.

En ce qui concerne la dimension environnement, elle est fortement présente dans cet exercice si l'on en juge par les domaines explorés dans l'enquête DELPHI (Encadré 3.12).

Du fait de son caractère transversal, elle concerne un grand nombre de rubriques.

ENCADRÉ 3.12 : LISTE DES 15 DOMAINES EXPLORÉS DANS L'ENQUÊTE DELPHI AVEC INDICATION DU NOMBRE DE SUJETS PAR QUESTIONNAIRE

- Technologie des procédés - matériaux (108)
- Electronique – technologie de l'information (107)
- Sciences de la vie (98)
- Particules élémentaires (40)
- Sciences de la mer et géo - sciences (75)
- Matières premières et ressources en eau (39)
- Energies (51)
- Sciences et technologies de l'environnement (50)
- Agriculture, sylviculture, pêche (73)
- Activités productives (70)
- Urbanisme, architecture, construction (62)
- Technologie de la communication (65)
- Espace (45)
- Transports (62)
- Médecine (106)
- Société, culture et technique (ce questionnaire n'a pas été retenu dans l'enquête française)

Les résultats des sujets associés à l'environnement sont conformes aux études japonaises et allemandes, bien que l'horizon de temps soit un peu plus lointain. De toute façon, des innovations environnementales sont prévues pour avoir lieu dans le futur, moyen ou long terme. En France, des sujets dans le domaine de l'environnement ont été évalués comme étant aussi importants que les sciences de la vie et médicales. Les priorités ici sont de fournir une mesure standardisée et des systèmes d'information pour contrôler les substances nocives. D'autres domaines technologiques relatifs à l'environnement (énergie, science de la terre et de la mer, ressources, matériaux et production) ont reçu une priorité d'importance moyenne.

Dans le domaine des « sciences et technologies de l'environnement », 103 experts ont répondu à deux tours d'enquête (contre 62 en Allemagne et 119 au Japon). L'attitude des experts sollicités pour une telle expérience de prospective s'est révélée satisfaisante en France, si l'on considère les taux de réponses utilisables : 39 % sur l'ensemble des questionnaires envoyés concernant l'environnement (pour l'ensemble de l'enquête en France le taux moyen est 33%).

Sur la quinzaine des thèmes couverts par l'enquête, les sciences et technologies applicables à l'environnement sont assez fréquemment mentionnées, du domaine des matériaux jusqu'à celui des sciences de la vie. Mais un questionnaire particulier est réservé à ce thème et c'est sur les résultats de cette partie précise de l'enquête qu'une analyse comparative a été proposée entre le Japon, la France et l'Allemagne par Héraud (1996). Il s'agit, à notre connaissance de la seule exploitation de la dimension environnement de l'enquête qui ait été produite. Cela constitue une différence notable avec l'Allemagne si l'on compare les nombreuses analyses que cet aspect a suscitées.

L'importance attribuée à la réalisation des innovations évoquées dans le questionnaire relatif à l'environnement est élevée dans les trois pays. Sur la quinzaine de domaines de l'enquête globale, ce thème arrive dans le peloton de tête avec les sciences de la vie et la médecine. Il existe cependant des différences nationales en termes de niveau : ce sont les Allemands qui attribuent en moyenne le score le plus élevé suivi des Japonais, et quelque peu détachés, des Français.

Si l'on compare la liste des dix sujets les plus importants, on peut conclure à un assez grand consensus entre les pays sur le thème environnement global. Ce consensus est particulièrement fort sur les sous thèmes « réchauffement de la planète » et « destruction de la couche d'ozone ». Pour le thème « environnement régional », le sous thème « déchets » est considéré, en France, comme très important (voir tableau 3.17.).

Tableau 3.17. Intitulé des sujets prioritaires en environnement dans le DELPHI français avec leur date médiane de réalisation

Sujet n°	Intitulé	Date
43	Mise en évidence des effets sur l'homme d'une exposition prolongée à des polluants chimiques de faible concentration.	2007
31	Elaboration de normes internationales pour le contrôle mondial de la pollution de l'air et de l'eau, et d'un système normalisé international d'informations sur l'environnement à l'aide de satellites.	2005
46	Développement de méthodes expérimentales d'évaluation de la nocivité des substances chimiques sur les êtres vivants, de modèles probabilistes de nocivité et de banques de données afin de dresser une classification des produits chimiques nocifs.	2004
44	Analyse du passage éventuel d'une génération à l'autre des effets de la pollution sur l'homme.	2017
11	Détermination de l'influence de l'effet de serre sur la production agricole mondiale.	2006

Notons enfin que dans le domaine environnemental, il n'existe qu'un seul sujet sur lequel une majorité d'experts français considèrent que la France est le pays le plus en avance. Il s'agit de l'utilisation pratique de technologies capables de dépolluer les zones océaniques contaminées à la suite de marées noires (par exemple : technologies de maîtrise de la pollution grâce à des micro-organismes marins).

Au total, la préoccupation environnementale n'est appréhendée que dans une optique technologique. Même si le responsable du projet au ministère explique qu'un DELPHI peut être un dispositif très bien adapté à la communication pour exprimer le consensus et la divergence entre les groupes d'acteurs¹⁰⁴, tel n'est pas le cas. En effet, l'exercice, comme la plupart de ceux recourant à la méthode DELPHI, reste dépendant des seuls experts scientifiques et techniques. De ce point de vue les autres acteurs de la société civile n'interviennent pas en tant que porte parole de la demande sociale. En d'autres termes, il s'agit d'un foresight technologique non concertatif (voir figure 4.1.). Si, cet exercice ne remplit pas les objectifs poursuivis a priori dans cette étude, il n'empêche qu'il apporte des éclairages provenant de l'offre scientifique et technique fort utiles pour la programmation nationale de la recherche, si l'on en juge par les impacts positifs qu'ont pu avoir les exercices DELPHI dans d'autres pays, y compris dans le domaine de l'environnement. En dépit des critiques méthodologiques pour la programmation de la R&D, qui lui ont été formulées, cet exercice s'avère donc intéressant et riche d'un certain nombre d'enseignements, ne serait ce que parce qu'il a permis à la France de se familiariser avec la méthode DELPHI et donc d'acquérir une compétence nationale en ce domaine¹⁰⁵.

C'est pourquoi on peut déplorer que le rapport qui a résulté de cette étude n'ait pas circulé. L'expérience n'a pas reçu l'appui espéré dans sa phase d'exploitation : publication des résultats, diffusion de versions pour le grand public, prise en compte dans les grands choix publics, etc. De plus aucune continuité n'a été assurée en raison d'une absence de soutien institutionnel provenant, en partie, d'un changement de gouvernement pendant la réalisation du projet et, peut-être, de ce qui était jugé comme un projet concurrent (alors qu'il s'agissait plutôt d'un exercice complémentaire) de celui qui était simultanément en cours au sein du ministère de l'Industrie. L'impact de l'exercice DELPHI en France a donc été plutôt limité jusqu'à présent, en comparaison de l'Allemagne et du Japon (Héraud et alii, 1997).

C'est seulement grâce à un nombre limité d'applications secondaires, comme l'expérience régionale de Bordeaux, que l'exécution entière n'a pas eu comme conséquence un gaspillage d'argent public (et du temps des experts). En effet, c'est curieusement le niveau local qui s'est révélé le plus significatif dans les retombées institutionnelles de l'opération DELPHI française. En effet, dès le début de l'opération, la région de Bordeaux s'était intéressée à l'enquête prospective. Un travail spécifique a été financé par le Conseil Général de la Gironde pour explorer des domaines technologiques jugés prioritaires dans la zone métropolitaine de Bordeaux. Il s'agit de l'opération « DELPHI Technopolis » qui reprend les sujets et la problématique de l'enquête nationale en les complétant par des questions sur le contexte local (Héraud et Cuhls, 1999).

¹⁰⁴ « Le processus ne mènera pas immédiatement aux propositions d'ordre public, mais il vise à balayer un grand ensemble de sujets et devrait ouvrir deux types de dialogues : entre les experts et les chercheurs de divers domaines, et entre la communauté scientifique et le citoyen » (Alain Quévieux, 1996)

¹⁰⁵ « Il est intéressant d'examiner une série de critiques des résultats exprimés pendant l'expérience ou aux présentations publiques. Nous pensons que ces remarques ne mènent pas à un rejet de telles expériences, mais, potentiellement, à une meilleure qualification de la méthode. En tout cas c'est comme cela que nous avons vécu une telle expérience en Allemagne et cela a fonctionné » (entretien avec Kerstin CUHLS, Fraunhofer ISI, Allemagne).

Une autre approche de la prospective technologique, plus proche du deuxième type mentionné au début de cette sous-section, a été développée en parallèle par le Ministère de l'Industrie : une étude des technologies critiques dans l'industrie française (Les 100 technologies clés). Elle tente d'équilibrer le "market pull" et la "technology push " afin d'identifier des technologies importantes pour l'industrie française et d'évaluer la position des secteurs industriels français dans ces technologies.

Dans l'introduction du rapport écrit pour une large audience (Ministère de l'Industrie, 1995), on souligne que le but de l'étude est d'analyser l'offre et la demande des technologies en France. Cette expérience de prospective se concentre principalement sur les champs technologiques où la France est ou devrait être active ; et quand on parle ici de la " France " il s'agit des acteurs industriels français souvent contrôlés ou aidés par le gouvernement.

Cet exercice était destiné à identifier des domaines d'action prioritaire, pour un horizon de temps relativement court, soit 10 à 15 ans. Il est conçu pour aider les entreprises françaises en identifiant les priorités technologiques. Il peut également être utilisé comme outil stratégique dans la formulation de la politique technologique publique. Le programme a commencé par nommer un comité de coordination composé de membres influents du gouvernement, de l'université et des secteurs de recherche industriels, qui ont adopté dans un premier temps les neuf critères pour la sélection des technologies. L'étape suivante a été d'organiser des groupes d'experts se réunissant périodiquement (1993-1994) et recourant à des critères pour identifier des technologies dans cinq domaines « attractifs du marché " (santé et environnement, services et communication, systèmes de transport, biens de consommation, logement et infrastructures) et cinq domaines technologiques « attirants » (sciences de la vie, technologies de l'information, technologies de l'énergie, sciences « molles » et techniques de gestion de production, matériaux et technologies associées).

En fait, l'étude française sur les technologies critiques (les 100 Technologies Clés) a un objectif beaucoup plus précis qu'un exercice DELPHI. Trois types de questions fondamentales sous-tendent l'exercice entrepris par le Ministère de l'Industrie :

- (i) Quelles sont les technologies importantes pour l'industrie française?
- (ii) Quelle est la situation nationale (et européenne) dans ces domaines?
- (iii) Où doivent être placés les efforts?

Il n'existe a priori aucune restriction dans la portée technologique ou sectorielle de l'étude (excepté le domaine militaire, pour lequel des études prospective spécifiques sont réalisées par le Ministère de la Défense). L'horizon de temps est relativement court pour une étude technologique de prospective : un maximum de 10 à 15 ans. Les technologies considérées dans cette étude ne sont pas potentielles mais réellement existantes pour l'application industrielle dans les années à venir.

La méthodologie utilisée dans ce projet est très pragmatique et tout à fait conforme à la tradition des exercices de foresight technologique de type « Technologies Critiques » : organisation de groupes de 10 à 20 experts représentant les acteurs les plus importants et les plus influents du système de R&D français. En relativement peu de temps (novembre 1993 à juin 1994), chaque groupe a traité un champ spécifique des innovations « technology push » ou des technologies « markets pull ». Elles devraient fournir une liste réalisable de Technologies Critiques dans un contexte national. L'approche est très semblable à celle utilisée dans "German Technologies at the Beginning of the 21st century" ou de celle retenue dans les exercices de type « Critical Technologies » menés aux Etats-Unis (voir sous-section 3.1).

Une première étape du projet concerne la sélection des critères pour évaluer les différentes technologies. Le comité de coordination créé par le Ministère a retenu neuf critères :

- Marchés actuels et potentiels
- Impact sur le commerce international
- Acceptabilité sociale et culturelle
- Impact sur la compétitivité
- Vulnérabilité en terme de dépendance industrielle
- Contribution aux besoins nationaux comme l'énergie, l'environnement, la santé
- Type de liens avec l'industrie nationale
- Evaluation synthétique de la compétitivité

La dimension environnementale constitue donc un critère de sélection aux côtés des préoccupations énergétiques et sanitaires. Le Ministère souhaitait ajouter un critère relatif à l'emploi mais le comité a considéré qu'il était trop difficile à mettre en application.

Une deuxième étape a évalué les technologies en fonction des critères retenus précédemment. Cinq groupes d'experts ont effectué l'étude dans les domaines suivants : sciences de la vie; technologies de l'information ; énergie ; techniques d'organisation et de gestion ; processus et matériaux. Cinq autres groupes ont travaillé du côté de la demande : santé et environnement, services et transmission, systèmes de transport, biens de consommation, logement et infrastructures. A la fin de cette étape, 136 technologies ont été choisies.

Une troisième étape évalue la position française (et européenne) de chaque technologie. La position concerne aussi bien la compétitivité industrielle que la compétence scientifique. L'évaluation a été réalisée entre décembre 1994 et mars 1995 sur la base d'études bibliométriques, d'analyse de brevets et d'entretiens avec des experts. Des informations pratiques ont été également collectées à cette étape : sur les marchés, auprès d'acteurs, grâce à la coopération et aux programmes de R&D, etc.

Une quatrième étape caractérise les technologies critiques pour la France en termes de capacités distinctives, d'attraction et de conditions de succès. À la fin de cette dernière étape, des technologies étaient encore considérées comme "critiques" pour la France (mais l'ensemble des 136 technologies est décrit dans le rapport). Pour chaque technologie, la publication du Ministère de l'Industrie (1996) donne une description courte et un rang de degré de

développement (pour la technologie elle-même et pour son application industrielle), le leadership scientifique relatif et de la compétitivité industrielle de la France et de l'Europe.

L'impact et le succès de cet exercice de prospective purement technologique, construit à partir d'enquêtes auprès d'experts (voir figure 3.18), ont été importants grâce à son approche délibérément pragmatique, mais également grâce au soutien institutionnel qu'il a reçu, à la différence de l'étude DELPHI présentée ci-dessus¹⁰⁶ :

- Le soutien politique et l'allocation du budget étaient suffisants pour garantir le succès du processus du foresight et la diffusion des résultats.
- La légitimité de l'exercice et le renforcement des orientations des politiques étaient considérablement consolidés par la puissance économique du Ministère de l'Industrie. L'annonce de la réorientation du programme de subventions de la recherche industrielle vers les " 100 technologies critiques " s'est avéré décisif pour le succès de l'exercice entier.
- L'annonce d'une continuité de cet exercice (puisque le Ministère de l'Industrie a lancé un second exercice, intitulé « Technologies-clés 2005 ») s'est aussi avérée source de succès.

3.6.2. Un foresight de type social dans le champ de l'environnement

En 1995, le Ministère de l'Environnement, l'ADEME et le CEA confient à Bipe Conseil, CDC consultants et Insight Marketing IPSOS, une étude de prospective à caractère national sur "l'évolution à long terme de la demande sociale « environnement » et sa traduction en termes de R&D". Les résultats de ce travail conséquent paraissent en 1997.

L'objectif consiste à appréhender la demande sociale actuelle et les demandes projetées à l'horizon 2010-2020 en matière d'environnement.

Pour saisir la demande sociale dans le domaine de l'environnement, la démarche suivante a été adoptée :

¹⁰⁶ « Il faut signaler que l'exercice de prospective du Ministère de l'Industrie a finalement reçu plus de supports institutionnels particulièrement dans sa phase finale, c'est-à-dire en matière de publication et d'utilisation (diffusion). En effet, les résultats de l'enquête DELPHI n'ont pas bénéficié d'une large diffusion dans les publications officielles. Au contraire, l'enquête sur les technologies-clés de la Direction Générale des Stratégies Industrielles du Ministère de l'Industrie a fait l'objet d'une publication : les 100 technologies clés pour l'industrie française à l'horizon 2000. Un effort pédagogique particulier a été fait pour présenter les résultats de cette consultation d'experts de manière à attirer une large audience. Entre autres, les sujets sont présentés avec une description contextuelle assez étendue. Mais, d'un autre point de vue, le contenu peut apparaître moins riche que celui de l'enquête DELPHI : les sujets sont plus larges et en nombre restreint ; ils correspondent à des applications de court et moyen termes, et pas toujours à des innovations technologiques majeures. Délibérément on vise ici des technologies « clés » (mais pas nécessairement nouvelles) pour l'industrie nationale dans les cinq à dix années à venir. Cette situation est due en partie au hasard de l'évolution des processus administratifs mais elle révèle aussi des différences de pouvoir politique entre les ministères et signifient plus profondément une évolution radicale des priorités politiques : actuellement plus orientées vers la demande industrielle à court terme que vers l'offre scientifique et technologique à long terme. » (Héraud, 1996).

