

PROSMAR

(prospective maritime)

Echanges Maritimes Mondiaux Au XXIème Siècle

- 2 -

prospectives et scénarios

François Lille

Rémi Debeauvais

Julie Hazemann

Octobre 1994

CDAT
9796 B

Ce document fait partie du compte-rendu final d'un programme triennal de recherche financé par la Mission de la Recherche du Ministère chargé de la Mer, décisions d'aide n° 92.04.01 du 15 Mai 1991 (titulaire IETM) et 92.04.07 du 9 Juin 1992 (titulaire ITHAQUE).

La première phase a été réalisée entre Mai 1991 et Mai 1992 par une équipe constituée de François LILLE, Julie HAZEMANN et Monique JAMOIS, sous la responsabilité scientifique de Monique JAMOIS, Directeur de l'IETM.

La seconde phase a été réalisée entre Juin 1992 et Juin 1994 par une équipe constituée de François LILLE, Rémi DEBEAUVAIS et Julie HAZEMANN, sous la responsabilité scientifique de François LILLE et Rémi DEBEAUVAIS.

Les travaux ont été régulièrement suivis par Georges TOURRET. La seconde phase a été suivie par un comité de pilotage constitué par MM. TOURRET et HARTMANN de la Direction de la Flotte de Commerce, M.PAGES de la Compagnie Générale Maritime M.PICHERAL du Port Autonome de Marseille et M.PAPINUTTI de l'INRETS, et présidé par Georges TOURRET.



Les quatre documents qui constituent le compte-rendu de la recherche sont les suivants

Volume n° 1 : méthodes, moyens et matériaux

Volume n° 2 : prospectives et scénarios

Volume n° 3 : sélections de documents

Volume n° 4 : annexes

Le présent document est le volume n° 2

Les coordonnées actuelles des chercheurs ayant participé à ce travail sont les suivantes :

François LILLE - ORES, 12 rue François Belléuvre 92240 Malakoff. Tel 33.1.46 57 48 38

Julie HAZEMANN - WISE-PARIS, 5 rue Buot 75013 Paris. Tel 33 1 45 65 47 93

Rémi DEBEAUVAIS - ITHAQUE, 5 rue de Charonne 75011 Paris. Tel 33 1 47 00 55 34

Monique JAMOIS - MANAUS-Consultants, 109 Bd St Michel 75005 Paris. Tel 33 1 43 25 61 57

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1 - GÉNÉRALITÉS ET PROSPECTIVE GLOBALE	4
1.1.les trois domaines d'activité.....	6
1.2.écologie, croissance et développement	7
1.3.l'évolution démographique.....	8
1.4.prospective globale.....	13
1.4.1. World3.....	13
1.4.2.scénarios "CPB".....	15
1.4.3.comparaison "CPB" et "World3"	16
1.4.4. 2100 récit du prochain siècle.....	17
1.4.5.vue d'ensemble.....	18
<i>plan de la suite du rapport.....</i>	<i>20</i>
2 - L'ENERGIE.....	21
2.1.descriptif : trafics, productions, consommations	23
2.1.1.trafics maritimes	23
2.1.2.productions actuelles.....	23
2.1.3.consommations actuelles et passées.....	24
2.1.4.réerves	25
2.2.questions générales	26
2.2.1.l'énergie planétaire	26
2.2.2.utilisations de l'énergie.....	27
2.2.3.économie mondiale	29
2.3.questions actuelles	30
2.3.1.énergie, environnement, écologie.....	30
2.3.2.énergie, croissance, développement.....	32
2.3.3.questions et réponses.....	37
2.4.1.a difficile émergence de stratégies mondiales...	39
2.4.1.1.le consensus initial.....	39
2.4.2.le choix des sources et des vecteurs	40
2.4.3.l'économie et l'organisation.....	43
2.4.4.les choix de politiques.....	45
2.5.les visions chiffrées du futur	48
2.5.1.au fil du temps	48
2.5.2.synthèse des scénarios énergétiques.....	67
2.5.3.retour aux trafics maritimes.....	73
3 - PRODUCTION VITALE: AGRICULTURE, PECHES, FORETS, ALIMENTATION	77
3.1.les trafics maritimes concernés.....	79
3.2.1. la montée des besoins	80
3.2.1.1.la démographie.....	80
3.2.2.les déséquilibres actuels.....	81
3.3.mécanismes généraux de la production vitale....	81
3.3.1.production primaire et secondaire, production des écosystèmes	81
carte des biomes.....	83
3.4.exploitation humaine de la production vitale ...	84
3.4.1.agricultures et alimentation.....	84
3.4.2.engrais et pesticides	90
3.4.3.forêts et usages du bois.....	91
3.4.4.pêches maritimes et intérieures.....	96

3.5.changement global et politiques nouvelles.....	98
3.5.1.un monde en déséquilibre	98
3.5.2.la montée des risques écologiques majeurs.....	99
3.5.3.les amores de ruptures et germes de mutation.....	99
3.6.visions du futur.....	102
3.6.1.scénarios quantifiés.....	102
3.6.2.y a-t-il un autre scénario ?.....	108
3.6.3.interprétations.....	110
3.6.4.tableaux synoptiques des scénarios.....	111
4 - L'INDUSTRIE.....	115
4.1.les trafics concernés	117
4.2.problématique générale	118
4.3.industrie et environnement.....	119
4.3.1.les minérais et minéraux.....	119
4.3.2.les autres industries	122
4.4.les évolutions technologiques	124
4.4.1.le développement du recyclage	125
4.4.2.la substitution des produits et l'évolution des matériaux..	126
4.4.3.la baisse de la consommation des matériaux de base.....	127
4.4.4.l'efficacité énergétique.....	128
4.5.scénario pour les matériaux de base	130
4.6.les autres échanges industriels.....	134
4.6.1.les marchandises générales industrielles.....	134
4.6.2.les scénarios.....	135
4.7.interprétation.....	142
4.8.retour aux trafics maritimes	144
5 - SYNTHESE ET TRAFICS MARITIMES	145
5.1.revue des matériaux.....	147
5.1.1.synthèse des scénarios, scénarios de synthèse.....	147
5.1.2.domaines et variables globales.....	148
5.1.3.les trafics maritimes	150
5.2.perspectives dans les scénarios X	151
5.2.1.dans le domaine de l'énergie	151
5.2.2.dans le domaine des productions vitales	153
5.2.3.dans le domaine des industries	159
5.3.perspectives dans les scénarios Y	161
5.3.1.dans le domaine de l'énergie	161
5.3.2.dans le domaine des productions vitales	162
5.3.3.dans le domaine des industries	163
5.4.perspectives générales	166
5.4.1.tableau X des trafics maritimes	166
5.4.2.tableau Y des trafics maritimes	167
5.4.3.tableau XY des trafics maritimes	169
5.4.4.interprétation.....	169
CONCLUSION	171
BIBLIOGRAPHIE	177

INTRODUCTION

PLACE DE CE VOLUME DANS LE RAPPORT DE RECHERCHE

Rappelons que le compte rendu final de la recherche est édité en quatre volumes.

le "volume n° 1" : méthodes, moyens et matériaux

Après l'introduction générale de la recherche, ce premier volume se situe d'abord sur le plan de la méthodologie, puis de la présentation en première analyse des "matériaux du futur" utilisés. Il se réfère systématiquement aux "sélections de documents" du volume n°3

le volume n° 2 : prospectives et scénarios

Le second volume rend compte de l'exploitation de ces matériaux par les méthodes et moyens choisis, et des résultats obtenus. Son dernier chapitre présente - sous toutes réserves - des projections chiffrées de trafics maritimes mondiaux. C'est à la fin de ce volume que l'on trouvera les conclusions générales de la recherche.

le volume n° 3 : sélections de documents

Les "sélections de documents", décrivent brièvement- avec un commentaire sur chaque ensemble - tous les travaux sur le futur intéressant notre sujet et répertoriés dans la base de connaissance. Plus qu'une bibliographie générale, elles constituent un premier niveau d'analyse de contenu des travaux répertoriés.

le volume n° 4 : annexes

Ce volume contient deux textes fondamentaux : le programme initial de la recherche (annexe D) et un cadrage, en termes d'écologie et socio-économie globale, des échanges planétaires de matière parmi lesquels s'inscrivent les trafics maritimes mondiaux (annexe A). Les deux autres annexes développent deux "modèles" cités dans les volumes n°1 et 2.

CONTENU DU PRÉSENT VOLUME N°2

Dans le premier volume nous avions détaillé l'étude des prévisions maritimes, et au contraire résumé de manière très synthétique celle des activités et mécanismes généraux qui les déterminent. Dans ce second volume nous suivrons la logique inverse, pour réintégrer l'activité maritime dans ses déterminants.

Le premier chapitre traite des thèmes et scénarios globaux. Les trois suivants présentent et exploitent les scénarios globaux et sectoriels pour les trois grands domaines d'activités, que nous avons définis ainsi : l'énergie, les productions vitales, et l'industrie. Ces trois domaines couvrent l'ensemble des activités humaines qui engendrent des transports maritimes de marchandises. Chaque chapitre se termine sur un premier essai de projection des trafics maritimes. Le cinquième et dernier chapitre fait la synthèse de ces perspectives. Nous tirerons pour finir très brièvement les conclusions générales de la recherche.

chapitre 1

GÉNÉRALITÉS ET PROSPECTIVE GLOBALE

1.1.les trois domaines d'activité.....	5
1.2.écologie, croissance et développement.....	6
1.3.l'évolution démographique	7
1.4.prospective globale	13



1.1. LES TROIS DOMAINES D'ACTIVITÉ

La vision planétaire à partir de laquelle nous allons interpréter les trafics maritimes mondiaux se structure comme suit.

Les activités humaines, et plus particulièrement celles qui donnent lieu à des productions et échanges matériels, sont fondées sur l'utilisation de l'énergie, sous deux modalités : la première est l'utilisation directe (primaire) de l'énergie circulant ou stockée dans la nature; la seconde est l'utilisation secondaire de l'énergie transformée dans les processus vitaux.

La matière utilisée peut être classée de la même manière en matière minérale et matière vivante (l'abios et le bios). La seconde est par définition chargée d'énergie, la première en exige des quantités considérables pour devenir utilisable.

Enfin les activités humaines produisent des déchets, liquides, gazeux, solides

On voit ainsi se dessiner deux manières d'exploiter la nature, l'une dominée actuellement par un déstockage massif d'énergie fossile, mais qui a toujours conservé une part si minime soit-elle d'énergies renouvelables. L'autre est au contraire par essence même fondée sur le renouvellement naturel des processus énergétiques vitaux - mais a toujours comporté une part de prélèvement non renouvelable, destructeur.

Ce sont les deux hyper-secteurs de base, l'un conditionnant la puissance, l'autre la vie elle-même - car il contient toute l'alimentation. Et bien qu'interférant constamment ils posent des questions distinctes que la prospective permettra de démêler.

Donc nous traiterons un premier domaine, l'énergie, qui pose entre autres la question de la gestion du climat de la planète - que l'état actuel des sciences et industries est bien incapable de prendre réellement en charge (et pour un temps encore inappréhensible). La question est d'abord de freiner l'utilisation des combustibles fossiles, dans un contexte où le développement et la reprise de la croissance peut, en termes classiques, induire une nouvelle accélération. Elle fait passer au second plan celle de la limite des stocks.

Le second domaine, que nous appellerons celui de la "production vitale", recouvre, au delà de l'ensemble agro-alimentaire, l'exploitation de toute forme de vie terrestre ou aquatique. Deux questions s'imposent ici, celle du maintien ou de la croissance de la capacité de production vitale de l'écosystème planétaire, dans un contexte où le prélèvement anthropique augmente en fonction de la croissance démographique, et celle de la "sous-alimentation" chronique d'une partie de l'humanité.

Le troisième ensemble considéré recouvre le reste des activités de transformation, que nous avons regroupé sous le vocable "industrie". Les transports sous toutes leurs formes y tiennent une place importante.

1.2. ÉCOLOGIE, CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT

La situation et les perspectives des trois grands domaines d'activité sont sous-tendus par des lignes de force générales qui restent celles que nous avions caractérisées au terme de la première phase de cette recherche (cf annexe A titre 2.21). Nous les résumons ci-dessous, sans beaucoup en changer les termes.

Le monde est actuellement confronté à trois situations de crise, crise de la croissance dans les pays riches, crise du développement dans le tiers monde, crise écologique à l'échelle planétaire. Une quatrième situation spécifique de crise s'y est ajoutée récemment, celle de la reconversion à l'économie de marché des pays de l'ex bloc soviétique.

Les sociétés industrielles ont vécu longtemps dans l'idée que sciences et techniques, alliées au dynamisme économique, ne manqueraient pas d'apporter les solutions à tous les problèmes posés par leur propre développement. L'absence de réflexion scientifique sur "l'homme dans la planète" est largement imputable à cette vision. La croyance en la vertu de la croissance continue pour résoudre la question du développement était de même nature.

La constatation directe par les individus et groupes sociaux de la dégradation croissante de leur environnement, jointe à l'avancée de la réflexion écologique et plus généralement des sciences de la nature, ont amené dans la période récente un changement radical de perspective. Il apparaît maintenant que les conséquences mondiales des trente années de croissance soutenue, puis de la crise qui a suivi, auront des implications écologiques fortes, bien qu'encore difficiles à évaluer. Les effets accumulés durant la même période dans les pays du bloc soviétique, dont l'ampleur n'est pas encore exactement connue, ne sont sans doute pas moindres.

Une autre interrogation majeure s'est amplifiée à propos du "développement". Résoudre le décalage croissant entre pays dits "plus développés" et "moins développés" paraissait simple aux premiers temps de la décolonisation. Il s'agissait de profiter de la forte dynamique des premiers pour enclencher chez les seconds un processus identique, visant à les amener en quelques décennies au niveau des premiers. C'est la théorie du "démarrage" et des "phases du développement économique" des années 50 et 60, qui connut depuis quelques succès localisés et un échec global. Échec bien venu par ailleurs, car son succès général aurait pu avoir des conséquences écologiques incalculables. Il n'y a pas actuellement de politique de remplacement à celle du modèle classique de développement, mais la question est posée. C'est le thème du développement soutenable, "développement qui répond aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures à répondre des leurs", tel qu'il a été formulé par la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement de l'ONU en 1988 (doc122)

Ces trois crises sont liées, et font l'objet à la fois d'un débat scientifique et d'un véritable problème de société, posé à l'échelle mondiale, dans lequel la relation entre écologie, croissance et développement apparaît de plus en plus évidente. Problème qui, en ses trois dimensions, traverse et sous-tend pratiquement tous les travaux sur le futur sur lesquels nous allons nous efforcer d'appuyer notre prospective.

Dans cet ensemble complexe, nous voyons émerger tout particulièrement le thème du changement climatique, dont personne ne conteste plus sérieusement la probabilité. Parce que c'est le plus général, la condition première de toute vie organisée, et parce qu'il influe directement sur nos trois domaines d'activité. Le premier, l'énergie, est tout simplement soupçonné d'être le grand responsable du changement climatique, ce qui ne peut manquer d'influer sur son avenir. Le troisième, l'industrie, est plus souvent considéré comme responsable de nuisances locales, mais en fait participe largement à la modification de l'atmosphère. Le second, celui des productions vitales, peut voir sa productivité modifiée par le changement climatique - auquel il contribue aussi.