- i) La réalisation d'un « forum libre » centré sur les représentations du grand public en matière d'environnement.

Contrairement aux procédures habituelles de recueil des opinions qui évitent les questions ouvertes et imposent leurs catégories aux personnes interrogées individuellement, il s'est agi de ménager un espace de liberté à un collectif de participants d'origines diverses. Nous sommes évidemment loin de la constitution d'un échantillon statistiquement représentatif de la population française mais tel n'était pas l'objectif poursuivi : la méthodologie retenue relève, en effet, des techniques concertatives de type focus groupes, que nous avons présentées dans la section 2 de ce rapport. Les critères de choix des participants ont été les suivants : jeunes à Marseille, jeunes mères à Paris, classes moyennes fragilisées à Lorient, ruraux retraités à Remiremont. Dans chacun des cas, les participants ont été encouragés à constituer, en concertation, l'équivalent d'un cahier de doléances reflétant leurs préoccupations et leurs attentes dans la société française à moyen et long terme. Pour se donner toutes les chances de comprendre les contours et les contenus du concept pour les participants, le terme « environnement » n'a jamais été utilisé par les animateurs des réunions de travail.

Les principaux problèmes recensés ont été les suivants :

- les « grands problèmes » : couche d'ozone, pluies acides, pollution des eaux , risques liés au nucléaire, changement climatique
- le cadre de vie et la qualité de vie
- la sécurité alimentaire
- la quantité et la qualité de l'eau
- la pollution atmosphérique
- les déchets domestiques et industriels
- les types d'énergie utilisés
- le développement des transports
- le développement des mégalo-poles et la désertification rurale
- les risques sanitaires.

Des scénarios ont été développés à partir de ces réponses par les auteurs de l'étude et on peut regretter qu'ils n'aient pas été ensuite testés de nouveau auprès des acteurs représentatifs de la demande sociale (société civile). Sur cette base, les trois principaux scénarios développés sont les suivants :

- Le scénario du "statu quo" caractérisé par :
 - une position ambiguë de l'Etat ;
 - une stratégie de gestion timide des causes de la dégradation de l'environnement et de colmatage des effets .

- Les scénarios du "partenariat" caractérisés par :
 - la réhabilitation du citoyen dans l'exercice du pouvoir, que ce soit dans le cadre d'une trilogie « Etat-citoyens-entreprises » au sein de laquelle l'Etat retrouverait son rôle d'arbitre ou dans le cadre d'un binôme « citoyens-entreprises », qui assurerait les fonctions auparavant dévolues à l'Etat.
 - le contrôle et la gestion des sources de dégradation de l'environnement
- le scénario de "l'entreprise-monde" caractérisé par :
 - un pouvoir fort où le politique et l'économique sont étroitement imbriqués
 - une exploitation capitaliste des effets de la dégradation de l'environnement.

ii) L'organisation de quatre ateliers « demande ».

Quatre ateliers « demande » ont été constitués, réunissant chacun une quinzaine d'acteurs sociaux choisis en fonction de profils définis au départ (élus locaux, représentants d'associations et d'entreprises, journalistes, artistes...) et d'experts des domaines concernés (nature et paysages, villes et territoires, risques et santé, problèmes planétaires). Chaque atelier s'est réuni deux fois, la première journée pour cerner le domaine étudié et ouvrir des pistes de réflexion concernant l'orientation de la demande sociale (tendances et ruptures) ; la seconde journée afin de valider les premières conclusions relatives aux attentes sociales et préparer la traduction des différents éléments de la demande et axes précurseurs de R&D.

iii) Des entretiens semi-directifs (une vingtaine) avec des organismes publics de recherche.

iv) Un atelier de confrontation « offre-demande », qui a réuni, pendant une journée pleine, certains des acteurs ayant participé aux ateliers demande et des représentants d'organismes de R&D avec pour objectif de valider la structure et le contenu des axes précurseurs (environ 70) de R&D issus des phases ii) et iii) consacrées à l'analyse de la demande.

Au total, cet exercice de prospective, faisant finalement appel à la méthode des scénarios, repose sur une approche originale de « concertation » entre différentes catégories d'acteurs, dont font aussi partie les experts scientifiques et techniques (notamment dans le dernier atelier), afin de mettre en évidence à la fois un certain nombre de problèmes environnementaux émergents (ou pouvant émerger) et des pistes pour y remédier. Ces pistes peuvent être à la fois institutionnelles, organisationnelles, culturelles, technologiques, etc. En ce sens, cet exercice, qui comporte nécessairement des faiblesses méthodologiques en raison principalement de son aspect novateur et surtout de son manque de maîtrise des techniques et méthodes participatives et concertatives, constitue de toute évidence une expérience d'un grand intérêt en matière de « foresight social » appliqué au domaine de l'environnement et du développement durable (voir figure 3.18). Pourtant, là encore, si la diffusion des résultats a été meilleure que dans le cas de l'étude DELPHI, celle-ci n'a été faite que dans un cercle restreint d'initiés. Aucune publication grand public, par exemple, n'a été réalisée. Finalement cet exercice n'a pas

reçu de soutien institutionnel dans sa phase de diffusion et de valorisation et peu d'impacts en termes politiques peuvent être observés. De plus, il a souffert d'être perçu comme étant en concurrence de l'exercice que nous présentons dans le paragraphe suivant (et réciproquement), alors que de toute évidence il s'agit de deux démarches complémentaires.

3.6.3. Un exercice international de veille stratégique dans le domaine de l'environnement

En 1993, plusieurs partenaires, le Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, la Commission Européenne (DG XII et DG XI) se sont engagés dans la mise en œuvre de ce qui devait être une première enquête internationale. Cette enquête a été conduite sous la responsabilité du GEP Environnement, dans le cadre d'une équipe composée du CREDOC, du Centre de Sociologie de l'Innovation de l'Ecole des Mines et du Centre de Prospective et de Veille Scientifique du Ministère de l'Environnement. L'objectif était de comprendre comment les priorités environnementales s'articulent entre elles et d'identifier les thèmes émergents pour contribuer à la réflexion à long terme des décideurs publics et privés. Pour cela il a été proposé aux chercheurs de participer directement au débat sur les priorités de l'environnement actuelles et sur les thèmes futurs en expliquant leurs propres critères de hiérarchisation. Il a été ainsi possible, non seulement, de recueillir les visions que les scientifiques des différentes régions du monde ont des multiples problèmes d'environnement et de leurs interactions, mais aussi de mettre en évidence, à partir d'une analyse de convergence, un certain nombre de « signaux faibles » tels que nous les avons définis dans la section 2.

14 000 chercheurs publics des cinq continents ont été contactés par courrier de mars 1995 à juin 1996. Cette cible regroupait des chercheurs en environnement travaillant dans différentes disciplines (sciences de la vie, sciences humaines et sociales, sciences physiques de l'environnement, sciences de l'ingénieur).

L'enquête visait plus précisément à :

- Définir et classer les problèmes par ordre de priorité en précisant les critères justifiant ces choix.
- Hiérarchiser suivant les échelles temporelles, géographiques, les pays concernés, leur degré d'incertitude et de prise en charge par la société.
- Faire émerger de nouveaux thèmes.
- Préciser les modalités de l'action publique et les programmes de recherche les mieux adaptés pour répondre aux problèmes cités.

Le questionnaire, qui comprenait de nombreuses questions ouvertes, s'articulait autour de cinq grandes parties :

- les problèmes prioritaires d'environnement,
- les hypothèses sur l'avenir de la planète,
- les problèmes d'environnement émergents pour le 21^{ème} siècle,

- les réponses aux problèmes prioritaires en matière de politique publique de recherche,
- les activités de recherche du répondant et les problèmes d'environnement spécifiques à son propre champ de recherche.

Les résultats de l'enquête font apparaître un accord des chercheurs sur les grands problèmes d'environnement et des visions différenciées suivant l'origine géographique des répondants.

Les problèmes d'environnement prioritaires sont les suivants:

- changement climatique
- démographie et développement
- solidarité, éthique et citoyenneté
- rareté et pollution de l'eau
- risques industriels ou nucléaires, déchets
- vie urbaine et transport
- sols et agriculture
- biodiversité et génétique
- énergie
- santé
- mer et littoral.

On peut donc noter un consensus sur les grands groupes de problèmes et sur des questions habituellement moins abordées comme la « démographie et le développement » et « la solidarité », « l'éthique et la citoyenneté », qui sont citées en 2^{ème} et 3^{ème} position après le changement climatique. Précisons que les répondants ont porté globalement une appréciation sévère sur la prise en charge par la société des problèmes d'environnement prioritaires. Elle est jugée insuffisante, surtout pour ce qui concerne la solidarité, l'éthique, la citoyenneté, la démographie, le développement, la biodiversité et la génétique, la mer et le littoral....

La recherche est considérée comme pouvant apporter des réponses à 70% de l'ensemble des problèmes d'environnement prioritaires, mais sa contribution est variable selon le domaine considéré.

Les approches scientifiques envisagées se regroupent en trois domaines, d'importance quasi-équivalente :

- Faire appel à la pluridisciplinarité et aux sciences humaines et sociales
- Favoriser l'innovation technologique
- Améliorer les connaissances
- Susciter la concertation entre les différents acteurs de la société.

En ce qui concerne les thèmes émergents, un véritable appel à la vigilance est opérée, comme on peut en juger par cette citation : « Trois chercheurs sur quatre considèrent que des thèmes radicalement nouveaux apparaîtront dans les vingt prochaines années. La vigilance s'impose car il est très difficile d'anticiper les problèmes. En effet, les chercheurs pensent que peuvent se combiner l'apparition de nouvelles interactions entre des problèmes déjà connus, l'apparition de problèmes radicalement nouveaux et la résurgence de certains problèmes d'environnement anciens que l'on croyait résolus » (Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1998, p 24).

Les 1400 problèmes cités par 65% des répondants ont pu être regroupés en dix principaux thèmes émergents. Ils concernent davantage les dangers représentés par les systèmes créés par l'homme et leurs conséquences que les systèmes naturels.

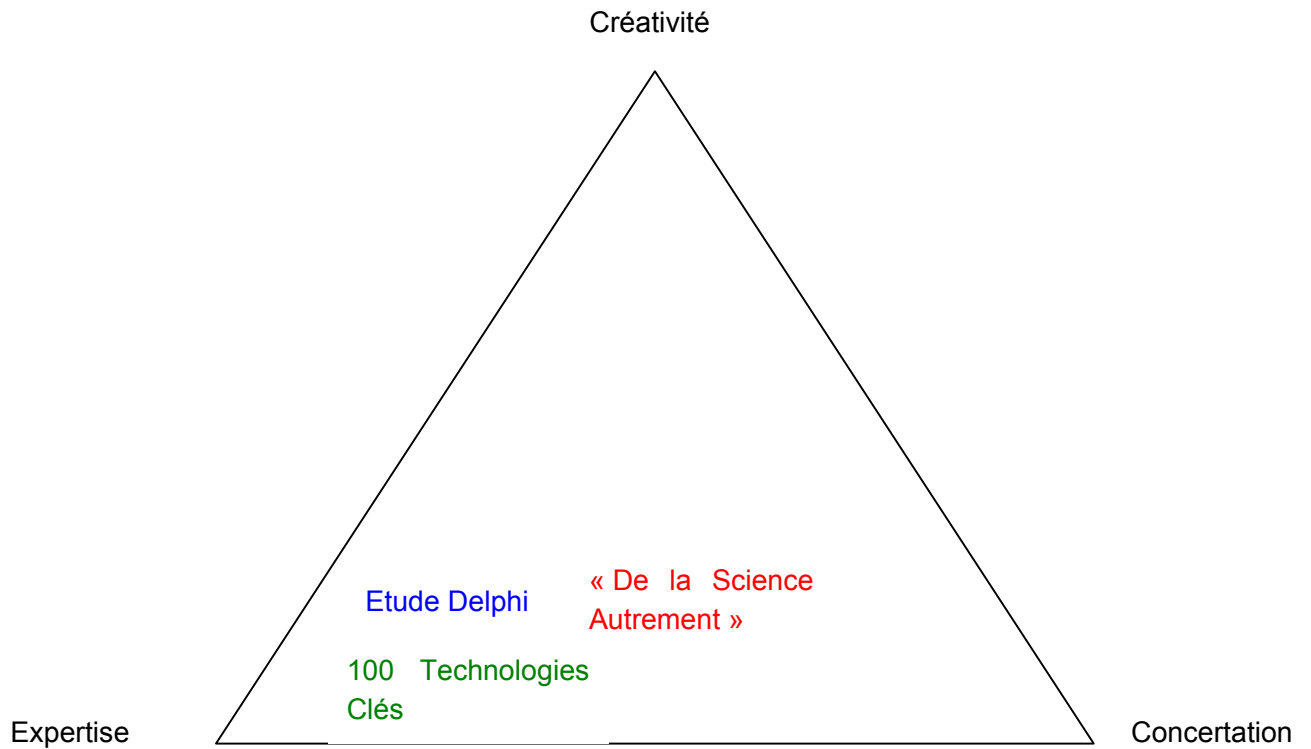
- Génétique et nouvelles biotechnologies
- Evaluation scientifique et fiabilité des informations
- Nouvelles maladies et nouveaux virus
- Variabilité accrue du climat et ses conséquences
- Gouvernance des systèmes politiques
- Effets sur la santé des produits toxiques et contaminants en trace
- Conflits pour les ressources
- Terrorisme environnemental et conflits armés
- Maîtrise et maintenance des procédés techniques complexes
- Nouvelles technologies de l'information.

Ce sont donc les effets de certaines technologies (biotechnologies, nouveaux produits chimiques, procédés techniques complexes), l'incertitude sur les risques ou les conditions d'utilisation non adaptées, l'instabilité politique qui sont cités. On note aussi des interrogations concernant l'organisation de la recherche et sa contribution à la décision et plus largement sur les modalités de prise de décision, de circulation de l'information ou d'élaboration des solutions, abordées sous l'angle de la transparence et d'une plus grande participation des citoyens à travers des procédures concertatives. La dimension géopolitique est évoquée à travers les conflits pour les ressources, qu'ils soient directs ou indirects, et le terrorisme environnemental à travers l'utilisation, à des fins militaires ou terroristes, de matières radioactives, de biotechnologies ou de substances dangereuses. Une attention particulière est portée d'une part aux biotechnologies et aux risques, connus ou inconnus, qui peuvent résulter de leur utilisation et, d'autre part, au développement de nouveaux virus dus aux modifications de l'environnement et à l'apparition de résistance.

Cette étude apparaît comme une gigantesque opération de veille scientifique ayant peu d'équivalent (sinon aucun) dans le monde, à des fins stratégiques (c'est-à-dire décisionnelles) dans le champ de l'environnement. Or, là encore, le rapport paru en 1997 a peu circulé et a donné lieu, jusqu'à présent, à peu de publications ou de valorisation. Or, plus le temps passe et moins les résultats extraits de ce type d'exercice de veille peuvent être encore qualifiés de stratégiques, notamment sur le plan du repérage des « signaux faibles » émanant des experts scientifiques et techniques. Le soutien institutionnel a cessé, une fois de plus, au moment de la remise du rapport qui, comme nous l'avons indiqué ci-dessus a été considéré, à tort par certains, comme étant en concurrence avec l'exercice de prospective que nous avons présenté précédemment.

Au total, si la France était encore l'un des pays où les initiatives publiques et les efforts intellectuels ont été importants dans les années 1990 en matière de prospective et de veille à l'échelle nationale (de façon générale et dans le champ de l'environnement en particulier), il s'avère que par manque de continuité dans la volonté politique et le soutien, les réalisations ont été peu durables car peu exploitées et donc restées sans amélioration sur le plan méthodologique. En particulier, aucune comparaison ou confrontation n'a été opérée entre ces diverses études de prospective et de veille. A ce jour, contrairement à nombre de pays développés, la France ne dispose pas d'un grand programme de foresight national (que ce soit de type technologique ou social) à l'exception d'un exercice de type « critical technologies » qui ne peut en aucune manière être qualifié de « foresight national », comme nous l'avons explicité précédemment. La France n'a pas davantage développé de foresights nationaux appliqués à l'environnement.

Figure 3.18. Une typologie de l'expérience française en matière de prospective dans les années 1990.



SECTION 4 – RETOURS SUR EXPÉRIENCES ET ENSEIGNEMENTS POUR LA GESTION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX COLLECTIFS

Dans la plupart des études de foresight, l'environnement est considéré comme un «critère d'importance». Il s'agit d'un phénomène relativement récent puisque dans les années 1980, «la croissance économique », «la compétitivité technologique », «la taille du marché» et «la défense nationale» constituaient les seuls critères dominants. Cette perception est d'ailleurs partagée par les deux grandes philosophies qui co-existent au niveau international en matière de foresights (foresights technologiques et foresights sociaux).

Selon ces deux philosophies :

- i) Le champ de l'environnement est l'un des grands thèmes identifiés dans lesquels les innovations technologiques sont susceptibles de se produire dans le premier quart du 21^{ème} siècle.
- ii) Il existe un large consensus sur les technologies émergentes dans le domaine de l'environnement (même si quelques petites variantes existent) pour le début du 21^{ème} siècle.
- iii) Une grande partie de ces innovations seront dépendantes des avancées dans les deux grands vecteurs technologiques conduisant désormais la révolution technologique, à savoir, les technologies de l'information et dans une moindre mesure, l'ingénierie génétique.
- iv) L'amélioration de l'environnement et de l'efficacité énergétique ont la particularité de dépendre aussi d'innovations en dehors des secteurs de l'environnement stricto-sensu.

Nous proposons dans un premier temps une analyse synthétique des résultats concernant les innovations technologiques environnementales les plus probables sur le moyen et le long terme issus des principaux exercices de foresight conduits durant la décennie 1990.

Toutefois, la plupart des foresights étudiés insistent également sur le fait que l'innovation technologique n'est pas une garantie d'amélioration environnementale, en raison notamment des fortes incertitudes entourant les effets environnementaux à long terme des innovations technologiques. Dans certains cas, les innovations technologiques, à priori environnementales, peuvent provoquer à terme des effets contraires à l'efficacité environnementale des produits, des procédés et des activités (exemple : une augmentation potentielle des déchets et l'utilisation de matières premières rares, spécialement des métaux, qui peut résulter de la mise en place de systèmes d'information et de communication). En plus de ces conséquences néfastes, un certain nombre de systèmes technologiques peuvent déplacer les problèmes environnementaux existants vers des problèmes d'utilisation de l'espace. Cela concerne particulièrement les systèmes d'offre d'énergie et de matières premières. Un exemple concret, à cet égard, est la substitution de carburant par la biomasse dans l'offre d'énergie et dans l'industrie chimique. De

façon évidente, la production de cultures agricoles exige la disponibilité d'un espace physique. Enfin, certaines innovations technologiques peuvent rencontrer des oppositions culturelles et sociales (exemple : les OGM). Ces différents éléments permettent de comprendre pourquoi la prise en compte de la demande sociale (qui ne doit pas être confondue avec la demande sociale exprimée sur le marché) s'avère si déterminante dans les choix technologiques ayant des interrelations avec l'environnement et c'est ce que nous nous proposons de développer dans cette section.

C'est pourquoi dans un second temps, nous dressons un bilan synthétique de plusieurs controverses récentes autour de menaces environnementales avérées ou potentielles liées à des choix technologiques. A travers ces exemples désormais «classiques» , nous montrons que dans nombre de situations, un système de veille aurait permis d'éviter des situations de crise.

4.1. Les technologies environnementales en émergence : les secteurs, les marchés, les opportunités

Nous mettons en évidence d'une part les champs technologiques couverts et les secteurs concernés ; d'autre part, les marchés internationaux potentiels.

4.1.1. Les points de convergence sur les futures innovations technologiques environnementales : un tour d'horizon des principaux foresights au niveau international

Les tentatives d'identification des technologies du futur pour l'amélioration environnementale, discutées dans la plupart des foresights, montrent de remarquables convergences, en dépit des différences dans les méthodologies de foresight sur lesquelles de telles analyses sont fondées. Cela implique qu'il y ait un consensus au niveau international sur les technologies génériques et sur de larges domaines d'applications qui serviront les besoins d'un développement durable. Les domaines technologiques génériques comprennent les technologies de l'information et de la communication, la biotechnologie, les nano- et micro-technologies et les matériaux avancés. Les domaines d'application concernent l'agriculture, le traitement de l'eau, le traitement et la gestion des déchets et des substances dangereuses, la technologie des véhicules, la construction, les procédés industriels plus propres, l'énergie, ainsi que le monitoring et la prise en compte des changements environnementaux globaux.

Les résultats que nous fournissons ci-dessous sont issus d'une analyse comparative des différents foresights nationaux analysés dans la section 3 et issus de nombreux pays (France, Royaume-Uni, Allemagne, Pays Bas, Etats-Unis, Japon). Ils rejoignent et complètent ceux décrits dans le rapport intitulé Technology Map de l'Institute for Prospective Technological Studies (Future Report Series 11, JRC, European Commission, décembre 1999). En effet, notre échantillon de foresights étudiés pour le domaine de l'environnement est plus large que celui sur lequel se base l'étude récente de l'IPTS (voir encadré 4.1).

ENCADRÉ 4.1 : LES DIFFÉRENTS EXERCICES DE FORESIGHTS ÉTUDIÉS

- ❖ 5^{ème} Delphi Japonais (1991-1992)
- ❖ 6^{ème} Delphi japonais (1995-1996)
- ❖ 1^{er} Delphi Allemand (1992-1993)
- ❖ Mini-Delphi allemand / japonais (1996)
- ❖ 2^{ème} Delphi allemand (1996-1998)
- ❖ Delphi français (1993-1994)
- ❖ 1^{er} foresight technologique britannique (1993-1997)
- ❖ 2^{ème} foresight britannique (à partir de 1999)
- ❖ Etude des technologies critiques allemande « Germany T 21 » ou « critical technologies for the information age » (1995)
- ❖ Etude des technologies critiques françaises « les 100 technologies-clés » (1993-1996)
- ❖ "L'évolution à long terme de la demande sociale "environnement" et sa traduction en termes de R&D" (1995-1998)
- ❖ Exercice américain des technologies critiques (1995)
- ❖ Foresight néerlandais 81 options Technology for Sustainable Development (1997)
- ❖ "Emerging technologies : What's Ahead for 2001-2030", World Future Society en collaboration avec l'Equipe de William Halal de l'Université Georges Washington (1997)

Bien qu'ils varient selon les pays et les exercices de foresight à l'intérieur même des pays, certains thèmes technologiques pertinents communs pour les objectifs de développement durable émergent. La liste consensuelle des futures technologies environnementales est la suivante (voir figure 4.1 pour une présentation synthétique):

- ❖ **Les détecteurs avancés.** Les avancées technologiques dans les détecteurs sont très importantes pour aborder les problèmes environnementaux à la fois locaux et globaux. Les détecteurs seront utilisés pour contrôler la qualité de l'air et de l'eau ainsi que les changements globaux du climat, la couche d'ozone stratosphérique, l'environnement marin et les divers écosystèmes. Les exercices menés aux Etats-Unis et au Japon insistent sur l'importance de ces innovations après 2015 et se targuent d'une certaine avance par rapport à l'Europe.
- ❖ **Les biotechnologies.** Les biotechnologies représentent un potentiel important pour le développement durable, à condition d'obéir à des critères éthiques. Les bioprocédés peuvent limiter les polluants issus de la fabrication ; les micro-organismes peuvent aider à la réhabilitation des sols ; les matériaux biodégradables réduiront les déchets ; et l'agrogénétique peut limiter les impacts défavorables des pesticides et autres produits chimiques dans l'agriculture. Les études américaines anticipent une diffusion plus rapide pour ce dernier type d'application, ce qui s'explique par l'importance des débats de société autour de ces questions en Europe. Selon les exercices hollandais et ceux menés aux Etats-Unis, on devrait assister, après 2015, à un large remplacement des matériaux actuels par des matériaux biologiques : culture de matières premières biologiques, amélioration des cultures biotechnologiques, emballage à partir de matières premières biologiques, procédés alternatifs pour préserver le bois, composites à base de bois.
- ❖ **Les technologies de voitures propres.** Parmi les technologies qui peuvent rendre la voiture du futur plus durable, on peut citer les batteries alternatives, les matériaux légers, l'injection directe, les piles à combustibles, et une recyclabilité accrue - toutes ayant pour effet une consommation de carburant plus faible et une réduction des émissions. Cela s'explique, dans l'ensemble des foresights étudiés, par l'introduction importante, à partir de 2010 de nouveaux matériaux comme la céramique, l'aluminium et les résines et des produits améliorés grâce à une plus grande efficacité du moteur (par exemple : l'utilisation du moteur 2 temps, moteur à injection directe). L'Europe, et en particulier la France, se place en bonne position dans ce domaine.
- ❖ **Le recyclage des produits et des déchets.** Des nouvelles techniques de gestion de la production telles que l'analyse du cycle de vie et une responsabilité étendue du producteur seront prises en compte dans la conception du produit de façon à faciliter le recyclage des biens de consommation et la fabrication des inputs. Cela nécessite des avancées dans les technologies des matériaux et de nouvelles techniques pour récupérer et réutiliser les ressources naturelles. A moyen terme, le recyclage est clairement le domaine technologique le plus important dans la plupart des foresights de référence. Les études allemandes et japonaises se focalisent sur le recyclage des produits. Selon elles, vers 2010, les producteurs de biens consommables à longue durée de vie seront obligés par une loi d'accepter le retour de leurs biens en fin de vie et de les détruire, mettant ainsi en place un véritable système de recyclage comprenant la programmation, la production, la collecte et le

recyclage ou la réutilisation, grâce auquel, un cycle de la matière pratiquement fermé peut être réalisé. L'étude japonaise prévoit pour 2011 des concepts de produits verts qui encouragent le recyclage et la réutilisation. Un recours largement répandu aux technologies de recyclage des plastiques est prévue pour 2007. Les études britanniques mettent, quant à elles, l'accent sur les matériaux de construction recyclés, les composites incorporant des matériaux synthétiques, tels les plastiques, conséquences de la modification des concepts de construction et des standards de conception. Généralement les différentes études coïncident en grande partie sur la période de réalisation, les études japonaises envisageant seulement l'avènement des solutions de recyclage un peu plus tard que le deuxième Delphi allemand. Au total, aux alentours de 2016, la majorité des biens manufacturés devrait utiliser des matériaux recyclés. De façon générale, la position de l'Europe est forte en matière d'innovations dans ce domaine. L'Allemagne fait incontestablement figure de leader. De même, la plupart des foresights s'accordent sur le fait que vers 2008, la moitié des déchets ménagers devrait être recyclée dans les pays développés.

- ❖ **Un traitement de l'eau intelligent.** Les méthodes et techniques de traitement et d'épuration de l'eau seront fondées sur des nouveaux enzymes, catalyses, bioprocédés et autres techniques avancées. L'Europe, notamment la France, apparaît en bonne position dans ce domaine qui devrait connaître une véritable explosion après 2012.
- ❖ **Gestion globale de l'environnement.** Un problème important dans la plupart des Delphis concerne les technologies futures pour la gestion globale de l'environnement : compréhension de l'écosystème global, désertification, qualité du sol. Par exemple, d'après le Delphi allemand, vers 2016-2020, des techniques seront appliquées aux paysages désertiques à travers le monde pour arrêter la désertification. De même, les technologies de fixation de CO₂, de photosynthèse artificielle et l'introduction d'espèces de plantes agricoles résistantes à la sécheresse et au sel devraient se propager après 2020.
- ❖ **Des procédés industriels plus propres et une «micro-fabrication».** Les procédés industriels du futur utiliseront moins de matières et d'énergie et produiront moins de déchets et d'émissions dangereuses grâce à l'utilisation de catalyseurs biologiques et chimiques avancés, d'une séparation avancée et de technologies économes en énergie. Des procédés radicalement plus propres peuvent éventuellement utiliser la micro-technologie permettant de produire un large éventail de produits allant des produits chimiques à l'énergie dans des unités de production décentralisées avec des impacts environnementaux réduits. Entrent aussi dans cette catégorie l'eco-design, le recours à des parcs éco-industriels regroupant diverses industries opérant comme un système clos. Ainsi, selon les foresights menés aux Etats-Unis, au Japon et en Allemagne, les deux pays les plus en avance dans ce domaine, la plupart des industriels adopteraient les méthodes dites de « l'écologie industrielle » après 2010.

- ❖ **Les énergies renouvelables et les nouvelles technologies de l'énergie.** L'utilisation de l'énergie solaire et éolienne, de la biomasse et de l'hydrogène ainsi que des technologies de charbon propres et des systèmes de conversion efficaces tels que la cogénération sera de plus en plus importante. Des technologies améliorées de stockage et de transport de l'énergie comme les volants d'inertie et la supraconductivité amélioreront radicalement l'efficacité énergétique. Ces technologies commenceront à être largement diffusées autour de 2020. L'Europe est moins avancée dans ce domaine que le Japon et les Etats Unis. Selon les exercices de prospective de ces deux pays, une proportion significative (10%) de l'usage énergétique devrait, dès 2010, être dérivée des sources énergétiques alternatives, comme le géothermique, l'hydroélectricité, le solaire/photovoltaïque. Le photovoltaïque, l'une des sources d'énergie renouvelables les plus prometteuses, verra son utilisation se répandre dans le cadre de technologies améliorant l'efficacité de conversion et les performances de coût et sera appliqué dans les bâtiments, les automobiles et les unités génératrices décentralisées. De même, les sources énergétiques organiques couvriront à cette date également 10% des besoins énergétiques. L'hydrogène, quant à lui, ne serait pas utilisé couramment de façon commerciale pour la production d'électricité avant 2026 et, selon les exercices américains, l'énergie de fission pourrait constituer 50% de la génération d'électricité à partir de 2030. Les exercices européens (notamment les français) se montrent plus optimistes sur cette dernière date, ce qui peut s'expliquer, en partie, par une plus forte avance européenne en matière de fission.

- ❖ **Une efficacité énergétique améliorée.** Les technologies à efficacité énergétique améliorée sont particulièrement abondantes dans les Delphis allemands ainsi que dans les foresights néerlandais et britannique. Elles concernent principalement le trafic et les transports. On peut citer : les voitures consommant 2 litres/100kms, les voitures à pile à combustible, les voitures et avions à hydrogène, le trafic combiné avec des containers intelligents, les services de transports publics sur demande... Un autre domaine important pour l'efficacité énergétique améliorée est le secteur de la construction et du bâtiment. On peut indiquer : les fenêtres et les façades intelligentes, les bâtiments énergétiquement indépendants, ou encore l'utilisation intelligente de la lumière du jour pour l'éclairage. Un troisième terrain d'application pour les technologies améliorant l'efficacité énergétique est l'industrie de base, pour laquelle la technologie de production d'acier économe en énergie et la réduction non-électrolytique d'aluminium sont mentionnées. Enfin, il convient d'évoquer certaines options technologiques particulières qui ne peuvent pas être regroupées en grande catégories, il s'agit par exemple : du contrôle électronique de la révolution des moteurs électriques, du temps de veille réduit des appareils électriques, de la conversion électricité-éclairage hautement efficace. Un consensus semble se dessiner sur le fait que l'efficacité énergétique devrait être améliorée de 50% à partir de 2020 grâce à ces diverses innovations.

Si l'on veut procéder à une évaluation des niveaux actuels de la R&D dans les différents foresights nationaux, on peut noter qu'existe un consensus sur le leadership des Etats-Unis, à la fois en matière de R&D dans le champ de l'environnement et en termes de capacité d'innovation. L'Allemagne vient en deuxième position et supplante même les Etats-Unis sur le thème de la «conception du produit dans l'optique de recyclage ». Les Japonais arrivent en troisième position. Il faut aussi ajouter l'avance indéniable des Etats-Unis dans le recours aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, dans l'amélioration des performances environnementales des produits, des processus de production et des services. Toutefois, cette évaluation des avancées scientifiques à long terme et des développements technologiques n'est pas évidente au travers des résultats des foresights en particulier lorsque l'on questionne les experts eux-mêmes. C'est pourquoi une analyse plus approfondie par secteur s'impose.