1.3. L'ÉVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE

Les travaux sur le futur sont très généralement appuyés sur les prévisions d'évolution des populations mondiales, dès que l'on dépasse le moyen terme. C'est en fait la seule variable globale qui fasse l'unanimité. La source utilisée est unique, c'est la Division de la Population du Département des Affaires Économiques Internationales de l'ONU.

Les projections démographiques sont usuellement considérées comme très fiables jusqu'à un horizon de 20 à 30 ans, certains disent même 50 ans. Au delà, la fourchette d'incertitude s'élargit vite. En 2100, pour une prévision moyenne de 12 milliards d'habitants, elle est de 10 à 15 milliards, soit un écart égal au nombre actuel d'habitants de la planète. Mais est-on vraiment assuré que la fourchette encadre l'incertitude ? Avant 1990, la prévision moyenne était de 10 milliards pour 2100, soit l'extrême inférieure de la fourchette actuellement admise.

A l'horizon d'une génération, les projections démographiques traduisent essentiellement l'inertie des phénomènes observés, qui est forte ; au delà, elles dépendent de plus en plus des hypothèses théoriques qui soutiennent le modèle. La théorie actuelle est celle de la "transition démographique", que l'on peut en simplifiant beaucoup résumer ainsi : le progrès social induit d'abord dans une population une baisse de la mortalité, puis de la natalité, ce qui donne un essor démographique temporaire durant une période de l'ordre d'un siècle. Appuyée sur l'évolution passée des populations des pays développés, cette théorie paraît actuellement confortée par un début de freinage de l'expansion démographique dans un certain nombre de pays en développement.

Le terme des prévisions détaillées publiées par cet organisme est 2025, dans l'hypothèse dite moyenne, qui est pratiquement la seule utilisée dans les travaux sur le futur que nous avons exploités. Les chiffres que nous donnons ci-dessous sont ceux de la publication 1990, publiée en 1991, qui est aussi celle utilisée dans ces travaux. La révision 1992, publiée en 1993, s'écarte très peu de la précédente au niveau du total (moins 0,4% en 2025). Ce sont les pays en développement, corrigés de -2,3%, qui font baisser le total, ce qui semble conforter la théorie de la transition démographique. Les pays développés en revanche sont rectifiés en hausse de 9,6%, ce qui est considérable à cette échéance et ne conforte que la prudence avec laquelle il faut considérer ces projections.

population totale, hypothèse moyenne (millions d'habitants)

	les 93 pays en developp.			
	1990	2000	2010	2025
prévision 1990	4085	4996	5895	7151
revision 1992	4042	4896	5744	6989
correction	-1,1%	-2,0%	-2,6%	-2,3%

	pays développés			
	1990	2000	2010	2025
prévision 1990	1206	1264	1309	1354
revision 1992	1253	1332	1406	1484
correction	3,9%	5,4%	7,4%	9,6%

	Monde			
	1990	2000	2010	2025
prévision 1990	5292	6261	7204	8504
revision 1992	5295	6228	7150	8473
correction	0,1%	-0,5%	-0,7%	-0,4%

Revenant à la publication de 1991, nous donnons page suivante un tableau résumé des prévisions jusqu'à 2025, suivant les grandes zones mondiales et les dimensions "rural" et "urbain". Le phénomène majeur est ici le développement de la population urbaine, qui passe de 45% en 1990 à 65% en 2025. La population urbaine des pays en développement passe de 37 à 61% de leur population totale dans le même temps, et se trouve presque triplée par rapport à 1990.

PROJECTION ONU 1990

POPULATION URBAINE									
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	1990
Amérique du Nord	207	217	228	238	249	261	272	281	136
Amérique Latine	547	640	743	856	978	1108	1236	1369	250
Afrique	214	273	346	433	535	649	771	898	420
Ouest Europe	291	298	306	312	318	322	326	328	113
Est Europe	265	279	294	311	328	347	364	381	144
Moyen Orient	116	141	168	198	229	261	293	326	281
Extrême Orient	726	902	1083	1252	1402	1556	1714	1868	257
Océanie	18	19	21	22	24	25	27	28	155
Monde	2390	2777	3198	3632	4074	4540	5015	5493	230
pays développés	875	910	946	983	1020	1056	1089	1117	128
pays en développement	1515	1867	2251	2649	3054	3484	3927	4376	289
unité: millions d'individus									63%

POPULATION RURALE

POPULATION RURALE									
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	1990
Amérique du Nord	68	68	67	65	62	58	54	51	74
Amérique Latine	749	794	831	856	867	863	845	824	110
Afrique	422	465	511	557	601	638	665	681	161
Ouest Europe	84	80	75	70	65	59	54	50	59
Est Europe	147	147	144	139	132	124	116	109	74
Moyen Orient	74	75	77	80	83	85	87	87	118
Extrême Orient	1346	1351	1345	1327	1307	1278	1241	1197	89
Océanie	7	7	7	8	8	8	8	7	111
Monde	2902	2993	3063	3107	3130	3119	3076	3011	104
pays développés	331	326	318	305	289	271	253	237	72
pays en développement	2571	2667	2745	2802	2841	2848	2823	2775	108
unité: millions d'individus									89%