4.1.2. Les marchés potentiels des principales innovations technologiques environnementales

Les débouchés pour l'application et le développement des technologies environnementales doivent, par définition, être recherchés à travers toutes les branches de l'industrie et les secteurs de l'activité économique. Cela offre un vaste champ d'opportunités mais pose en contrepartie des difficultés pour déterminer une application précise.

Lorsque l'étendue des problèmes environnementaux est devenue évidente, la vision prédominante au niveau national et international de la première moitié des années 1990 était que les technologies environnementales seraient la principale source de croissance économique sur le moyen et long terme. On estimait le marché de la dépollution de l'eau, de l'air et des sols contaminés, associé à un monitoring et des systèmes d'application, à des milliards de dollars US sur une échelle globale. De tels calculs sont fondés sur des coûts moyens d'installation multipliés par le nombre de sources ou sites à traiter.

Différents produits et technologies sont appropriés à plusieurs marchés. La «matrice des débouchés », présentée ici dans le tableau 4.1, et inspirée d'une présentation réalisée par l'OST en 1998, synthétise en termes schématiques les domaines dans lesquels on peut trouver des points de convergence sur les principales demandes et les marchés qui vont probablement émerger, bien que beaucoup de ces technologies et de ces services doivent avoir des applications mondiales dans un contexte de globalisation économique. La matrice souligne l'importance des marchés d'exportation.

Tableau 4.1. Exemples de domaines de recherche et d'application potentielles des innovations technologiques environnementales en fonction des catégories de marché

Principaux domaines technologiques	Pays développés	Nouveaux pays industrialisés et Europe de l'Est et Centrale	Pays en développement
Produits et processus «plus propres»	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorations des processus de production afin de réduire les matières, l'énergie, l'eau et les déchets. - Minimisation des déchets de la conception à la destruction, utilisation d'eau recyclée - Technologies de séparation, procédés d'efficacité énergétique et substituts de matériaux de machines, IT et contrôle - Procédés biotechnologique pour remplacer des procédés chimiques et physiques (application biotechnologique de base) 	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingénierie lourde plus propre plus efficiente, procédés chimiques 	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>
Nouveaux concepts de produits/services	<ul style="list-style-type: none"> - Produits recyclables, démontables, revalorisables - Concepts de propriété partagée, crédit-bail, - Responsabilité du berceau à la tombe/du temps de vie - Méthodes de développement de produit (une combinaison d'IT, gestion et application des matériaux/conception) - Produits à faible utilisation d'énergie, faible utilisation d'eau, etc... 	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>

<p>Recherche économique et recherche de gestion associées</p>	<p>Socio- et gestion</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recherche de «style de vie» – impact de la soutenabilité sur les modèles de consommation – construction de «back casting »/scénario pour identifier les chemins de «croissance propre » - Modèles de croissance d'intensité réduite en énergie et matières - Méthodes de décision publique, choix social - Etudes pour comprendre comment stimuler l'innovation, la flexibilité dans la production, la conception, l'acceptation de nouveaux produits/procédés - Lien commerce/standards de produits/émissions 	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>
<p>Technologies Techniques environnementales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle pollution - Nettoyage 	<p>/ de</p> <ul style="list-style-type: none"> - Détecteurs/moniteurs environnementaux (biodétecteurs, instrumentation relative, opération à distance et collecte de données, analyses de systèmes) - Traitement des eaux usées, épuration de l'eau, traitement de l'eau (processus de séparation, épuration de l'eau souterraine, désalinisation, recyclage) - Traitement et gestion des déchets (suivi des déchets, enlèvement des déchets dangereux) - Séparation des déchets et technologies de pré-traitement 	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Minimisation des déchets - Autres - Autres technologies associées - réhabilitation des paysages - contrôle de la pollution de l'air - VOC/Contrôle d'odeur 	<p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p>	<p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p>
Technologies de l'eau	<p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage de l'eau du sol – bioréparation - Réutilisation de l'eau réutilisée/recyclage dans des usages domestiques et commerciaux (meilleure séparation contrôle et monitoring renforcés) - Méthodes de production plus économes en eau, recyclage industriel accru (séparation membranaire) - Pratiques agricoles plus économes en eau (prévision 	<p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Désalinisation (meilleure séparation) - Des cultures résistantes au sel et à la sécheresse - Usine de traitement de l'eau/eau usée de petite échelle - Monitoring et contrôle renforcés <p>----</p> <p>----</p> <p>----</p>

	climatique, application à faible dose)	-----	
Outils de politique publique de gestion	<ul style="list-style-type: none"> - Politiques de prix/taxes - Gestion de service - Evaluation du risque et coût/bénéfice - Modélisation état/pression/réponse 	<ul style="list-style-type: none"> ----- ----- ----- ----- 	<ul style="list-style-type: none"> ----- ----- ----- -----
Energie <ul style="list-style-type: none"> - Efficience énergétique - Réduction d'énergie - Production d'énergie soutenable 	<ul style="list-style-type: none"> - Produits consommables efficient énergétiquement - Nouvelles formes de production d'énergie <ul style="list-style-type: none"> - Photovoltaïque - Biomasse - Vent - Solaire - Combustion du charbon plus propre - Méthodes de production efficiente d'énergie - Stockage d'énergie <ul style="list-style-type: none"> - batteries - piles à combustible 	<ul style="list-style-type: none"> ----- - Des systèmes d'énergie localisés plus petits pour les grandes villes - Séquestration du carbone ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- 	<ul style="list-style-type: none"> - Technologie de construction appropriée ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> - Maintenance de la qualité du sol - Utilisation réduite de l'eau - Fixation d'azote améliorée 	<ul style="list-style-type: none"> ----- ----- ----- 	<ul style="list-style-type: none"> ----- ----- -----
Transport	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction du poids des 	<ul style="list-style-type: none"> ----- 	<ul style="list-style-type: none"> -----

<ul style="list-style-type: none"> - Véhicules - Moteurs - Infrastructure - Multi-modal - Demande réduite 	<p>matériaux des véhicules</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recyclabilité accrue des matériaux des véhicules (R&D dans les matériaux) - Système de propulsion (sans carbone) - électrique/piles à combustible - hydrogène - Systèmes de propulsion plus efficaces - hybride - Information intégrée systèmes/route/transport et contrôle - Utilisation plus efficace des infrastructures existantes - Nouvelles formes de possession de voiture – crédit-bail, partage, par automobile, etc... 	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>
<p>Construction et infrastructure urbaine – Plus économes en énergie</p>	<p>- Construction intelligente et matériaux de construction</p> <p>-----</p> <p>-----</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Substitution de matériaux dans les constructions - Faible énergie incorporée dans les matériaux de construction et les produits - Des infrastructures de services non centralisées et pas intensives en énergie (eau, évacuation, 	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p>

		énergie) - Faible utilisation d'énergie dans la conception	
	----		----
Substitution de matériaux : - Matériaux plus légers - Miniaturisation (plus léger/plus fort)	- Concentration sur le remplacement des matériaux dangereux (recherche sur les matériaux, la biotechnologie et les produits chimiques) - Matériaux légers, solides et recyclables	---- ----	---- ----

La plupart des exercices de foresight jugent la coopération internationale comme la mesure la plus importante pour mener à bien des innovations. Le changement dans la réglementation apparaît au second plan et l'amélioration du système institutionnel de recherche scientifique et technique au troisième.

Ils révèlent aussi que les technologies pertinentes pour l'environnement sont très diffuses et se retrouvent dans de nombreux champs et catégories technologiques. De plus, elles sont interdépendantes et corrélées. Les technologies porteuses de progrès pour d'autres technologies, telles les technologies de l'information et la biotechnologie ainsi que les matériaux avancés, trouvent des applications dans de nombreux problèmes environnementaux. Du fait de la nature diffuse des technologies environnementales, forger des liens entre les chercheurs au sein des administrations, des industries et des universités est une fonction importante des activités de foresight. Etant donnée la nature interdisciplinaire des technologies environnementales, on peut insister de nouveau sur le fait que la construction de réseaux est cruciale. Le processus du foresight spécifique axé sur l'environnement peut aider à créer des réseaux d'individus partageant une même vision du futur pour réaliser les objectifs du développement durable.

4.2. La pertinence des «signaux faibles» pour l'orientation des choix technologiques : Le rôle complémentaire de la veille par rapport à la prospective dans les politiques environnementales

Dans ce qui suit, quelques retours sur expériences et leurs principaux enseignements à propos de choix technologiques illustrent l'importance d'un système de veille en complément d'un exercice de prospective en matière de politique environnementale tel que nous l'avons défini dans la deuxième section de ce rapport.

4.2.1. L'accident Seveso

Seveso est le nom de la localité en Italie du nord où s'est produite, le 10 juillet 1976, une explosion dans un réacteur de TCP (2,4,5-trichlorophénol) dans l'usine ICMESA. Un nuage toxique contenant du TCDD (2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxin), l'une des substances chimiques les plus toxiques produites par l'homme, fut relâché accidentellement dans l'environnement, contaminant gravement une zone de population dense située sous le vent et mesurant 6 km de long et environ 1 km de large (voir encadré 4.1).

ENCADRÉ 4.2. DIOXINE ET TERREUR À SEVESO

Le problème scientifique à l'origine du caractère morbide de la catastrophe de Seveso réside dans la toxicité de la dioxine. Lorsque l'on s'est rendu compte que la population avait été soumise à la dioxine, les effets psychologiques, sociaux et économiques furent importants. Or, l'existence de la dioxine avait pour la première fois été portée à la connaissance du public pendant la guerre du Vietnam en tant que composant du fameux «Agent Orange». A bien des égards, son image était assimilée à celle de la radioactivité : invisible, toxique à dose microscopique et utilisée en période de guerre. De plus, dans le cas du nuage de Seveso, dans lequel la dioxine s'est déposée sur les hommes et les choses, la menace a été perçue comme une sorte de peste, comme une maladie de la terreur.

Des «signaux faibles» ignorés

Avant la catastrophe de Seveso, plusieurs accidents industriels impliquant le TCP avaient déjà été signalés. On peut ainsi citer ceux de Monsanto (USA) en 1949; BASF (Allemagne) en 1953; Dow Chemicals (USA) en 1960; Phillips Duphar (Pays-Bas) en 1963; Coalite Chemical Productions (Royaume-Uni) en 1968. Ces accidents ont causé de graves maladies parmi les ouvriers, en plus des maladies chroniques résultant de l'exposition prolongée à des conditions non satisfaisantes d'un point de vue sanitaire.

Après l'un de ces accidents, la compagnie responsable a construit de nouvelles installations, ajoutant comme équipement supplémentaire de sécurité un confinement du réacteur chimique, dans le cas d'une rupture de la valve de sécurité. S'il y avait eu une telle valve de sécurité à ICMESA, il n'y aurait pas eu de catastrophe de Seveso.

Avant Seveso, il y avait déjà eu des revendications de la part d'ouvriers agricoles et forestiers afin d'interdire le 2,4,5-trichlorophénol (sous forme d'herbicide 2,4,5-T) du fait de ses effets nocifs sur l'homme. Toutefois, celles-ci étaient souvent mal perçues des scientifiques, en partie à cause de leur caractère anecdotique (voir De Marchi, 1997).

Une des caractéristiques les plus remarquables de ce désastre est que, ni les résidents, ni les autorités locales et régionales n'avaient de suspicions quant au risque que pouvait représenter l'usine ICMESA. Cette dernière était installée depuis 30 ans et les plaintes occasionnelles des résidents proches ne concernaient que les odeurs désagréables. La dioxine était connue pour être une substance dangereuse mais cette connaissance n'a donné lieu à aucune gestion coordonnée du risque. Après le nuage, la dioxine a fini par se déposer sur les gens et les choses et a été considérée comme un véritable fléau.

Après de nombreuses mésaventures industrielles semblables, l'accident de Seveso a constitué le facteur déclenchant de véritables préoccupations publiques dans les pays européens pour les risques collectifs dus à des accidents industriels ayant des impacts environnementaux et sanitaires et a ainsi accéléré la réponse institutionnelle européenne quant à la sûreté des installations chimiques. Cet accident a entraîné une prise de conscience croissante des dangers liés à la production, à la fabrication, au stockage et au transport des substances chimiques. Il a rendu inacceptable, tant pour les autorités, que pour le grand public, la présence de milliers d'installations dangereuses dans toute l'Europe.

Ainsi, ce désastre a poussé à la création d'un nouveau système de réglementation incorporé dans la Directive 82/501/EEC, publiée d'abord en 1982 et amendée ensuite à deux reprises, sur les risques d'accidents majeurs présentés par certaines activités industrielles.

Du point de vue de la gouvernance des risques industriels, la caractéristique la plus remarquable de la Directive, concerne la reconnaissance de l'existence du public comme acteur dans la législation sur la sûreté. Les Etats-membres doivent désormais s'assurer que :

«toute personne susceptible d'être concernée par un accident majeur...est informée d'une manière appropriée des mesures de sécurité et du comportement adéquat à adopter dans l'éventualité d'un accident» (article 8).

Cette dernière clause constitue une innovation majeure dans la législation de la sécurité. Pour la première fois (au niveau international), les personnes extérieures aux installations, possèdent un statut direct dans la gestion des dangers ; jusque là, seuls les travailleurs (dans le meilleur des cas) avaient le droit d'être informés. Cet article a rencontré une forte opposition et a été soumis à de longs retards d'application. Malgré ces difficultés initiales, il se transforma en point de départ de toute une tradition de communication dans des questions qui avaient auparavant été considérées comme réservées aux seuls experts.

4.2.2. Les CFCs et la couche d'ozone

La vulnérabilité de la couche d'ozone stratosphérique aux émissions anthropogéniques (par exemple, les gaz d'échappement des avions) a été discutée depuis les années 1960, mais le temps fort de la controverse scientifique a eu lieu dans les années 1970 et 1980 (voir Faucheux et Noël 1990 ; Theys et alii, 1988). Pendant toute cette période, la controverse scientifique a nourri un jeu d'acteurs dans les domaines économiques et politiques. Certains ont exploité l'incertitude scientifique pour retarder l'action. D'autres ont manipulé les énoncés scientifiques pour précipiter telle décision technique, économique ou institutionnelle les favorisant.

La concertation internationale commence dès 1981 sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Au bout de quatre années de négociation laborieuse, on a abouti en 1985 à la signature d'un accord-cadre, la Convention de Vienne, renvoyant les véritables décisions à l'élaboration future d'un protocole d'application. Le processus s'est accéléré avec la découverte par les scientifiques du «trou d'ozone» antarctique à la fin de 1985. Cette découverte (due à une ré-interprétation des données pourtant disponibles depuis quelques années — des «signaux faibles») a provoqué de nouveaux clivages entre les acteurs au cours de la phase de négociation du Protocole.

Les ONG, soutenues par les opinions publiques des pays à forte tradition écologique comme l'Allemagne fédérale et les pays scandinaves, ont exprimé une «demande sociale» favorable à l'interdiction totale des CFC, principaux agents destructeurs de la couche d'ozone. Les industriels se sont adaptés de façon très contrastée. DuPont de Nemours, le producteur dominant, fort d'une recherche poursuivie dans le domaine des substituts des CFC depuis 1975, a anticipé le caractère inéluctable d'une réglementation restrictive en s'y ralliant en septembre 1986. Il comptait prendre un avantage décisif dans la production et la commercialisation de ces substituts. D'autres groupes, notamment ICI ou Hoechst, ont envisagé rapidement d'abandonner la production de CFC pour se concentrer sur des activités plus profitables. Pour Atochem, tout juste sorti de la restructuration de la chimie française, les CFC constituaient un centre de profit non négligeable à l'exportation. Il faut ajouter l'importance des excédents provenant du commerce international des produits utilisateurs de CFC, comme la parfumerie et les cosmétiques par l'intermédiaire des aérosols. Bravant les signaux désormais forts, certains producteurs ont investi quelques mois avant Montréal dans de nouvelles unités de production de CFC 22 (qui seront bientôt interdits) !

Or, il est apparu rapidement, sous la poussée des scientifiques bien relayés par les ONG et les médias, que les étapes de réduction et les nombreuses exceptions prévues par le protocole n'en faisaient pas une solution acceptable au problème de la diminution de la couche d'ozone. Le Protocole a alors été renégocié dès 1990, ce qui a conduit à la décision (dans le cadre de la conférence de Londres le 29 juin 1990) d'éliminer totalement en 2000 production et consommation de CFC. Ajoutons que depuis, les HCFC, substituts des CFC, sont eux-même incriminés dans l'accroissement de l'effet de serre.

- ❖ Dans le climat d'incertitude et de controverse scientifique lié à la diminution de la couche d'ozone, les divers acteurs ont eu tendance à manipuler les problèmes d'environnement au service de leurs propres intérêts industriels et économiques. Les choix opérés en matière de réglementation et donc de choix technologiques ont finalement résulté des rapports de force existants entre de multiples acteurs et a permis une situation de "capture réglementaire" (opérée par le groupe chimiste américain Dupont de Nemours).
- ❖ Il est donc préférable d'organiser suffisamment tôt des lieux de confrontation et d'anticipation d'émergence des conflits d'intérêt afin d'éviter toute décision conduisant à de «mauvais choix technologiques ».

4.2.3. Les pluies acides et le pot catalytique

Dans le contexte européen les débats et les réponses politiques à la menace posée par les pluies acides ont traversé plusieurs phases. Dans un premier temps, la phase des «signaux faibles» (dans les années 1970 et encore au début des années 1980), la réalité, l'ampleur et la signification des phénomènes d'acidification étaient débattues entre activistes (citoyens, écologistes) sans encore avoir une acceptation officielle. Dans un deuxième temps (les années 1980) une réponse urgente de réduction des émissions acidifiantes sollicitée par certains pays, notamment l'Allemagne et des pays nordiques, a donné lieu à la politique du «pot catalytique» (voir encadré 4.3). Enfin, pendant la même période et depuis, la connaissance scientifique sur les dépôts acides s'est stabilisée et la négociation politique s'est centrée sur la répartition d'effort de réductions entre pays (Roqueplo, 1988). Or, on a constaté depuis quelques années que le pot catalytique nuit à l'efficacité énergétique et a retardé l'élimination de protoxyde de plomb dans les moteurs. Ajoutons que récemment plusieurs «signaux faibles» ont soulevé le danger possible pour l'environnement et la santé représenté par les émissions de platine liées à cette technologie catalytique.

ENCADRÉ 4.3. LA POLITIQUE DU POT CATALYTIQUE

Dès 1983, se profile au niveau des politiques communautaires l'élaboration d'une réglementation pour, entre autres, la protection des forêts contre les pluies acides qui fait référence explicite aux émissions automobiles. En 1983 et 1984, le débat continue autour des deux questions de la voiture propre et de l'essence sans plomb et aboutit le 20 mars 1985 à la promulgation d'une directive européenne sur l'essence sans plomb et à l'accord politique du principe concernant la voiture propre. Enfin, le 9 juin 1989, les Ministres de l'Environnement des douze adoptent un calendrier d'application imposant le recours au pot catalytique pour les nouveaux modèles à partir de juillet 1992 et pour toutes les voitures neuves de petite cylindrée à partir de juillet 1993.

L'Allemagne a ciblé le «dossier automobile» plutôt que le «dossier charbonnier». En agissant ainsi, le gouvernement fédéral ne remettait pas fondamentalement en cause la politique industrielle de secteurs fragiles (les charbonnages et la sidérurgie). Certes, les constructeurs automobiles ouest-allemands ont commencé par s'élever contre le principe –coûteux- de la réduction de NOx. Toutefois, ils prennent assez vite leur parti de cette contrainte environnementale et y voient même une amélioration possible de leur situation commerciale : ils exigent du gouvernement fédéral que la solution technique retenue soit de type incrémental et ajouté : une dépollution par un pot catalytique. En effet, pour ce dernier, il leur semble disposer, ainsi que d'autres industriels allemands comme Bosch dans l'électronique associée au pot catalytique, d'un avantage comparatif vis-à-vis de leurs concurrents européens. Le surcoût de la solution retenue leur paraît devoir être absorbé facilement en raison des caractéristiques de la demande (forte proportion d'automobile grosse cylindrée) et de la disposition d'esprit du consommateur allemand en matière d'environnement.

Côté France, au contraire, le risque représenté par les pluies acides est plutôt perçu au travers de ses conséquences sur le secteur automobile.

Il est peu surprenant que les réactions des constructeurs aient été assez différentes selon les pays. Les constructeurs ouest-allemands semblent s'accommoder parfaitement de ces réglementations, allant même parfois jusqu'à les anticiper. BMW, par exemple, annonce dès 1989 que toutes ses voitures seront désormais munies de pots catalytiques. Les constructeurs français, en revanche, sont demeurés hostiles aux nouvelles normes. Selon eux, la pollution automobile joue un rôle mineur dans les pluies acides, les normes drastiques s'appliquent aux petites cylindrées alors que ce sont les grosses qui polluent le plus et le pot catalytique est une solution technologiquement fragile et sans avenir par comparaison à celle du «moteur propre» qui s'avère une technologie de type intégré. Toutefois, les producteurs et les politiques français auraient pu adopter un comportement plus proactif.

Nous tirons, à ce stade, quatre leçons sur cette controverse scientifique vite devenue technologique :

- ❖ La stratégie pro-active des producteurs allemands leur a créé la possibilité de réaliser une «capture réglementaire» leur procurant des avantages commerciaux clairs à court terme.
- ❖ La question des réponses appropriées au problème des dépôts acides aurait pu être abordée de façon concertée dans les années 1970 aussitôt que les 'signaux faibles' étaient devenus perceptibles et on aurait pu éviter les décisions hâtives.
- ❖ S'il y avait eu un débat national en France avec les différents acteurs — par exemple initié par l'industrie automobile comme cela a été le cas en Allemagne — il aurait été alors plus difficile d'adopter la solution du pot catalytique qui s'avère aujourd'hui un «lock-in» technologique. Un débat au cours des années 1980 entre les acteurs français aurait pu montrer l'intérêt pour les citoyens de l'Europe de lutter pour un moteur propre (dans la recherche duquel les constructeurs français avaient acquis une avance indéniable) et aurait pu, plus largement, affirmer les avantages de maintenir une «diversification technologique» en attendant la stabilisation des controverses scientifiques et économiques. En d'autres termes, l'intérêt de poursuivre une recherche européenne sur le moteur propre comme solution apparente à long terme tout en admettant le pot catalytique pour le court terme serait devenu patent.

4.2.4. La mésaventure de la «vache folle»

L'émergence de la maladie de la «vache folle» peut être assimilée à un choix technologique fondé sur le seul souci de rentabilité et de stabilité sectorielle (la filière bovine en Angleterre). Pourtant, plusieurs «signaux faibles» (voir encadré 4.4) indiquaient depuis longtemps les dangers, non seulement pour la santé animale et humaine, mais aussi pour l'équilibre des systèmes écologiques (De Marchi et Ravetz, 1999). Au lieu d'assurer une meilleure rentabilité et réputation pour le secteur, le rattrapage après coup a mis en désarroi toute la production bovine en Grande-Bretagne (et ailleurs).

ENCADRÉ 4.4. LA MÉSAVENTURE DE LA VACHE FOLLE : DES SIGNAUX FAIBLES NÉGLIGÉS

Le premier cas de la maladie de «vache folle» (l'encéphalopathie spongiforme bovine, ESB) a été reconnu en 1986. Il a été identifié en Grande-Bretagne comme étant une sorte de «scrapie», une maladie bien connue touchant le cerveau des moutons. On a alors supposé que son origine était due à l'utilisation, dans l'alimentation de bétail, de restes de moutons malades. Quant à sa diffusion, elle a également été expliquée par l'utilisation des restes de bétail malade. Il s'est avéré que les changements du système de traitement des carcasses animales au début des années 1980 ont permis la survie, puis la modification vers une infection croisée, de l'agent pathogène particulier de l'encéphalopathie spongiforme bovine.

Un comité consultatif d'éminents scientifiques a été constitué. Ils ont recommandé l'interdiction d'utiliser du matériel suspect (cerveaux, moelle épinière et organes particuliers) comme aliment pour bétail. Ils ont également proposé la mise en place d'un plan pour rappeler le bétail malade et mis en garde les autorités contre les conséquences potentiellement très graves. Or, la confiance officielle a persisté, au cours des années ultérieures, en dépit de l'accumulation de divers types de signaux. La politique mise en place dans les abattoirs pour isoler les tissus interdits s'est, à plusieurs reprises, avérée inadéquate, de même que les contrôles pour empêcher que le bétail malade soit vendu comme viande saine sur les marchés. De sérieux problèmes concernant des ateliers d'équarrissage ont été identifiés par les médias britanniques, mais ils ont été négligés. Pourtant, des cas d'une nouvelle maladie relativement proche, clairement issue de l'utilisation des produits alimentaires infectés, commencèrent à apparaître chez d'autres espèces. Les premiers à avoir été touchés étaient d'autres animaux de pâturage dans les zoos, ensuite, en 1990, les chats.

La période suivante a été marquée par des préoccupations croissantes de la part des détracteurs, des médias, et des Etats membres de l'Union Européenne, avec des réassurances toujours plus énergiques de la part des politiques et des administratifs concernés.

En 1995 les premières victimes humaines d'une nouvelle forme de maladie, variante de la maladie mortelle bien connue de Creutzfeld-Jacob, sont apparues. Une unité de surveillance du Ministère de la Santé a été chargée de collecter des échantillons de tissu en vue d'autopsie ; ils ont montré une encéphalopathie spongiforme identique à celle du ESB.

La facture pour le seul contribuable britannique a atteint 3 milliards de livres. On a assisté à un nombre certes faible mais croissant de cas humains atteints de la maladie néo-Creutzfeld-Jacob et à une suspicion publique profonde à travers le Royaume-Uni et ailleurs.

Ainsi, cette affaire prouve : d'une part, la non prise en considération de «signaux faibles» émis par les divers acteurs peut conduire à de véritables catastrophes, non seulement en termes économiques et sociaux, mais également en termes de santé humaine ; d'autre part, que vouloir étouffer la controverse plutôt que de susciter le dialogue social autour d'elle, ne fait que retarder la crise et en amplifier les effets au point de remettre en cause la légitimité même des instances de gouvernance.

4.2.5. Les organismes génétiquement modifiés

Avec le «gene-splicing» nous avons à faire face à un nouvel élément, la réorganisation volontaire (et involontaire) de l'information du vivant. Les nouveautés ainsi créées sont, en outre, capables de circuler, de se reproduire, voire de s'adapter et même de changer : elles interfèrent donc dans les cycles écologiques et dans l'évolution.

Du point de vue de la santé humaine ou de la stabilité des écosystèmes actuels, cette nouveauté est une force créative et, par là même, aussi porteuse d'un potentiel de nuisance. Ce potentiel est incalculable. Mais, une fois relâchée dans la nature, que ce soit volontairement ou par négligence ou par erreur, sa libéralisation est irréversible (encadré 4.5).

ENCADRÉ 4.5. LE MAÏS GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉ EN EUROPE

Ciba-Geigy (qui plus tard fusionna avec Sandoz pour créer Novartis) a développé le «Knockout», un maïs génétiquement modifié contenant trois gènes issus de bactéries produisant les propriétés désirées, plus un gène «marqueur». Le premier est le gène (Bt) *Bacillus thuringiensis* pour produire une toxine qui tue un insecte ravageur (la pyrale). Le second rend la plante résistante à un herbicide total (Basta ou ammonium glufosinate). Le gène «marqueur» qui a joué un rôle important dans les phases de la construction de ce maïs, confère une résistance aux antibiotiques communs de type ampicilline.

En 1996, ce maïs transgénique a été autorisé aux Etats-Unis, Canada et Japon, où il a alors été cultivé à grande échelle. En Novembre 1996, malgré les contestations d'un grand nombre d'Etats Membres de l'Union Européenne, ce maïs a été, avec le soja «Roundup Ready» de la firme Monsanto, le premier produit transgénique embarqué des USA vers l'Europe.

En 1994 l'entreprise Ciba-Geigy demanda l'autorisation de mise sur le marché européen. Elle déposa le dossier scientifique aux autorités françaises ; et en mars 1995 la France transmit le dossier à la Commission européenne avec un avis favorable.

La proposition fut contestée par sept Etats Membres. Suivant les procédures prévues par la Directive 90/220, le dossier fut alors soumis à une série complexe de négociations, de votes et de re-soumissions à des comités d'experts, mais ceci ne résolut pas le conflit. Au contraire, à la fin de la procédure, la France était le seul pays qui soutenait encore le dossier positivement. Malgré ces controverses, la Commission décida, face aux pressions très fortes des intérêts commerciaux des Etats-Unis, de donner l'autorisation en décembre 1996. Cela fut confirmé en janvier 1997.

L'Autriche, le Luxembourg et l'Italie ont tout de suite invoqué des oppositions fondées sur des aspects de sécurité pour bannir ce maïs de leur territoire (l'Italie a ultérieurement changé de point de vue). Selon les procédures de l'Union Européenne, le problème aurait dû être résolu dans un délai de trois mois, mais en février 1999, les ONG environnementales autrichiennes célébrèrent le deuxième anniversaire de l'interdiction.

Des «actions directes sur le terrain» (incluant l'insoumission civile) contre les cargaisons et les entreposages (du soja de Monsanto) commencèrent dès novembre 1996 en France, en Allemagne, aux Pays-Bas et en Suisse. Les manifestants détruisirent aussi des champs de ce maïs (et d'autres cultures transgéniques).

En France, cette affaire est devenue une véritable saga. Après avoir fortement soutenu le dossier en opposition aux autres Etats Membres, la France elle-même interdit la culture du maïs Novartis sur le territoire français en février 1997, à la grande surprise de tous les acteurs concernés. Un an plus tard, le nouveau gouvernement Jospin renverse cette décision et autorise la culture ; mais en Septembre 1998, le Conseil d'Etat, suite à un recours de plusieurs ONG environnementales, suspend l'autorisation. Ainsi, depuis février 1999, nous vivons une situation assez extraordinaire où des arguments fondés sur la sécurité sanitaire ont été invoqués pour suspendre la culture de ce maïs en France, alors qu'il peut être importé et consommé partout en Europe, sauf en Autriche et au Luxembourg.

La trajectoire de ce maïs a fait partie d'un débat plus large en France (et en Europe) sur l'utilisation des OGM dans l'agriculture et l'alimentation. Dans la période 1997-1998, l'Office Parlementaire de l'Evaluation des Choix Scientifiques et techniques en France a organisé des auditions publiques d'experts et une «Conférence de Citoyens» sur ce thème. Le Comité de Précaution et de Prévention s'est aussi penché sur le sujet. Suite à ces initiatives, le Gouvernement a décidé d'autoriser les maïs transgéniques, mais d'appliquer un moratoire de deux ans pour d'autres cultures (colza, betterave et chicorée). Par ailleurs, encouragé par la décision du Conseil d'Etat en septembre 1998, les ONG ont déposé de nouveaux recours au conseil d'Etat contre de nouvelles autorisations de maïs transgéniques accordées par le Gouvernement en août 1998.

Cette «saga» renvoie à des enjeux bien plus larges au sein de l'Union Européenne. Ainsi, avant de prendre une décision sur le fond de cette affaire, le Conseil d'Etat français décide qu'il a besoin de clarification juridique sur les compétences respectives des Etats membres par rapport à la Commission Européenne, et en décembre 1998, il renvoie le dossier à la Cour Européenne de Justice.

Comment évaluer les risques dont la réalité (ou au moins, l'amplitude) est elle-même contestée ? Comment appliquer une expertise scientifique pour des choix technologiques qui, pour certains, touchent au vif de la question de l'intégrité de la vie y compris la vie humaine ?

Dans le cas du maïs génétiquement modifié, les organismes consultatifs scientifiques dans plusieurs des Etats membres de l'Union Européenne ont émis deux principales réserves.

- ❖ Premièrement, ils ont évoqué la possibilité (difficilement calculable) selon laquelle le maïs génétiquement modifié pourrait créer des insectes nuisibles résistants et/ou pourrait nuire à des insectes utiles tels que les lacewings, un prédateur important d'insectes nuisibles.

- ❖ Deuxièmement, la présence du «gène marqueur» conférant la résistance à un antibiotique (qui avait été très insuffisamment spécifié dans le dossier scientifique présenté par l'entreprise) pourrait conduire à une résistance accrue aux antibiotiques chez les micro-organismes pathogènes aux animaux et aux êtres humains.

Les expériences récentes de manque de transparence des gouvernements dans la gestion des risques (par exemple la vache folle au Royaume-Uni, ou le sang contaminé et l'amiante en France) ont nourri une certaine méfiance de la part des citoyens. L'association Greenpeace au Royaume-Uni a édité une brochure soulignant les fortes similitudes entre les réassurances officielles à propos du maïs génétiquement modifié et le problème de l'ESB, cas de la vache folle.