2025

5%

25%

16%

6%

7%

6%

34%

0,5%

100%

20%

80%

92%

2%

27%

23%

2%

4%

3%

40%

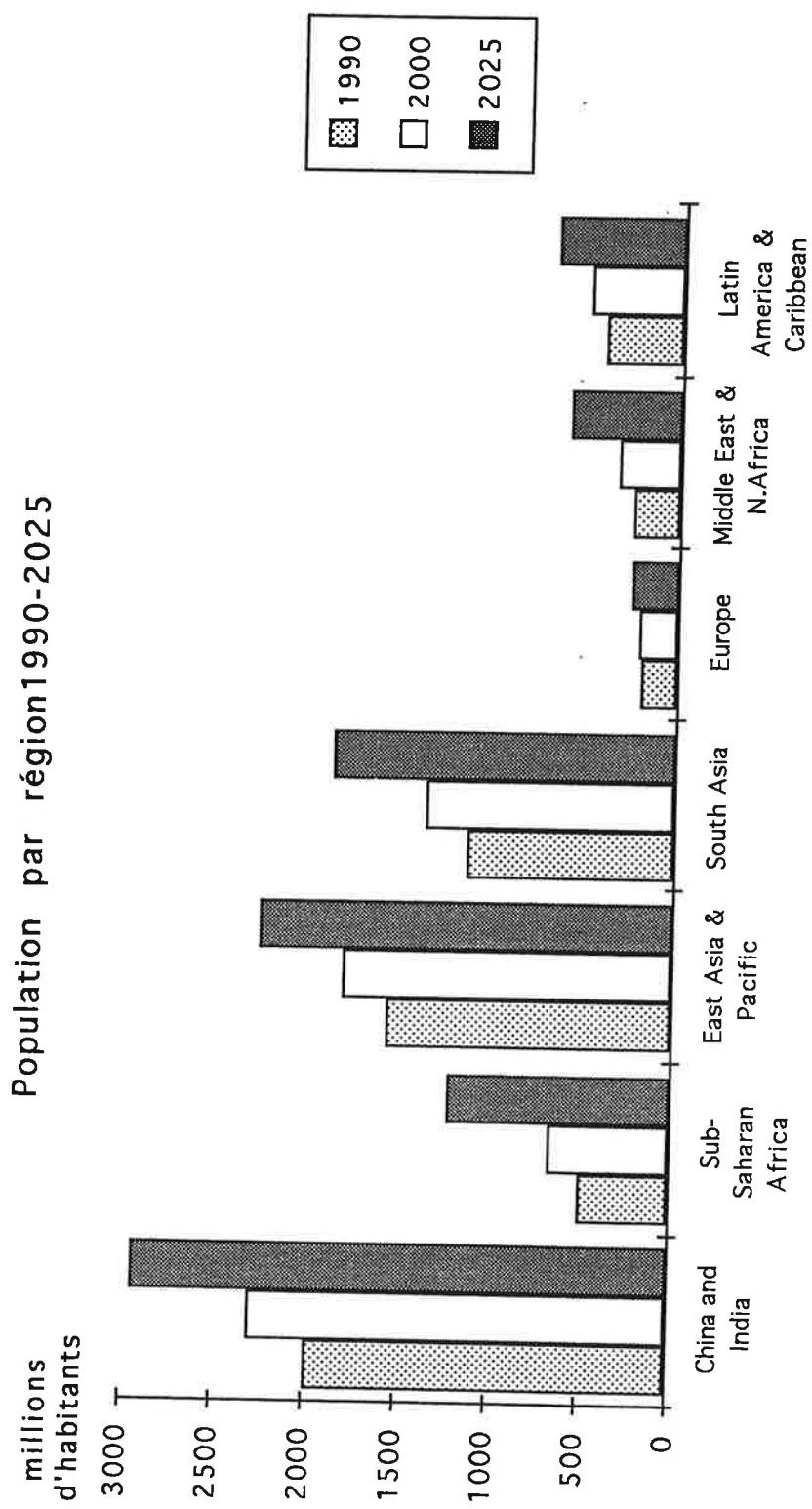
0,2%

100%

11%

8%

89%





1.4. PROSPECTIVE GLOBALE

Nous avons retenu quatre ouvrages (voir titre 3.1.1 du volume n°1) pour donner un cadrage global aux travaux par domaines d'activités, que nous examinerons dans les chapitres suivants.

1.4.1. World3.

Nous retrouvons ici le modèle informatique du MIT qui a servi à la première évaluation quantitative des "limites de la planète". Depuis 20 ans il a évolué, ses paramètres ont été en partie réajustés, et l'évolution des hypothèses examinée, par rapport aux réalités de la période écoulée. Il est aussi passé de la grande informatique à la micro, et se trouve maintenant disponible sur PC et Macintosh pour les besoins de recherche et d'enseignement (version World3/91). N'ayant pas eu encore les moyens ni le temps de l'expérimenter directement, ce qui suit vient de l'étude de l'ouvrage récent "Beyond the Limits" de Meadows, Meadows et Rangers (doc1266).

C'est un modèle de simulation, comportant 9 parties liées produisant 9 variables globales.

- 5 variables décrivent l'état du Monde : population, production alimentaire, production industrielle, pollution persistante, ressources non renouvelables.
- 4 variables décrivent le standard de vie matériel individuel moyen : alimentation, biens consommables, services, espérance de vie.

Il s'agit d'un modèle anthropo-centré, dans lequel ressources et pollutions sont traités comme des externalités physiques (ou des sous-systèmes du système social). Dans ce schéma, le fonctionnement global de l'écosphère et ses interactions ne peuvent apparemment pas être prises en compte. La dimension géographique est aussi absente, même sous sa forme la plus simple du clivage en pays développés et pays en développement. Malgré ces simplifications la mécanique est déjà complexe, et paraît l'instrument actuellement le plus efficace pour suivre des évolutions planétaires et mouliner des scénarios sur des hypothèses simples. Sa longévité, sans rien prouver en soi, est un gage d'ajustement progressif des paramètres aux réalités qu'il essaye de schématiser.

Il permet aussi de suivre les grandes modifications de tendance depuis sa mise en service. Depuis 1972 on note des modifications dans les deux sens. Le freinage de l'accroissement démographique a été un peu plus

rapide que prévu, celui de la consommation énergétique aussi. Mais d'un autre côté certaines limites environnementales ont été approchées ou dépassées plus vite qu'on ne l'attendait (d'où le titre de l'ouvrage). L'un compensant l'autre, le mouvement d'ensemble des scénarios initiaux est à peu près validé.

13 nouveaux scénarios du futur sont publiés, nombre que rendent nécessaire quelques combinaisons d'hypothèses sur l'évolution future des variables principales. Ils couvrent la période de 1900 à 2100, avec le présent situé en 1990. Nous reproduisons en annexe les schémas de leurs résultats (annexe C).

Deux retournements de tendance mènent au "collapse" la plupart des scénarios, l'une sur la production alimentaire, l'autre sur la production industrielle.

La crise alimentaire en est déjà aux préliminaires, dans la mesure où la production par habitant ne progresse plus, et commence à décliner avant l'an 2000 dans tous les cas de figure. Son stade critique est atteint lorsque c'est la production globale qui décline à son tour. La crise industrielle est due au cumul des effets de la baisse des ressources naturelles et de la montée des pollutions.

Ces deux crises n'ont pas la même signification. La crise alimentaire ne peut se résoudre que par un effondrement démographique, sauf aide humanitaire extraterrestre. Le déclin industriel semble au contraire n'être qu'un passage nécessaire vers une société moins chargée en biens matériels, ou chargée de biens plus légers. Il peut donc dans certains scénarios précéder et conjurer une vraie crise. Le retournement de tendance industriel est donc présent dans tous les scénarios, alors que les plus favorables parviennent à éviter la crise alimentaire.

Le scénario de référence (n°1), fondé comme d'usage sur la prolongation des tendances actuelles, montre la conjonction des deux crises aux environs de 2020. C'est le plus rapidement critique, mais il nne figure qu'en tant que base de calcul et point de comparaison¹.

¹ c'est ce que l'on appelait jadis le "scénario tendanciel", que les non initiés avaient tendance à considérer comme le plus probable. Bien au contraire l'hypothèse de maintien à long terme des tendances d'un moment de l'histoire est peut-être l'une des plus incroyables que l'on puisse formuler dans le monde actuel.

Dans les scénarios menant à des situations très critiques, les deux crises se suivent (l'alimentaire précédant l'autre) à des dates variant entre 2020 et 2040. Dans certains scénarios la crise alimentaire aigüe est évitée, le retournement industriel se résoud en un plateau étalé sur quelques décades.

Les meilleurs scénarios (n°10 et n°13) n'ont plus de retournements de tendance ni d'effondrements, seulement des courbes s'infléchissant fortement vers 2010 pour commencer à se stabiliser vers 2020/2030 (sauf le niveau de services qui croît sans cesse dans le scénario 13). Ces deux scénarios supposent rien moins que l'adoption vers 1995 de politiques mondiales tendant à la stabilisation des populations et de la croissance industrielle, et la mise en œuvre des technologies réduisant les émissions, l'érosion et l'utilisation des ressources. Plus ces mesures tardent et plus les scénarios montrent la résurgence d'une situation de crise globale à partir de 2030.

Précisons enfin que les auteurs se refusent à dessiner plus précisément l'au-delà des crises, considérant qu'il s'agira d'une situation nouvelle, d'une mutation d'ampleur comparable à celle de l'invention de l'agriculture ou de la plus récente révolution industrielle.

1.4.2. scénarios "CPB".

Nous analysons maintenant le document préliminaire de la Conférence sur les Perspectives à Long Terme de l'Économie Mondiale organisée par l'OCDE en Juin 1991, préparé par le Central Planning Bureau des Pays-Bas (doc20003). Nous le désignerons ci-après par "CPB"

Le travail se présente comme une prospective de type "économistique", fondée sur la combinaison des trois écoles de pensée de l'économie contemporaine : la néo-classique (la recherche des intérêts individuels conduit à l'harmonie...), la keynésienne (la proposition précédente étant fausse, il faut une coordination macro-économique) et l'approche par le marché (qui doit être guidé par un système efficace d'incitations). L'intérêt de la démarche est qu'elle ne prend pas ces écoles en tant que monuments théoriques contradictoires, mais plutôt comme l'expression des tendances guidant l'action des acteurs et responsables réels. En fait le travail présenté est beaucoup plus concret et systémique que son préambule ne le laissait supposer. Les principales dimensions sociales et environnementales des problèmes actuels paraissent pris en compte, c'est surtout le schéma général censé en donner la cohérence qui ne paraît pas très clair.

Dans la dimension géographique, on distingue 7 zones : USA, Japon, Europe Occidentale, Économies Dynamiques d'Asie, Autres Pays en

Développement, Ex-Union Soviétique et Europe Centrale. Le terme retenu est 2015, l'année initiale 1990.

Quatre scénarios sont présentés. Les deux premiers sont polarisés sur les rapports de puissance entre USA, Europe et Extrême Orient, ce qui ne semble pas leur laisser le loisir de s'occuper outre mesure des problèmes d'environnement et de développement. Le troisième passe par une crise mondiale, le dernier est celui de la croissance équilibrée. Ce qui différencie le dernier des précédents est la prise en compte prioritaire des problèmes d'environnement et de développement, et en particulier de la question énergétique. Sur le plan économique la coopération organisée prend le pas dans ce scénario sur le libre échange intégral.

Rappelons qu'il s'agit du document préparatoire à une conférence internationale de l'OCDE réunissant "35 participants de haut niveau" de divers pays et continents. Le compte rendu des débats donne la précision suivante : *"...bien que les problèmes liés à l'environnement qui se posent tant dans les pays développés que dans les pays en développement aient été à l'ordre du jour, ils ne furent pas abordés au cours de la réunion."* (doc20004 page 8). Ceci nous situe, à la date de cette réunion, beaucoup plus sur le chemin du scénario de la crise que sur celui de la croissance équilibrée.

1.4.3. comparaison "CPB" et "World3"

A partir d'un cadre méthodologique en tous points différent, le scénario de croissance équilibrée de "CPB" s'apparente dans son résultat au scénario 13 de "World3". Le scénario de crise au contraire est original, dans la mesure où dans "World3" les risques de crise générale surviennent beaucoup plus tardivement. L'analyse de système permet de montrer que la montée d'un certain nombre de tensions peut engendrer une crise grave bien avant que les déséquilibres globaux (que seul peut prendre en compte un modèle tel que World3) ne la rende inévitable. Il suffit pour cela qu'une crise partielle (par exemple alimentaire, suite à un événement climatique) crée un "choc systémique" déclencheur de la crise globale. En fin de compte le scénario de crise de "CPB" prévoit aussi la résolution de cette crise, ce qui fait que l'ensemble est plutôt rassurant.

En fait les cheminement "CPB" et "World3" peuvent s'interpréter dans la même logique, car ils sont dans des temps différents. Les deux derniers scénarios "CPB" (1990 à 2015) sont dans la période de transition des scénarios "World3". Dans ceux-ci les catastrophes latentes après 2020 ne peuvent être conjurées que si un ensemble de changements sont effectués dans la période précédente, mais on ne peut préciser comment. Les scénarios "CPB" nous donnent deux visions de ce cheminement

préliminaire, la croissance équilibrée et la crise, mais la résolution de cette dernière semble mener au même point.

Malgré les apparences, "CPB" et "World3" ne sont pas contradictoires. Le second saute un peu vite la période de transition, que le premier explore sans voir la suite. "World3" balaie une gamme de possibles plus large, l'autre ne suivant en fin de compte que les chemins les plus "soutenables". Les deux ont au départ, dans l'énoncé des conditions de réalisation des seuls scénarios soutenables, beaucoup de ressemblances pour les conditions environnementales, un grand écart pour les clivages géographiques que seul l'OCDE prend en compte. En cela aussi l'un complète l'autre.

1.4.4. 2100 récit du prochain siècle

Sous l'égide du Ministère Français de la Recherche, 2100 est une exploration multidimensionnelle fondée sur un ensemble de contributions d'organismes et d'individus couvrant un très large champ de compétences. Contributions écrites, mais aussi résultats de réunions et séminaires, et intégration de travaux antérieurs du GRET (Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques). La première étape a été un séminaire sur la "Prospective des Déséquilibres Mondiaux" organisé par le GRET entre Septembre 1988 et Juin 1989.

Une synthèse collective a été publiée en 1990 sous la direction de Thierry GAUDIN (doc 2006). Le matériau est abondant, la méthode très pragmatique, faisant surtout appel à la capacité de questionnement et de synthèse d'une équipe habituée à penser au futur. L'ouvrage présente un seul scénario, sous forme d'une fiction très imagée, dans une présentation "grand public" qui n'enlève rien à son contenu scientifique.

Ce scénario a trois étapes : 1980-2020 (désarrois...) ; 2020-2060 (...enseignements...) ; 2060-2100 (...libération). Le phasage est classique.

Le centrage est socio-économique, avec une composante technologique forte, qui donne les clefs de la résolution du dépassement, et des visions à très long terme. Les autres composantes du système social ne sont pas négligées, mais la dimension géographique - et notamment la différence des dynamiques des pays développés et pays en développement - se dilue vite en une sorte de melting-pot global quoique multiculturel.

Toute une partie est consacrée à l'approche des limites et à la transition, qui sont visiblement les deux grandes idées communes à tous les scénarios globaux. Quatre transitions, démographique, agro-alimentaire, urbaine, et de l'environnement. La place de ce dernier

ensemble dans la systémique globale est donc relativement périphérique, on y retrouve néanmoins les problèmes habituels, dominés par la question climatique.

Au delà de la transition, et de ses diverses crises partielles, la menace de crises plus globales n'est pas franchement prise en considération par "2100", et diverses modalités de résolution mènent à la troisième phase. Technologies et nouvelles formes d'organisation sociale créent les éléments de la fin de siècle, qui est résolument idyllique. Ce qui est intéressant n'est pas ce choix de l'optimisme, qui en vaut un autre, mais son contenu, qui donne sa signification à tout le cheminement qui précède. L'image est celle de la planète-jardin, c'est-à-dire que l'humanité a enfin achevé le réaménagement de l'écosphère à son usage et à son profit, et commence à essaimer dans le Cosmos. La résolution des problèmes socio-économiques va de pair avec cette vision.

C'est bien une perspective à base technologique, dans laquelle un patchwork d'applications scientifiques et de réorganisations sociales aide à reconstituer une société mondiale vivable et cohérente. Mais rien ne prouve que l'homme puisse substituer en un siècle son contrôle aux mécanismes globaux de l'écosphère (ni que ce soit un jour possible ou souhaitable). Ce peut donc être un scénario-suicide, mais c'est le seul qu'expose cet ouvrage.

1.4.5. vue d'ensemble

Ce passage en revue va nous servir à caractériser les principaux travaux de prospective globale sur lesquels peuvent (ou devraient pouvoir) s'appuyer les prospectives sectorielles, et de commencer à montrer sur quoi va reposer notre propre travail.

Le premier type que nous avons rencontré définit le système social comme un système fermé, ou seulement ouvert sur d'autres systèmes de même nature. C'est ce que nous appellerons la prospective socio-économique. Bien qu'encore pratiquée, on peut considérer qu'elle nous intéresse peu ici sous cette forme isolée.

Un pas plus loin, on peut traiter le système social comme un système ouvert aussi sur un environnement naturel ayant ses lois et ses limites propres, ou comme un système fermé intégrant des variables environnementales. C'est ce que nous appellerons la "prospective socio-économique environnementale", représentée ici par les trois

ensembles de travaux présentés, et à la génération précédente par le seul modèle "World3"¹.

La prospective de troisième type sera peut-être celle qui traitera la société humaine comme une partie d'un système naturel qui l'englobe et qui a une existence, une structuration et des rythmes propres ; de la même façon l'économie pourrait être remise à sa place de sous-système du social. Nous n'avons encore rencontré aucun exemple parvenu au stade opérationnel de ce que l'on pourra appeler la "prospective socio-écologique - mais peut-être y en a-t-il, au moins en gestation...