En un sens, le risque associé au maïs génétiquement modifié est «virtuel», à savoir qu'il n'y a aucun dommage palpable ou même prouvé. La question ne concerne pas seulement les différents jugements de valeur sous-jacents à toute évaluation du risque ; certains participants prétendent qu'il n'existe pas de risque particulier (pas plus que les incertitudes des espèces hybrides de l'agriculture paysanne et traditionnelle). Dans un tel contexte d'incertitude radical, comment pondérer les soucis de prudence, de respect et de précaution envers les générations futures (dans l'hypothèse de futurs risques possibles), par rapport aux intérêts commerciaux et scientifiques qui influencent également les considérations des citoyens et des décideurs ? Certains des effets potentiels, s'ils se révèlent effectifs, pourraient être tellement diffus qu'ils échapperaient à la détection pendant une longue période et-même après coup tout lien de cause-effet pourrait lui-même être incertain.

Quelques leçons peuvent être, là encore, tirées :

- La tentative d'une application en Europe d'un processus d'expertise restreinte (c'est-à-dire, le modèle «traditionnel») semble avoir échoué. Il s'agit d'un échec, au moins partiel, à la fois pour les autorités réglementaires et pour l'activité du secteur biotechnologique. D'une part, les autorités et les compagnies semblent, toutes deux, avoir sous-estimé la profondeur des inquiétudes des citoyens pourtant perceptibles à travers toute une série de signaux faibles émis par la "demande sociale". D'autre part, au lieu de chercher à établir un dialogue réel avec les intéressés, les autorités et les compagnies avaient adopté une stratégie de communication à sens unique à partir des déclarations de leur «expert» sur les évaluations des enjeux .
- Le maïs Novartis est un cas particulier qui fait figure de symbole de cette vague d'innovations OGM que la technologie de pointe des bio-industries est susceptible de produire à une cadence croissante. De la part des consommateurs, les appels à un «droit à l'information» se sont faits véhéments face à une technologie pénétrant dans la vie quotidienne et empiétant sur des habitudes aussi fondamentales et incontournables que celles de la nutrition. Les enjeux liés à l'étiquetage et au choix de produits peuvent en réalité fonctionner en partie comme des substituts face à la crainte d'une invasion des domaines du privé et du sacré. Nous assistons à l'émergence, par la force des choses, d'un processus

social de débat, de délibération, d'évaluation concertative, en parallèle, et parfois en contestation directe avec le pouvoir officiel. Comme pour les controverses sur le retraitement des déchets nucléaires, nous voyons comment les ONG, capables de mobiliser ponctuellement les consommateurs en vue d'une action de masse, ont introduit un nouveau type de pouvoir dans le dialogue. De fait, elles ont maintenant acquis la légitimité nécessaire pour être présentes à la table de négociation. De même, certains des principaux commerçants détaillants se sont joints aux activistes sur des questions de sûreté en matière alimentaire. Ainsi voit-on se propager des éléments annonciateurs de ce que des analystes du risque tels que Funtowicz et Ravetz (1990, 1994) nomment «la communauté étendue aux pairs», où l'expertise officielle représente seulement une voix parmi beaucoup d'autres. La maxime selon laquelle «il est impossible de prouver une impossibilité», qui impose une prudence raisonnable dans les cas de risques traditionnels, prend ici toute son ampleur et devient un avertissement sur l'insuffisance de la science, livrée à elle-même, en matière d'évaluation des risques et de l'acceptabilité sociale des OGM (Joly et alii, 1999).

Ces retours sur expérience nous permettent de mettre en évidence que, dans de nombreux cas, la concertation aurait permis de bénéficier d'une expérience collective assurant plus de lisibilité, de flexibilité et d'ouverture face aux «signaux faibles». De même elle aurait pu ouvrir les chemins de la négociation entre les différents acteurs en vue d'un arbitrage explicite des critères de choix (par exemple, l'intérêt commercial, les préoccupations stratégiques de l'Etat et le souci de justice; le rendement et la rentabilité à court terme et la sécurité environnementale à long terme; le principe de précaution, etc...).

On sait qu'en situation de crise, les réponses peuvent devenir précipitées sinon irrationnelles. Les choix opérés rapidement, sans pouvoir tenir compte des signaux faibles par le biais d'un système de veille ni des futurs possibles offerts par des exercices de prospective, résultent du libre jeu des rapports de force entre de multiples catégories d'acteurs. Ils sont abandonnés à une négociation désordonnée entre une multiplicité d'acteurs hétérogènes mus par des projets et des intérêts contradictoires et nouant des alliances plus ou moins durables selon les conflits, les controverses et les litiges.

Ceci nous conduit à affirmer l'importance, pour une maîtrise sociale des risques environnementaux, de se laisser le temps suffisant pour réaliser des «tests» d'acceptabilité scientifique et sociale des «signaux faibles», «lanceurs d'alerte» (Boltanski 1996; Chateauraynaud et Torny, 1999) ainsi que des futurs possibles et/ou souhaités par la société, pour mettre au point un portefeuille diversifié de technologies alternatives et pour améliorer les technologies existantes; en d'autres termes pour réaliser une bonne préparation des sorties possibles avec tous les acteurs concernés¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Alexander Adler (dans le *Courrier International* du 14 janvier 1999) va jusqu'à dire: «Une industrie comme le nucléaire a besoin d'une forte opposition permanente pour être contrainte à développer des mesures de sécurité: elle prospère paradoxalement dans le stress de son imminente disparition, en inventant sans cesse des technologies nouvelles qui répondent mieux aux inquiétudes légitimes du public. Cette dialectique se trouve au cœur même de toute démocratie industrielle: le pouvoir technique a besoin d'une contestation institutionnelle pour progresser.»

SECTION 5 – QUELQUES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A l'issue de cette analyse, plusieurs résultats nous semblent importants :

- ◆ Nous assistons à l'émergence de la dimension (et des méthodes) concertative(s) dans les exercices de prospective où sont sollicités à la fois les avis d'experts et la consultation de la demande sociale. A travers un tel processus, une confrontation pro-active des opportunités en matière scientifique et technologique avec la demande sociale peut être effectuée et conduire à une réconciliation de la science et de la technique avec les besoins exprimés par la société, en l'occurrence en matière de maîtrise des risques environnementaux.
- ◆ De ce point de vue, tout exercice de prospective peut être abordé, non seulement, en fonction des deux dimensions qui lui sont traditionnellement assignées, à savoir niveau d'expertise et niveau de créativité, mais aussi en fonction de son ouverture concertative, d'où notre typologie en triangle.
- ◆ Dans ces conditions, il n'est plus possible, comme par le passé, de dissocier la politique scientifique et technologique de la politique environnementale car la demande sociale les réunit inmanquablement.
- ◆ Identifier les technologies futures est moins important que le processus de foresight en lui-même, qui consiste à réunir la recherche, l'industrie, le gouvernement et les citoyens pour anticiper ensemble les débouchés, les risques et les défis pour des innovations considérées. L'importance du foresight réside alors dans le processus et non dans le résultat de l'exercice en lui-même. A travers ce processus interactif et concertatif, une confrontation proactive des offres de technologie avec la demande sociale peut être effectuée et conduire à une réconciliation de la science et de la technique avec la société.
- ◆ Il s'agit alors de favoriser la mise en œuvre des « foresights sociaux » en complément des « foresights technologiques », en particulier dans le champ de l'environnement. Cela améliore les chances de s'approcher d'un futur soutenable et de développer des innovations technologiques ayant une finalité et une acceptabilité sociales.

- ◆ En effet, les différents scénarios envisagés de l'évolution socio-économique, dans les divers foresights technologiques, souffrent d'un certain stéréotype. Or, la réalité se compose davantage d'un mélange de valeurs conflictuelles et de tendances socio-économiques que de systèmes stéréotypés tels qu'ils sont dépeints dans les scénarios. Pourtant, en général, les scénarios considérés dans les exercices de foresight indiquent que les systèmes socio-économiques qui se concentrent exclusivement sur une croissance accrue échouent à mettre en place des technologies environnementales et mènent vers un futur non-soutenable. Au contraire, ceux qui favorisent l'intégration régionale et une prospérité partagée entre les régions du monde, en introduisant des valeurs pluralistes et une croissance équitable, améliorent les chances de réaliser un futur durable et de développer des innovations technologiques environnementales ayant une acceptabilité sociale. C'est la raison pour laquelle il convient d'orienter les foresights davantage vers la recherche des différents moyens (non seulement technologiques mais aussi organisationnels, institutionnels, etc...) permettant de satisfaire les besoins sociétaux en matière de développement durable, plutôt que de se concentrer sur des foresights ayant comme unique objectif l'innovation technologique en elle-même (c'est-à-dire privilégier la seconde philosophie à la première – telles qu'elles ont été exposées). Il s'agit donc de favoriser le développement de ce qui est désormais qualifié de "social foresights" et non plus de "foresights technologiques".

- ◆ Tout programme de veille et/ou de prospective doit être adapté aux objectifs qu'il poursuit et à l'échelle à laquelle il s'adresse. En effet, nous avons vu tout au long de cette étude qu'il n'existe ni un exercice, ni une méthode idéale, mais une variété d'exercices et de méthodes plus ou moins bien adaptés aux différents objectifs et champs du programme. Une phase de réflexion et de concertation assez longue (au moins six mois selon nos interlocuteurs aux Pays-Bas et au Royaume-Uni) doit précéder le lancement de tout programme de veille prospective. Cette phase s'impose encore davantage pour la thématique de l'environnement qui est par essence transversale et interdisciplinaire. Cette phase doit sérier les objectifs et les questions abordés par le foresight, puis procéder, en fonction de ceux-ci, aux choix de l'exercice et de la méthode. En d'autres termes, il s'agit de la première étape d'un programme de veille-prospective, pour laquelle des moyens et une organisation adéquates doivent être accordés. Cette étape est même la plus importante si l'on en juge par les explications de nos interlocuteurs étrangers ayant eu cette expérience. S'il n'y a pas d'accord et d'éclaircissement sur les objectifs dès le départ, alors tout l'exercice peut être faussé et inutile. En d'autres termes, ce n'est pas un exercice unique de veille et/ou de prospective qui permettra de répondre à l'ensemble des objectifs d'une politique environnementale. Plusieurs exercices sont, de toute évidence, nécessaires. Quant à l'échelle de l'exercice, compte tenu des objectifs poursuivis, elle doit être nationale. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle, nous nous sommes focalisés sur les foresights nationaux pour les autres pays que nous avons analysés. Si, dans ce contexte, nous ne pouvons pas décider de ce que devrait être ces exercices, nous pouvons néanmoins émettre quelques conseils.

- ◆ La France peut difficilement aller à contre courant de l'évolution internationale en matière de conception et de réalisation de foresights alors qu'elle avait acquis une avance méthodologique indéniable dans la mise en œuvre de foresights à la fois technologiques et sociaux, notamment dans le domaine de l'environnement.
- ◆ Puisque les différents exercices et méthodes de prospective doivent être appréhendés dans une vision de complémentarité et non d'exclusivité, il serait judicieux de reprendre toutes les expériences nationales lancées en France au début des années 1990 (que nous avons analysées dans la section 3.6) afin d'en comparer les objectifs, les méthodes, les résultats, les limites. Une telle tâche ne devrait pas se faire sous la forme d'une xième étude, mais devrait être réalisée dans le cadre d'un petit groupe de travail, sur une période concentrée et déterminée, réunissant les commanditaires et les équipes impliquées pour chacun de ces exercices. Ceci permettrait alors d'alimenter la réflexion et de pas repartir, une fois de plus, de zéro pour le lancement d'un ou de plusieurs foresight(s), généraux ou appliqués à l'environnement.
- ◆ En dépit de l'accord qui semble exister sur les différentes technologies environnementales, un certain nombre d'auteurs expriment une forte incertitude sur les perspectives de réalisation de telles technologies à une échelle significative. Cette incertitude se reflète dans les différents scénarios qui évaluent l'importance, non seulement de la demande du marché, mais aussi plus largement de la demande sociale et la pénétration de ces technologies environnementales. Cela démontre que le degré de pénétration et de diffusion des technologies environnementales dépend d'une manière écrasante de l'aptitude à capter les signaux faibles émis par l'ensemble de la société par rapport aux risques environnementaux et donc du système de veille environnementale qui doit résulter de tout exercice de prospective environnementale.

ANNEXES

ANNEXE 1A : THÈMES DE RECHERCHE DU GROUPE EEN DU FORESIGHT BRITANNIQUE

Socio-économique

Court terme	Moyen terme	Long terme
<ul style="list-style-type: none"> - Techniques pour surveiller la consommation de ressources et l'émission de déchets ainsi que pour intégrer l'ensemble des coûts dans les budgets financiers et la planification. - Opportunités pour créer une demande réduite d'énergie, ainsi que des ressources et des services environnementaux dans un contexte de nouveaux accords commerciaux internationaux. 	<ul style="list-style-type: none"> - Démonstration de l'utilisation de nouvelles technologies comme l'e-commerce, la biotechnologie, la science du génome comme des mécanismes pour réaliser un meilleur usage des ressources - Nouveau modèle de produit - Planification pour réaliser un meilleur usage des ressources 	<ul style="list-style-type: none"> - Demande nationale et internationale probable d'énergie et systèmes de gestion de la demande et de l'offre énergétiques

Individuel/Institutionnel

Court terme	Moyen terme	Long terme
<ul style="list-style-type: none"> - Compréhension des barrières non techniques à l'adoption de produits et de technologies plus propres ainsi que les meilleures façons de les dépasser - Méthodes de prise de décision en incertitude - Comportement et contrainte pour un consommateur « responsable » - Le rôle des consommateurs, des producteurs, des régulateurs et des lobbies dans la société civile et le changement de forme de gouvernance 	<ul style="list-style-type: none"> - Réglementation et le consommateur/producteur - Mécanismes d'échanges de permis d'émission, spécialement avec les pays en développement - Cadres internationaux de réglementation - Innovation incitant la réglementation, les régimes nationaux et internationaux - <i>Partnerships</i> internationaux et processus de suivi des marchés mondiaux - Exigences en matière d'éducation pour une consommation responsable, et pour la participation dans des décisions environnementales - Niveau de connaissances scientifiques et éthique 	<ul style="list-style-type: none"> - Encouragement de mécanismes financiers pour assurer le suivi des technologies propres - Gouvernance globale pour les ressources environnementales et la recherche

Conception, production et utilisation de biens et de services

Court terme	Moyen terme	Long terme
<ul style="list-style-type: none"> - Réduire la demande énergétique, gestion améliorée de l'énergie, meilleure conservation et meilleure efficacité énergétique - Production d'électricité avec des émissions plus faibles, une meilleure fiabilité et à un coût compétitif - Plus d'utilisation de techniques de recyclage et de minimisation des déchets - Agriculture dans le contexte des pressions qu'elle exerce sur l'eau et la dégradation des sols 	<ul style="list-style-type: none"> - Combustion de charbon plus propre, production d'électricité « propre » utilisant des énergies fossiles - Energies renouvelables - Produits et processus plus propres - Substitution des matériaux et systèmes de production en « circuit fermé » pour minimiser les déchets - Villes et infrastructures moins intensives en ressources - Transport durable - Développement de techniques moins destructrices de ressources 	<ul style="list-style-type: none"> - Défis pour réduire l'utilisation des ressources avec un facteur 4, 10 ou plus - Systèmes de production économisant l'eau - Economie avec peu de carbone (utilisation de l'hydrogène...) - Economie avec des matériaux non dangereux

Ressources naturelles et environnement

Court terme	Moyen terme	Long terme
<ul style="list-style-type: none"> - Méthodes pour réparer les dommages et régénérant les ressources 	<ul style="list-style-type: none"> - Impact potentiel du changement climatique sur les ressources en eau et sur la gestion des ressources naturelles - Indicateurs globaux de changement pour les systèmes écologiques à grande échelle - Plus de certitude sur l'échelle et la vitesse du changement climatique, au niveau sub-régional (résolution améliorée des modèles climatiques) - Modélisation prédictive améliorée des écosystèmes et des systèmes hydrologiques à une échelle régionale - Méthodes pour fixer des « niveaux critiques » et la résilience de systèmes naturels 	<ul style="list-style-type: none"> - Méthodes de compréhension des limites environnementales locales - Impact du changement climatique sur la gestion des zones côtières - Impact de l'activité humaine sur la dégradation des sols - Impacts du changement climatique en termes de santé - Devenir à long terme des polluants