Malgré leurs différences fondamentales, les trois ensemble de travaux que nous avons présentés se rattachent au même type, le deuxième. Ils sont très complémentaires dans le temps, et assez concordants sur leur seule période commune, la plus proche. Période bien caractérisée par deux notions générales, la transition, et les limites de l'environnement planétaire. Ces travaux nous fournissent le contexte dont nous avons besoin pour encadrer les scénarios sectoriels, mais pas les matériaux pour en combler les lacunes. Et il nous manque une prospective de troisième type...

¹ La plupart des travaux actuels sur le futur lointain sont devenus environnementalistes à des degrés divers, mais ceux qui dépassent des cadres sectoriels et régionaux restent l'exception

PLAN DE LA SUITE DU RAPPORT

Arrivés à ce stade de l'exposé, nous sentons le besoin de rappeler et préciser la logique de son déroulement

Après les "généralités et prospectives globales", nous allons aborder trois chapitres qui sont en quelque sorte parallèles, et concernent les trois grands "domaines d'activités" que nous avons définis au début du chapitre précédent. Ce sont l'énergie, les productions vitales, et les activités restantes groupées sous le terme général d'industries.

Dans chacun de ces trois domaines, nous exploiterons suivant un plan un peu systématique les "matériaux du futur" disponibles, en commençant par une synthèse des prévisions de trafic maritime que nous avons collectées et analysées. Chaque chapitre se termine par un tableau synoptique des chiffres les plus significatifs, mettant en regard les évolutions futures des activités et trafics du domaine. Ces chiffres seront tels qu'ils ressortent des scénarios et prévisions étudiées, hormis quelques simplifications mineures.

C'est seulement dans le cinquième et dernier chapitre que nous hasarderons nos propres projections, à partir des visions que nous dégagerons de l'ensemble des prospectives globales et par domaines..

chapitre 2

L'ENERGIE

2.1.descriptif : trafics, productions, consommations....	23
2.2.questions générales.....	26
2.3.questions actuelles	30
2.4.la difficile émergence de stratégies mondiales.....	39
2.5.les visions chiffrées du futur	48



2.1. DESCRIPTIF : TRAFICS, PRODUCTIONS, CONSOMMATIONS

2.1.1. trafics maritimes

CHIFFRES BRUTS 1991

pétrole brut	1405
produits énergétiques liquides	271
Gaz de pétrole liquéfié	33,6
Gaz naturel	52,5
Charbon vapeur	194,7
Charbon à coke	172,5
total	2 129,3

(millions de Tonnes)

sources : Drewry

Ce total constitue une bonne moitié du trafic maritime de l'année concernée, et un tiers pour le seul pétrole brut. Le trafic maritime de pétrole brut constitue 45% de sa production. Pour le charbon cette proportion n'est que de 17%, elle tombe à 4% pour le gaz naturel (pour ce dernier, le volume transporté internationalement par gazoduc est 3 fois plus important).

Le taux de transport maritime de la production primaire de combustibles fossiles atteint globalement 27%. En plus de nombreux produits secondaires font l'objet d'un transport par mer, notamment 11% des dérivés énergétiques liquides du pétrole.

2.1.2. productions actuelles

production par source d'énergie en 1990

Total énergie primaire	77 68
combustibles minéraux solides	2286
pétrole	3061
gaz	1678
nucléaire	524
hydraulique	184
géothermique+autres	34

(millions de TEP)

source OCDE (doc1288)

Ces tableaux ne montrent pas le poids des énergies non commerciales, que l'OCDE ne prend pas en compte. Les combustibles issus de la matière vivante ou "biomasse" (principalement le bois de feu) sont estimés par l'ONU à environ 500 millions de TEP, chiffre qui d'après Greenpeace (doc1223) ne représente peut-être que la moitié de la réalité. Une récente publication de la FAO (doc1294) indique 1800 millions de "tonnes ou mètres cubes" de bois de feu en 1990, ce qui avec un coefficient d'équivalence de 0,3 donne 540 millions de TEP, chiffre cohérent avec celui de l'ONU, mais les deux ont probablement la même source. Nous retiendrons ce dernier chiffre faute de mieux, ce qui monte le total des énergies primaires à 8308 millions de TEP, dont 85% proviennent des combustibles fossiles

2.1.3. consommations actuelles et passées

consommation par forme d'énergie en 1990

total énergie finale	6043
combustibles minéraux solides	962
pétrole	2528
gaz	979
bois de feu	540
électricité	1034

(millions de TEP) sources OCDE (doc1288) et FAO (doc1294)

Il y a donc une déperdition apparente de 2265 millions de TEP (sur 8308), soit plus du quart, entre l'énergie primaire et l'énergie finale. La raison principale, si ces chiffres sont bien cohérents entre eux, ne peut être que la transformation d'une partie de l'énergie primaire en électricité.

Les tableaux qui suivent sont un peu plus anciens, nous les avons retenus parce qu'ils donnent un détail géographique et sectoriel intéressant et cohérent, intégrant l'utilisation de la biomasse.

consommation par niveau de développement en 1988

Total pays développés	3857
Total pays en développement	1665
Total Monde	5526

(millions de TEP) source FFEF (doc1223)

consommation par secteur en 1988, en % des TEP

Résidentiel	23%
Services	13%
Transports	26%
Industrie	38%

source FFEF (doc1223)

consommations en énergie primaire depuis quelques décades

	1960	1970	1980	1990
Amérique du Nord	1143	1762	1991	2157
Amérique latine	162	259	431	577
Europe occidentale	662	1072	1306	1462
Europe centrale et orientale	135	229	336	292
CEI	441	732	1085	1447
Moyen-Orient et Afrique du Nord	35	70	162	317
Afrique subsaharienne	92	142	208	266
Pacifique APC	321	374	621	950
Pacifique non APC	189	432	637	893
Asie du Sud	126	193	268	446
Monde	3306	5265	7045	8807

(millions de TEP) source CME (doc1285)

le découpage géographique est celui du Conseil Mondial de l'Énergie

2.1.4. réserves

réserves de pétrole prouvées en 1993, en milliards de tonnes

	réserves	%	années de production (*)
Amérique du Nord	5	4	9,8
Amérique Latine	17,5	12,4	43,7
OCDE Europe	2,2	1,6	9,2
Non-OCDE Europe	8,1	5,9	17,5
Moyen Orient	89,5	65,7	99,6
Afrique	8,3	6,2	24,9
Asie/Australie	5,9	4,5	17,9
Monde	136,5	100	43,1

(*) réserves divisées par production courante

Source : Drewry/BP

doc 20002

réserves de gaz naturel, en milliards de TEP

	réserves	
Am. sud	6,3	6%
Am. latine	5,8	6%
Europe W	4,2	4%
URSS&Europe Est	38,2	38%
Moyen Orient	31,3	31%
Afrique	6,8	7%
Asie	6,6	7%
Australie	0,4	0%
Total	99,5	100%

Source : Drewry

doc 20006

Les diverses définitions des réserves utilisables prêtent à des discussions dans lesquelles nous n'entrerons pas ici. Le constat fondamental est que la source d'énergie la plus utilisée actuellement est celle dont la durée estimée est la plus courte. Le gaz, sur lequel se fondent bien des espoirs, a moins de réserves que le pétrole, mais sa production très inférieure lui confère une espérance de production plus longue (un soixantaine d'années). Nous n'avons pas calculé les "années de production" du gaz naturel car dans un contexte d'exploitation à forte croissance ceci n'aurait pas beaucoup de sens. Les réserves les plus considérables sont celles de charbon, mais les freins à son utilisation sont comme on le verra d'une autre nature.

2.2. QUESTIONS GÉNÉRALES

2.2.1. L'énergie planétaire

Si l'on excepte l'énergie nucléaire, ce que l'on appelle usuellement "production" d'énergie n'est qu'un ensemble de branchements sur les flux naturels et de prélèvement sur les stocks de la planète. Nous rappellerons donc pour commencer les termes de l'économie énergétique planétaire (pour plus de détails, voir annexe A titre A.1.3)

L'écosphère (ensemble du monde vivant et de son habitat) est un système thermodynamique ouvert. Son énergie vient principalement des radiations solaires (3,8 millions d'exajoules par an), le volcanisme n'en représente que le 1/5000, l'attraction lunaire le 1/10000¹...