ANNEXE 1B : APPLICATIONS DES SCÉNARIOS "ENVIRONMENTAL FUTURES" DU FORESIGHT BRITANNIQUE

Organisation/User	Sector	Aim	Type	Process	Output / Key Audience
<i>ACACIA research project</i>	climate change	assess climate change impacts (EU, 2050)	detailed, qualitative and quantitative	based on data and expert knowledge, small team	report / EU policy
<i>REGIS research project</i>	climate change	assess climate change impacts (NW England and East Anglia, 2020, 2050)	detailed, qualitative and quantitative	based on data and expert knowledge, small team	report / UK policy
<i>Climate Change and the Demand for Water research project</i>	climate change and water demand	assess impacts of climate change on water demand	detailed, qualitative and quantitative	based on data and expert knowledge, small team	<i>underway</i> / UK policy
<i>CSERGE, University of East Anglia</i>	climate change	explore climate change impacts (East Anglia, 2020)	detailed, mainly qualitative	structured stakeholder interviews	report / regional stakeholders
<i>Environment Agency, National Water Demand Management Centre (NWDMC)</i>	water demand	assess levels and structure of water demand (2025)	detailed, mainly quantitative	based on data and expert knowledge, small team and consultation	<i>underway</i> / UK policy and business
<i>Digital Futures research project</i>	ICTs and e-commerce	explore the digital economy (2010, 2020)	detailed, qualitative and quantitative	based on data and expert knowledge, small team and consultation	report / UK policy and business
<i>Foresight – Crime Prevention Panel</i>	crime	explore issues of crime and crime prevention (2020)	sketchy, qualitative	participative workshop	consultation document / UK policy and business
<i>Foresight – Integrated Transport Chain Task Force</i>	transport	assess priorities for sustainable transport strategy	detailed, quantitative and qualitative	Workshop, detailed elaboration by project manager	report/UK Government
<i>Foresight – Energy Futures Task Force</i>	energy	assess sustainable energy technologies	sketchy, qualitative	Based on data and expert knowledge	report/UK Government
<i>Foresight – Minerals Panel</i>	minerals	assess sustainability of minerals extraction and use	detailed, qualitative and quantitative	Workshop	report/UK Government
<i>Natural Environment Research Council</i>	environment	identify environmental research priorities	sketchy, qualitative	participative workshop	report / ENE Panel, NERC science policy
<i>Cabinet Office Performance and Innovation Unit</i>	trade	assess social and ethical issues in international trade	detailed, qualitative	workshop	report/UK policy
<i>ESRC Financial Services Environmental Network</i>	financial services	explore ethical and environmental impacts on financial products	sketchy, qualitative	workshop	report/financial services industry
<i>Housing / Future Skills</i>	built environment	offered as strategic planning tool	n.a.	n.a.	construction and engineering industries
<i>Environment Agency</i>	environmental protection	element of corporate 'visions' exercise	illustrative scenarios developed for 9 environmental themes	workshop	input to early framing of 'Visions' report

ANNEXE 2 : LISTE DES INTERLOCUTEURS

Organismes publics – Laboratoires

Interlocuteurs	Fonction	Organisme
Mme EYMARD	Chargée de mission	MENRT – Direction de la Technologie – Dpt Energie, Transports, Environnement et Ressources Naturelles

Entreprises

Interlocuteurs	Fonction	Organisme
M. BARTHEZ	PDG	Total Energie
M. MEOT	PDG	Solems
M. SOLER		EDF
M. DONIZEAU	Secrétaire du Comité pour les énergies renouvelables	EDF GDF Services
M. De CHARENTENAY	Directeur de la recherche et de l'innovation automobile	PSA
M. LE DOUARON	Secrétaire exécutif de la recherche	Renault
M. SCHERRER	Ingénieur expert en environnement	Total Raffinage Distribution
M. TRAMIER	Directeur environnement	Elf

Réseau des délégués

Interlocuteurs	Fonction	Organisme
Robert BARBAULT	Directeur scientifique adjoint au Département des sciences de la vie	CNRS
Alain FEUGIER	Directeur Environnement	IFP
Xavier BOY DE LA TOUR	Directeur Stratégie – Economie - Plan	
Anne GIRARD	Responsable veille économique	
Christian LEVEQUE	Directeur scientifique adjoint, chargé du programme Environnement, Vie et Sociétés	PEVS - CNRS
Daniel VIDAL-MADJAR	Directeur Adjoint	INSU – CNRS
Jean-Louis VERREL	Délégué à l'environnement	CEMAGREF
Alain WEIL	Chef Département Recherches et Développement	CIRAD
Philippe GARDERET	Directeur de la stratégie et de l'évaluation	CEA

Etranger

Organismes – Etats-Unis

Interlocuteur	Fonction	Organisme
Mr. BAUER	Executive Director	National Research Council
Mr. TOMAN	Directeur de recherche	Resources for the Future
Mr PASCUAL	Policy Analyst	Environmental Protection Agency (EPA)
Mrs. FIRTH	Program Director	National Science Foundation
Mrs BOND	Program Director	National Science Foundation
Mr. HALAL	Professor of Management	George Washington University et World future Society
Mr. CANAL	Chargé de mission à la Mission Scientifique et Technologique	Ambassade de France aux Etats-Unis
Mr. COATES	Président et fondateur de Coates and Jarratt, Inc.	Coates and Jarratt, Inc.
Mr J. BURKE	Senior Analyst	Coates and Jarratt, Inc.
Mrs L. STITZ	Project Manager	Coates and Jarratt, Inc.
Mrs. KARN	Responsable du suivi des programmes de l'EPA sur l'innovation technologique environnementale	Environmental Protection Agency (EPA)
Mr K. HARRIS	Past President	World Future Society
Mrs. KIRKPATRICK	Senior Policy Analyst	Office of Science and Technology Policy (OSTP)
Mr. PLOTKIN	Transportation Systems Analyst	Argonne National Laboratory (ANL)
MR. SKLAR	Executive Director	Solar Energy Industries Association (SEIA)
Mrs TOURAIN MOULIN	Responsable à la Mission Scientifique et Technique	Ambassade de France aux Etats-Unis
Mr. WALL	Chair PNGV Government Technical Council	Department of Energy (DOE)

Personnes rencontrées en Europe hors France pour des expériences de Foresight

Interlocuteur	Fonction	Organisme	Pays
Kerstin CUHLS	Japanologist PhD	ISI, Institute for Systems and Innovation Research	Allemagne
Harald HIESSL	Dr. Ing, Head of the Dept. Environmental Technology and Environmental Economics		
Uwe KUNTZE	Economist		
Hariolf GRUPP	Deputy Director, Dr. Physics ; Reader (Economics)		
M. BUTTER	Master in Science	TNO - STB	Pays- Bas
Frans VOLLENBROEK	Directorate-General for Environmental Protection	Ministry of housing, Spatial Planning and the Environment Directory for Strategy and Programming	
Alan APLING	Head of Science and Technology Policy Division, Chief Scientist Directorate	Department of the Environment, Transport and Regions	Grande-Bretagne

ANNEXE 3 : LISTE DES SITES INTERNET CONSULTÉS

Allemagne

Fraunhofer Institute for System and Innovation research (ISI)

<http://www.isi.fhg.de/>

Site du nouvel exercice de foresight

<http://www.futur.de>

Etats-Unis

USOSTP Office of Science and Technology Policy

<http://www.whitehouse.gov/WH/EOP/OSTP>

Houston Environmental Foresight

<http://harc.edu/4site/4siteIntro.html>

Rand Corporation

<http://www.rand.org>

National Science Foundation

<http://www.nsf.gov>

Environmental Protection Agency

<http://www.epa.gov/>

World Future Society

<http://www.wfs.org/>

Coates and Jarrat Inc.

<http://www.coatesandjarratt.com/>

World Watch Institute

<http://www.worldwatch.org>

Global Foresight Associates

<http://www.laa.net/~gfa/>

Institute for Alternative Futures

<http://www.altfutures.com>

Université de Georges Washington

<http://www.sbpn.gwu.edu>

France

Association Futuribles

<http://www.futuribles.com/>

Agence pour la Diffusion de l'Information technologique

<http://www.adit.fr>

Réseau National de Santé Public/ Institut de Veille Sanitaire

<http://www.rnsp-sante.fr/>

Observatoire des Sciences et des Techniques

<http://www.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/d02/2barre.html>

Université de Montesquieu (Bordeaux)

<http://www.montesquieu.u-bordeaux.fr>

La Recherche

<http://www.larecherche.fr>

Réseau Européen sur le Développement Durable

<http://www.c3ed.uvsq.fr/RESEAU/>

International Society for ecological Economics

<http://www.ecologicaeconomics.org/>

Grande-Bretagne

<http://www.foresight.gov.uk/>

PREST, Université de Manchester

http://les.man.ac.uk/PREST/Teaching/Short_Courses/Foresight.html

<http://www.parliament.uk/post/home/htm>

<http://www.sd-commission.gov.uk>

<http://www.cest.org.uk>

<http://www.detr.gov.uk>

<http://www.dti.gov.uk>

<http://www.esrc.ac.uk>

<http://www.nerc.ac.uk>

<http://www2.dti.gov.uk/ost/>

Japon

National Institute of Science and Technology Policy

<http://www.nistep.go.jp>

Pays-Bas

Ministère du Logement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

http://www.minvrom.nl/environment/environmental_programme/

Shell Company

<http://www.shell.com/>

TNO-STB (Strategy, Technology and Policy)

<http://www.stb.tno.nl/>

Université de Twente

<http://www.utwente.nl/>

Advisory Council for Research on Nature and Environment

<http://www.xs4all.nl/~rmno/gb/gindex.htm>

Advisory Council for Science and Technology Policy (AWT)

<http://www.awt.nl/Welcomeuk.html>

Institute of Technology Assessment of the Austrian Academy of Science

<http://www.oeaw.ac.at/ita/welcome.htm>

National Council for Agricultural Research

<http://www.agro.nl/nrlo/english/nrint2pg.shtml>

National Institute of Public Health and the Environment

<http://www.geo.rivm.nl/>

BIBLIOGRAPHIE

- ADIT (1995), La prospective au Japon : Analyse du modèle général de prospective japonais, Collection " Décisions Technologiques ", Strasbourg, France.
- ADIT (1995), Prospective Europe : Analyse comparée du modèle général de prospective : les exemples américain, japonais et européen. Enseignements pour la France, Etude, Strasbourg, France.
- ADIT (1995), Prospective Europe: Analyse comparée du modèle général de prospective : les exemples allemand, britannique et suédois, Strasbourg, France.
- ALDRED, J., JACOBS, M., (1997), Citizens and wetlands: Report of the Ely Citizens' Jury, Lancaster: Centre for the Study of Environmental Change, Lancaster University.
- ARMOUR, A., (1995), "The Citizens Jury as Model of Public Participation: A Critical Evaluation", in O. Renn, T., Webler, Wiedemann P. (eds), *Fairness and Competence in Citizen Participation*, Dordrecht: Kluwer.
- BAILLY J.-P., (1998), Prospective, Débat, Décision Publique, Journal Officiel de la République Française : Avis et Rapports du Conseil Economique et Social, extrait du rapport n°16, Paris, France, p 13-129.
- BALM, G., (1994), Evaluer et améliorer ses performances : le benchmarking, traduit de l'américain par Nicole Turbe-Suetens, AFNOR, Paris La Défense, p 16.
- BARRE, R., (2000), "Le foresight britannique. Un nouvel instrument de gouvernance ? ", *Futuribles*, n°249, pp. 5-24.
- BEIERLE, T.C., (1998), Public Participation in Environmental Decisions : An Evaluation Framework Using Social Goals, Resources for the futur, discussion paper 99-06, novembre.
- BERGER, G., (1967), Etapes de la Prospective, P.U.F., Paris, France.
- BMBF, (1996), DELPHI-Bericht 1995 zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik-Mini Delphi, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Bonn, Allemagne.
- BMFT (1993), Deutcher DELPHI-Bericht zur Entwicklung von Wissensschaft und Technik, Bundesministerium für Forschung und Tehnologie, Bonn, Allemagne.
- BOLTANSKI (1996), Affaires, alertes et catastrophes, « Alerte, affaire et catastrophes. Logiques de l'accusation et pragmatique de la vigilance ». *Actes de la cinquième séance du Séminaire du Programme Risques Collectifs et Situations de Crise du CNRS*, organisée à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, le 15 février 1996, Grenoble (CNRS), France.
- CALLON M., (1998), Des différentes formes de démocratie technique, Annales des mines, janvier, pp. 63-73.
- CALLON, M., (1997), "Information, consultation, expérimentation : les activités et les formes d'organisation au sein des forums hybrides", *Actes de la huitième séance du Séminaire du*

Programme Risques Collectifs et Situations de Crise du CNRS, organisée à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, le 12 juin 1997, Grenoble (CNRS), France.

CARLSON, B., STANKIEWICZ, R., (1991), "On the nature, function and composition of technological systems", *Journal of Evolutionary Economics*, (1), p. 93-118.

CHATEAURAYNAUD F.,TORNY D. (1999), *Les sombres précurseurs. Une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales.

COATES, J.F.,MAHAFFIE J.B., HINES A. (1998), *2025 : Scenarios of US and Global Society Reshaped by Science and Technology*, Oakhill Press, Greensboro.

COATES, J.F., (1985), Foresight in Federal Government Policymaking, *Futures Research Quarterly*, Summer, p 29-53.

COMMISSION EUROPÉENNE (1995), Report of the Commission on Global Governance : Our Global Neighbourhood, Oxford University Press.

CUHLS, K. (2000), "Opening up Foresight Processes", *Economies et Sociétés*, série Dynamique technologique et organisation, n°5, 5/2000, pp. 21-40.

CUHLS, K., KUWAHARA, T. (1994), Outlook for Japanese and German Future Technology – Comparing Technology Forecast Surveys, Technology, Innovation and Policy, Serie of the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI), vol. 1, Physica, Heidelberg, Allemagne.

DE MARCHI B., FUNTOWICZ S.O., LO CASCIO S., MUNDA G., (2000), Combining participative and institutional approaches with multicriteria evaluation. An empirical study for water issues in Troina, Sicily, *Ecological Economics*, (34)2, pp. 267-282.

DE MARCHI B., RAVETZ J. (1999), "Risk Management and Governance : A Post-Normal Science Approach", *Futures*, 31(7), pp. 743-757.

DE MARCHI B. (1997), "Seveso : from Pollution to Regulation", *International Journal of Environment and Pollution*, 7(4), pp. 526-537.

Department of Trade and Industry (DTI), (2001), Towards more sustainable decisions, Foresight ENE Panel, Environmental Appraisal Task Force (document de consultation), Londres.

Department of Trade and Industry (DTI), (2000), Fuelling the Future: Energy Futures, Foresight ENE Panel, Energy Futures Task Force (document de consultation), Londres.

Department of Trade and Industry (DTI), (2000), Making Sustainability Count, Foresight ENE Panel, Environmental Appraisal Task Force (document de consultation), Londres.

Department of Trade and Industry (DTI), (2000), A way to go, Foresight ENE Panel (document de consultation), Londres.

Department of Trade and Industry (DTI), (2000), Stepping Stones to Sustainability, Foresight ENE Panel, Londres.

Department of Trade and Industry (DTI), (1999), Strengthening decision-making for sustainable development, Foresight ENE Panel, Sustainable Resource Management Task Force, Londres.

Department of Trade and Industry (DTI), (1995), Competitiveness : Forgoing ahead, Londres : HMSO.

DE SIMONE L.D., POPOFF F., (1997), Eco-Efficiency – The Business Link to Sustainable Development, MIT Press, Cambridge Massachusetts.

EPA, (1995), Beyond the Horizon : Using Foresight to protect the environmental future, NSPEP.

FAUCHEUX, S., NOEL, J-F., (1995) *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*, Armand Colin, Paris.

FAUCHEUX, S., GOWDY, J., NICOLAI, I., (eds) (1998), *Sustainability and Firms. Technological Change and the Changing Regulatory Environment*, Edward Elgar, Cheltenham, UK / Northampton, MA, USA.

FAUCHEUX, S., NICOLAI, I., (1998a), 'Environmental technological change and governance in sustainable development policy', *Ecological Economics*, 27(3), p. 243-256.