Le flux solaire total a approximativement le destin suivant :

- réflexion par les nuages et poussières atmosphériques : 25% à 33%
- accumulation d'énergie dans l'atmosphère (absorption par nuages et poussières) 15% à 25%
- réception au sol environ 50%, dont 10% sont instantanément réfléchis (albedo)

La terre ainsi chauffée a tendance à perdre cette énergie en réémettant des radiations infrarouges, mais celles-ci sont en partie renvoyées vers le sol par l'atmosphère : c'est l'effet de serre.

Une part de ce qui arrive en surface, et de ce qui s'est accumulé dans l'atmosphère, engendre les mouvements des masses d'air et d'eau, les évaporations et condensations, précipitations et autres phénomènes météorologiques constitutifs de la dynamique générale des climats.

Une part enfin, la plus minime, de l'énergie reçue par le système, est utilisée par la vie pour créer la vie. Il s'agit d'une transformation de

¹ L'énergie géothermique, en tant qu'apport énergétique permanent, peut avoir une importance locale, mais elle a surtout son importance dans la structuration et les grands échanges géologiques de la croûte terrestre, via la tectonique des plaques. L'attraction lunaire engendre les marées (conjointement avec l'attraction solaire, beaucoup plus faible), qui exercent leurs effets sur les climats et sur l'écologie des zones importantes pour les cycles vitaux terrestres et marins que sont les régions littorales. En matière d'énergie, la quantité globale n'est qu'une indication, les modalités d'application sont essentielles...

l'énergie lumineuse en énergie biochimique qui constitue la "production vitale primaire" dont nous parlerons plus longuement dans le chapitre suivant. C'est sur une part infime de cette part minime que s'est constitué durant les âges géologiques le stock de combustibles fossiles que l'on exploite de manière accélérée depuis les débuts de l'ère industrielle. Une autre part, plus importante, constitue des stocks énergétiques vivants de périodicités variables, les plus durables étant les forêts. C'est la "biomasse".

L'utilisation des combustibles fossiles et du bois ne dégage pas assez d'énergie pour modifier directement le bilan énergétique de la planète. C'est par l'intermédiaire des matières gazeuses émises, qui modifient la composition de l'atmosphère, que ce déstockage massif influe sur la circulation de l'énergie, en augmentant l'effet de serre. La diminution de la couverture forestière modifie d'autre part l'albedo et la circulation atmosphérique (la résultante de ces modifications est complexe et encore mal connue). En outre la mécanique énergétique terrestre comporte des inerties considérables et difficiles à évaluer, principalement au niveau des glaciers permanents et des masses océaniques.

Nous retiendrons en conclusion deux points qui dans leur principe sont de moins en moins contestés :

- Les stocks fossiles constitués tout au long des âges géologiques sont rapidement épuisables dans les temps historiques, et absolument non renouvelables à cette échelle. Leur utilisation comme source d'énergie à bon marché est donc a priori transitoire : quelques dizaines d'années pour les hydrocarbures, quelques centaines pour les combustibles minéraux solides. La prise en compte du risque climatique évoqué ci-dessus, et son début de réalisation, pourraient abréger considérablement cette transition
- L'utilisation par l'humanité du flux permanent d'énergie solaire, direct ou transformé (vents, hydrologie, biomasse...) est sans commune mesure avec la dimension de ce flux. Elle est même en bien des domaines en retrait sur ce qu'elle était avant l'essor de l'utilisation industrielle des combustibles fossiles.

2.2.2. utilisations de l'énergie

Les utilisations énergétiques sont différencierées à l'extrême, irriguant toute la vie sociale. La question est de savoir dans quelle mesure l'étude de ces utilisations peut permettre de prévoir quantitativement les consommations à venir. Les deux pôles les plus identifiables et calculables sont les consommations industrielles et individuelles.

La gamme des consommations individuelles s'analyse en termes de modes de vie, mais la fourchette entre les budgets énergétiques des différents types de populations est extraordinairement large. A une extrémité on trouve des consommations proches du besoin biologique et social de base, la trilogie cuisson-chauffage-éclairage. A l'autre extrémité les besoins de base sont noyés dans des consommations diversifiées, dans lesquelles la simple frontière entre consommation et gaspillage est difficile à tracer; l'élément qui y pèse le plus lourd est généralement la voiture individuelle. Modes de vie et évolutions démographiques devraient permettre de tracer des prévisions, ou définir des objectifs.

Les consommations énergétiques de l'industrie sont les mieux connues et les plus prévisibles à court terme. Cinq grands secteurs seulement consomment près des 2/3 de l'énergie consommée par cette catégorie : l'acier, les métaux non ferreux, les minéraux non métalliques, le papier et la chimie. L'inconnue principale n'est pas ici la prévision des consommations unitaires de ces activités, mais l'évolution globale de leurs productions. Nous reverrons ceci de manière plus détaillée dans le chapitre 4.

Reprenant les chiffres de base du scénario dit "FFEF"¹ rappelés ci-dessous, nous voyons que l'industrie arrive largement en tête dans le bilan global. Si l'on y ajoutait la part des transports qu'elle utilise, on arriverait sans doute aux environs de la moitié de la consommation énergétique totale. Les consommations individuelles, avec la plus grande partie du "résidentiel" et une part des transports, arrivent ensuite, mais assez loin.

Restent le tertiaire et l'agriculture (groupée ici avec les services), qui même avec la part restante du résidentiel et des transports doit être encore assez loin derrière.

consommations énergétiques par secteur (1988)

Résidentiel	23%
Services	13%
Transports	26%
Industrie(1)	38%

doc1223

(1) à l'exclusion des consommations des industries de production d'énergie

¹ Document 1233, analysé plus loin dans ce chapitre sous le titre 2.5.1

2.2.3. économie mondiale

L'énergie sous-tend économiquement tous les prix, comme elle sous-tend physiquement tous les processus de transformation et déplacement matériels. Ces deux phénomènes ne sont évidemment pas indépendants. Pendant longtemps le bas prix des combustibles fossiles, qui correspond au principe de quasi-gratuité des stocks naturels a été le moteur de la croissance des pays qui s'industrialisaient. La relation causale entre la croissance des consommations énergétiques et celle de l'économie paraissait évidente et durable. Deux événements presque simultanés ont remis en cause ce mécanisme primaire.

- Le premier "choc pétrolier", qui a marqué le début de prise en compte, dans le prix d'une énergie fossile, de la précarité de la ressource. De choc en choc, l'évolution amorcée paraît irréversible à long terme, même si la conjoncture peut se retourner.
- Le choc d'un toute autre genre qu'a représenté le premier rapport du Club de Rome sur "les limites de la croissance" (doc421, 1972). Celui-ci n'a pas eu d'effets économiques immédiats. Il a marqué le début de la prise de conscience des limites planétaires, qui de facto remet en question le principe même d'une croissance illimitée. Dans cette vision nouvelle, le danger particulier de la croissance des consommations énergétiques est apparu primordial.

Un résultat concret de ce double choc est d'avoir rompu, en pratique comme en théorie, le lien entre croissance économique et dépense énergétique, au moins dans les pays développés. Pour les pays en développement, la conception d'un "sustainable development" ou "développement durable" n'est apparue que beaucoup plus tardivement (rapport Brundtland, doc122, 1988) et sa composante énergétique reste encore assez peu formulée.

Dans ce nouveau contexte, la pensée et surtout la pratique économico-politique dominante ont quelque difficulté à se dégager de l'obligation absolue de croître (économiquement) pour vivre (socialement). La contradiction entre l'impératif de croissance et les limites de la croissance paraît insoluble tant que le débat se situe entre penseurs et praticiens de disciplines différentes... Ces questions sont développées plus complètement sous le titre A2 de l'annexe A.