FAUCHEUX, S., O'CONNOR, M., (1998), *Valuation for Sustainable Development : Methods and Policy Indicators*, Edward Elgar, Cheltenham.

FAUCHEUX S., (1997), "Technological Change, Ecological Sustainability and Industrial Competitiveness", in A.K Dragun, K.M. Jacobsson (eds), *Sustainability and Global Environmental Policy : New Perspectives*, Edward Elgar, Cheltenham, UK and Brookfield, US, p. 131-148.

FAUCHEUX S., (1999), Assistance Technique à la Conception et à la Réalisation d'un Système de Veille Prospective pour la Programmation de la R&D Publique en Matière d'Environnement, recherche pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et le réseau des organismes délégués de recherche, novembre.

FAUCHEUX S., NOEL J-F., (1995), *Economie des Ressources Naturelles et de l'Environnement*, Armand Colin, Paris.

FAUCHEUX, S., NOEL, J-F., (1990), *Les menaces globales sur l'environnement*, Repères, La Découverte, Paris.

FAUCHEUX, S., O'CONNOR, M., (2000), "Technosphère versus écosphère. Quel arbitrage ? Choix technologiques et menaces environnementales : signaux faibles, controverses et décision", *Futuribles*, N° 251, mars 2000

FAUCHEUX S., HUE Ch., (2000), "Politique Environnementale et Politique Technologique: Vers une Prospective Concertative", *Nature, Science Sociétés*, vol. 8, n°3, pp. 31-44.

FAUCHEUX, S., O'CONNOR, M., (1999), Complémentarité des Acteurs dans les Processus Décisionnels liés à des risques et des Irréversibilités dans les Choix Technologiques – Quelques enseignements pour la politique d'entreposage des déchets radioactifs, Rapport pour le CEA, avril, Guyancourt, France.

FISCHOFF, B., (1995), "Risk Perception and Communication Unplugged : Twenty Years of Process", *Risk Analysis*, Vol. 15, N°2, pp. 137-145.

Foresight Steering Committee (OCV), (1996), *A Vital Knowledge System - Dutch research with a view to the future*, OCV, Amsterdam, Pays-Bas.

Foresight Steering Committee (OCV), (1992), *Compass and Telescope : a framework for Foresight in science and technology*, OCV, Amsterdam, Pays Bas.

FREEMAN, C., (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Pinter, London.

FREEMAN, C., SOETE, L., (1987), *Technical Change and Full Employment*, Blackwell, Oxford and New York.

FROGER G. (s.l.d.), 2001, *Gouvernance 1 : Gouvernance et développement durable*, Helbing et Lichtenhahn, Bâle, Genève, Munich.

FUNTOWICZ S., RAVETZ J. (1994), "La science post-normale et les systèmes complexes émergents", *Revue Internationale de Systémique*, n°8 (4-5), pp. 353-377.

FUNTOWICZ S.O., RAVETZ, J.(1991), "A new scientific methodology for global environmental issues", in R. Costanza (ed), *Ecological Economics : The Science and Management of Sustainability*, Columbia University Press, New York, pp. 137-152.

FUNTOWICZ S., RAVETZ J. (1990), *Uncertainty and Quality in Science for Policy*, Dordrecht : Kluwer Academic Press.

GAVIGAN J.P., SCAPOLO F. (1999), "A Comparison of National Foresight Exercises", *Foresight*, vol. 1, n°6, pp 495-517.

GAVIGAN J.P., CAHILL E., (1997), *Overview of Recent European and Non-European National Technology Foresight Studies*, Institute for Prospective Technological Studies – IPTS, Technical report No. TR97/02.

GEORGHIOU L., LOVERIDGE D., STREET P. (1996), *Environmental Issues in the UK Technology Foresight Programme*, Policy Research in Engineering Science & Technology, PREST, Université de Manchester, UK.

GIARINI, O., STAHEL, W.R., (1993), *The limits to Certainty; facing risks in the new Service Economy*, Kluwer Academic Publishers, Dordercht, Boston, London.

GODET, M., (1991), *Problèmes et Méthodes de Prospective : Boîte à Outils*, en collaboration avec F. Bourse, P. Chapuy, I. Menant, 2e édition, Futuribles, p 9-45, Paris, France.

GOLLIER C., TREICH N., JULLIEN B. (2000), "Learning and Irreversibility : An Economic Interpretation of the Precautionary Principle", *Journal of Public Economics*, 75 , pp. 229-253.

GRUPP H., (1999), "Foresights Activities", *Technological Forecasting and Social Change*, 60(1), january, pp.1-5.

GRUPP H., (1996), *Foresight in Science and Technology: Selected Methodologies and Recent Activities in Germany*, STI Review, Science, Technology, Industry, Nr.17, p 71-99.

- GRUPP H., (1994), Technology at the Beginning of the 21st Century, *Technology Analysis and Strategic Management*, 6(4), 379-409.
- HAAKE, J., (2000), "Dématérialisation, Mesure par bilans matières et MIPS", *Techniques de l'Ingénieur, Traité Environnement*, juillet 2000, pp. G5 910 1-8.
- HALAL, W.E., KULL, M. D., LEFFMANN, A., (1998), "The George Washington University Forecast of Emerging Technologies – A Continuous Assessment of the Technology Revolution", *Technological Forecasting and Social Change* 59, p 89-110.
- HALAL, W. E. (2000), THE TOP 10 Emerging Technologies, The Futurist, World Future Society.
- HALAL, W. E., KULL, M. D., LEFFMANN, A. (1997), Emerging technologies : What's ahead for 2001-2030, *The futurist* , World Future Society.
- HENNEN L. (1999), "Partizipation und Technikfolgenabschätzung", in S. Bröchler, G. Simonis and K. Sundermann (eds), *Handbuch Technikfolgenabschätzung*, Vol. 2, Ed. Sigma, Berlin.
- HERAUD J.A., CUHLS K., (1999), Technology Forecasting Activities in France, Spain and Italy, *Technological Forecasting and Social Change*, 60(1), january, pp.55-71.
- HÉRAUD, J.-A., MUNIER, F., NANOPOULOS, K., (1997), Méthode DELPHI : une étude de cas sur les technologies du futur, *Futuribles*, Analyse et prospective, n°218, Mars, Paris, France, p 33-53.
- HÉRAUD, J.-A., (1999), The comparison of a Delphi Foresight Survey on the Environmental Technologies of the Future in Japan, Germany and France, working paper BETA n°9906, Université Louis Pasteur, Mars, Strasbourg, France.
- Her Majesty Stationary Office (HMSO), (1998), *Our Competitive Future : Building the Knowledge Driven Economy*. Londres.
- Her Majesty Stationary Office (HMSO), (1993), *Realizing Our Potential : a Strategy for Science, Engineering and Technology*. Londres : Cabinet Office.
- Institute for Prospective Technological Studies – IPTS – (2000), *A Survey of National/Regional Prospective Technological Studies in Germany and Spain and the Exploitation of their Results in the policy-Making Processes*, EUR 19574 EN.
- Institute for Prospective Technological Studies – IPTS – (1999), *Technology Map, Futures Report Series 11*, Joint Research Centre, European Commission.
- JACOBS, M., (1997), "Environmental valuation, deliberative democracy and public decision-making institutions" in Foster J. (ed) *Valuing Nature? Economics, Ethics and Environment*, Routledge, London, pp.211-231.
- JOLY P., MARRIS C., ASSOULINE G., LEMARIE J. (1999), "Quand les 'candidates' évaluent les OGM...Nouveau modèle de 'démocratie technique' ou mise en scène du débat public ? ", *Annales des Mines*, 14 avril 1999.
- JOSS, S., DURANT, J., (1995), *Public participation in science*, Science Museum, London.

JOUVENEL, H. de, (1993), Sur la démarche prospective. Un bref guide méthodologique, *Futuribles*, n°179, pp. 51-72.

KASHIWAGI T. (1997), The sixth Technology Forecast Survey, Future Technology in Japan Toward the Year 2025, NISTEP Report No. 52, p. 264, juin.

KIKUTA, T., (1998), « Dai rokkai Gijutsu yosoku chosa – Yosoku chosa kara miru Gijutsu torendo no henka », (Sixth Technology Forecast Survey – changes in technological trend as seen in the survey topics), <http://www.iftech.or.jp>.

KUNTZE, U., (1998), Resource Efficient Technologies – Results and Methodological Aspects of the German Delphi 98 Survey, Technology Foresight and Sustainable Development, Proceedings of the Budapest Workshop, DSTI, OECD, pp.26-49

KUNTZE, U., (1999), Resource-Efficient Technologies – Results and Methodological Aspects of the German DELPHI'98 Survey, Technology Foresight and Sustainable Development : Proceedings of the Budapest Workshop (11 décembre 1998), Working Group on Innovation and Technology Policy, OECD, p 26-48.

KUTSCHER, S., (1995), Fahren, um zu Parken, Die Zeit, No. 3, 13, Januar 1995, p. 65.

KUWAHARA, T., (1999), Technology Forecasting Activities in Japan, Technological Forecasting and Social Change 60 (1), p 5-14.

KUWAHARA, T., (1996), « Technology Foresight in Japan : A New Approach in Methodology and Analysis », STI Review, n°17, p51-71.

LASCOUMES, P., (1998) 'La scène publique, nouveau passage obligé des décisions ?', Annales des Mines, avril, p. 51-62.

LE DARS A. (2001), « Mettre en place une gouvernance participative pour la gestion des déchets nucléaires à vie longue et à haute activité : quels moyens pour quels fins ?, in : G. Froger (s.l.d.), 2001, *Gouvernance 1 : Gouvernance et développement durable*, Helbing et Lichtenhahn, Bâle, Genève, Munich.

MARTIN, B., JOHNSTON, R., (1999), Technology Foresight for Wiring Up the National Innovation System : Experiences in Britain, Australia and New Zealand, *Technological Forecasting and Social Change* 60 (1), p 37-54.

MARTIN B.R., (1997), Technology Foresight as a Tool for Strategic Management, in J. Anderson, R. Fears, & B. Taylor, eds, *Managing Technology for Competitive Advantage*, Cartermill International, London, UK, p. 31-47.

MARTIN B.R., (1996), Technology Foresight : A Review of Recent Government Exercises, *Science, Technology, Industry Review*, 17, pp. 15-50.

MARTIN B.R., (1993), *Research Foresight and the Exploitation of the Science Base*, Office of Science and Technology, HMSO, London, UK.

MASOOD, E., (1998), UK eyes social goals for next Foresight, *Nature*, vol. 393, 7 may. <http://toc.edoc.com>

Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, l'ADEME et le CEA, (1997), De la Science Autrement : Etude prospective de la demande "environnement" et sa traduction en termes scientifiques et techniques à des fins de programmation de la R&D.

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, (1995), Enquête sur les technologies du futur par la méthode Delphi : présentation des résultats, synthèse et commentaires, étude réalisée en coopération avec la SOFRES et le Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA, CNRS, Université Louis Pasteur), Strasbourg, France.

Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (1998), Recherche et Environnement. Thèmes prioritaires et thèmes émergents. Enquête internationale auprès de la communauté scientifique, octobre.

Ministère de l'Industrie (DGSI), (1996), Les 100 technologies clés pour l'industrie française à l'horizon 2000, Paris, France.

Mogee M.E. (1997), A Review of National Technology Foresight Methods, document prepared for the Directorate for Science, Technology and Industry, OECD.

NAPA (National Academy of Public Administration), (1999), Remembering the Future : Applying Foresight Techniques to Research Planning at EPA, rapport pour l'Environmental Protection Agency.

National Institute for Environmental Studies (NIES), (1990), Studies on the Long-Term Prediction of Environmental Changes through the use of Indicators, Tokyo, Japon.

NISTEP (1997), The 6th Technology Forecast Survey : Future Technology in Japan Toward the Year 2025, NISTEP rapport n°52, Science and Technology Agency, Tokyo, Japon.

OCDE, (1996), Special Issue on Government Technology Foresight Exercises, STI Review, Science, Technology, Industry, Nr.17.

OCDE (1996), *The global environmental Goods and Services Industry*.

O'CONNOR, M., NOËL, J.-F., TSANG-KING-TSANG J., (1999), "La découverte de la construction de la valeur environnementale: quelques réflexions autour des études de cas du projet VALSE", *Nature Sciences et Société*, vol. 7, n°3.

O'CONNOR, M., (1998), *Walking in the Garden(s) of Babylon: An Overview of The VALSE Project*, C3ED, Rapport de recherche, Guyancourt, juillet 1998.

Office of Science and Technology -OST (1999), *Environmental Futures*, Department of Trade and Industry.

Office of Science and Technology -OST (1998), *Blueprint, For the next round of Foresight*, publié par DTI, december, London, UK.

Office of Science and Technology -OST (1995), *Progress through Partnership*, n°11 Agriculture, Natural Resources and Environment, collection : Technology Foresight, publié par HMSO, April, London, UK.

- OPSCHOOR, H., (1990), Onderzoekprogrammering voor Duurzaamheid en Milieukwaliteit (Research programming for Sustainability and Environmental Quality), in COS, Verkenningen verken : maatschappelijke verkenningen en onderzoekprioritering, La Haye, Pays Bas, p95-114.
- POPPER, S.W., WAGNER C.S., LARSON E.V. (1998), *New Forces at Work : Industry Views Critical Technologies*, Rand Corporation, Washington, USA..
- RIVM, (1991), *Nationale Milieuverkenningen 2 : 1990-2010*, Alphen a :d Rijn, Samson, H.D. Tjeenk Willink bv.
- RIVM, (1988), *Zorgen voor Morgen*.
- ROMM, J., ROSENFELD, A., HERRMANN S. (1999), *The Internet Economy and Global Warming: A Scenario of the Impact of E-Commerce on Energy and the Environment*, The Center for Energy and Climate Solutions.
- ROQUEPLO (1988), *Pluies acides. Menaces pour l'Europe*, Paris : Economica.
- SAGOFF M. (1998), "Aggregation and Deliberation in Valuing Environmental Goods : a Look beyond Contingent Pricing", *Ecological Economics*, n°24(2-3), pp. 193-213.
- SCP, (1994), *Sociaal Cultureel Rapport 1994*, Rijswijk, Pays Bas.
- SIMOS J., (1990), *Evaluer l'impact sur l'environnement: Une approche originale par l'analyse multicritère et la négociation*, Presses Polytechnique et Universitaires Romandes, Collection META, Genève.
- SKUMANICH, M., SILBERNAGEL, M., (1996), *Foresighting Around the World : A Review of Seven Best-In-Kind Programs*, Batelle Seattle Research Center, Etats-Unis.
- STEWART, J.D.G, KENDALL, E., COOTE, A., (1994), *Citizens' Juries, Institute for Public Policy Research*, London.
- STOKES G.M. (1999), "Critical Technologies for the Environment", *Proceedings of the Budapest Workshop, Technology Foresight and Sustainable Development*, 11 décembre 1998, pp. 73-82.
- THEYS, J., FAUCHEUX, S., NOEL, J-F., (1988) 'La guerre de l'ozone', *Futuribles*, n°125.
- United Nations Environment Programme (1999), *Global Environmental Outlook 2000*, Nairobi, 1999.
- United Nations Population Division, *World Urbanisation Prospects (1996 revision)*. New York.
- VAN DEN DAELE, W., (1994), "Technology Assessment as a Political Experiment", *Veröffentlichung der Abteilung 'Normbildung und Umwelt' des Forschungsschwerpunkts Technik, Arbeit, Umwelt des Wissenschaftszentrums Berlin für Sozialforschung*, Berlin.
- VAN DER MEULEN, B.J.R., (1999), "The impact of foresight on environmental science and technology policy in the Netherlands", *Futures*, 31, p. 7-23.
- VOLLENBROEK, F.A., WETERINGS, R. BUTTER, M., (1999), *Technology Options for Sustainable Development, Technology Foresight and Sustainable Development : Proceedings of*

the Budapest Workshop (11 décembre 1998), Working Group on Innovation and Technology Policy, OECD, p 83-94.

WCED (World Commission on Environment and Development), (1987), Our Common Future, Oxford University Press, Oxford and New York.

WETERINGS, R., KUIJPER, J., SMEETS, E., (1997), 81 options technology for sustainable development, Report for the Ministry of Housing Physical Planning and the Environment, TNO Centre for Technology and Policy.

World Resources Institute (2000), Freshwater Data Tables, WRI, Washington DC.

ZACCAÏ E., (2000), "Ecological oriented consumption : a pluriactoral approach", International Journal of Sustainable Development, Vol. 3, No. 1