2.3. QUESTIONS ACTUELLES

2.3.1. énergie, environnement, écologie

les termes du débat

La question de l'énergie est devenue l'objet d'un débat international permanent, centré actuellement sur deux pôles :

- le climat et la pollution des espaces communs : atmosphère et océans
- le développement économique des pays en développement, par l'accès des plus pauvres à l'énergie.

Pour certains problèmes, la composante locale ou régionale reste encore la plus sensible, même si la réalité est plus générale :

- les pollutions "de voisinage", urbaines et industrielles, de l'air et des eaux.
- la crise du bois de feu
- le risque nucléaire, malgré la publicité que lui fait Tchernobyl

La tendance forte est cependant de porter de plus en plus ces questions sur le plan international. Les questions irrésolues que posent l'avenir des déchets et les risques nucléaires suivront très probablement cette voie.

Les perceptions régionales de la problématique sont inversées au Sud et Nord, les aspects locaux l'emportant dans les pays en développement et les préoccupations planétaires dans les pays industrialisés. Les perspectives scientifiques montrant que les répercussions des changements climatiques risquent d'être plus sévères dans les pays en développement, alors que leurs causes sont surtout imputables aux pays développés, ne font qu'accentuer ce clivage..

le changement climatique

Les termes de la question climatique sont rappelés dans l'annexe A, titre A1.3.2.

L'énergie joue le rôle principal dans l'augmentation de l'effet de serre, et un rôle important dans la diminution de la couche d'ozone.

La combustion de combustibles fossiles est la principale source d'émissions de gaz à effet de serre, en particulier sous forme de CO₂ (dioxyde de carbone). Il est difficile de définir sa part exacte : 45 à 70% des émissions humaines. Cette proportion est vouée à augmenter du fait de la réduction de l'utilisation des CFC (chlorofluorocarbones), et d'une éventuelle diminution de la déforestation. Les transports y tiennent une part croissante.

Comme on peut s'y attendre, les pays développés sont responsables de la majeure partie des émissions humaines de gaz à effet de serre. Le tableau ci-dessous donne l'estimation de l'émission annuelle d'oxyde de carbone par régions (1988), toutes sources confondues.

émission oxyde de carbone par régions (1988)

AFRIQUE	0,16
PAYS SOCIALISTES D'ASIE	0,65
EUROPE DE L'EST	0,31
JAPON-AUSTRALIE-N.ZELANDE	0,32
AMERIQUE LATINE	0,22
MOYEN ORIENT	0,16
SUD ET EST ASIE	0,34
U.S.A.	1,28
EX URSS	0,88
EUROPE DE L'OUEST	1,01
TOTAL	5,34
pays développés	3,81
pays en développement	1,53

(milliards de tonnes de carbone contenu)

source FFEF - doc 1223

autres crises

La crise du bois de feu se rattache au problème des forêts, qui sera exposé dans le chapitre suivant (productions vitales). Concernant surtout les pays en développement, elle risquera d'être encore aggravée par le changement climatique. Il faut donc envisager d'économiser cette ressource, et au besoin le report d'une partie de cette consommation sur d'autres sources.

La montée des pressions internationales concernant les risques généraux engendrés par certains pays ou des structures extra ou multinationales :

Le risque nucléaire persistant, de plus en plus mal ressenti par les pays ayant freiné ou en voie d'abandon de cette option.

Le risque persistant de pollutions marines (pétrole, produits toxiques, déchets)

2.3.2. énergie, croissance, développement

définitions et mesures

Les trois mesures les plus générales de la situation et de l'évolution des sociétés humaines sont la démographie, la croissance économique, le développement. Elles forment la trame quantifiable des scénarios, et c'est en ceci qu'elles nous intéressent ici.

Nous avons fait le point sur la démographie au début de ce chapitre. Elle conditionne certaines catégories de besoins énergétiques biologiques et sociaux de base, que nous avons aussi définis précédemment. Cela en fait une composante majeure de la consommation énergétique des pays en développement, et de son évolution dans la mesure où l'expansion démographique reste forte.

Croissance et développement sont des notions complexes et évolutives, la seconde surtout. Leur formulation économique est en revanche simple, voire simpliste. L'indicateur général est le produit intérieur brut, ou PIB, mesure monétaire de toute la production économiquement mesurable d'un pays. La définition du contenu de cet indicateur, sa mesure et sa signification sont discutables et de plus en plus discutées, mais il n'a pas de remplaçant. Son volume par habitant mesure le niveau de développement, son évolution dans le temps mesure la croissance (ou décroissance)¹

Croissance et niveau de développement sont supposés être en relation avec les consommations énergétiques. Ces relations sont mesurées par les deux indicateurs cités, population et PIB, et l'indicateur de la consommation d'énergie primaire, exprimé ici en quantité d'équivalent-pétrole. Il en ressort deux ratios, la consommation énergétique primaire par habitant, et l'intensité énergétique, quotient de l'énergie primaire consommée par le PIB.

¹ Au travers de la mesure du PIB, la croissance est donc la notion dynamique, et le niveau de développement la notion statique, comparative. Tout se complique lorsque l'on manie la notion de développement en dynamique, dans le sens d'une évolution positive, en plus ou à la place de la notion trop simpliste de croissance du PIB... et ceci s'avère de plus en plus nécessaire.

énergie et développement

Voyons d'abord comment les inégalités mondiales se reflètent dans les consommations absolues d'énergie primaire.

Consommations par habitant (par consommations croissantes) :

SUD ET EST ASIE	0,725
AFRIQUE	0,954
PAYS SOCIALISTES D'ASIE	1,303
AMERIQUE LATINE	2,213
MOYEN ORIENT	4,842
EUROPE DE L'EST	5,164
JAPON-AUSTRALIE-N.ZELANDE	5,863
EUROPE DE L'OUEST	6,472
EX URSS	8,866
U.S.A.	15,135
moyenne pays développés	8,522
moyenne pays en développement	1,202
moyenne Monde	3,007

(KEP par habitant et par jour, biomasse incluse, 1988) source FFEF-doc1223

Consommations totales (par consommations croissantes) :

MOYEN ORIENT	152
AFRIQUE	212
EUROPE DE L'EST	262
JAPON-AUSTRALIE-N.ZELANDE	306
AMERIQUE LATINE	340
SUD ET EST ASIE	392
PAYS SOCIALISTES D'ASIE	569
EX URSS	919
EUROPE DE L'OUEST	1011
U.S.A.	1359
Total pays en développement	1665
Total pays développés	3857
Total Monde	5526

(millions de TEP, 1988)

source FFEF-doc1223

Nous en tirons quelques ratios très simples, en considérant trois groupes de pays :

- le premier groupe est constitué de l'Afrique et de l'Asie moins le Japon. Ses habitants consomment en moyenne 1,2 KEP (kilo d'équivalent pétrole) d'énergie par jour. Il contient les 2/3 de la population du Monde et consomme seulement 21% de son énergie.

- nous avons isolé le second groupe, Amérique Latine et Moyen-Orient, parce qu'il contient les principaux producteurs de pétrole du Monde. Pour 10% de la population il consomme 9% de l'énergie, mais cette moyenne d'apparence idéale recouvre une diversité de situations que nous n'analyserons pas ici.

- le troisième groupe contient l'ensemble des pays classés "développés", ses habitants consomment 8,5 KEP par jour. Il représente le quart de la population du Monde, dont il consomme 70% de l'énergie.

La relation en un temps donné entre développement et niveau de consommation énergétique par habitant paraît donc ici évidente (mais en statique, non en dynamique).

Il apparaît au contraire qu'il n'y a pas de relation simple, en un temps donné, entre développement et intensité énergétique du PIB (tableau ci-dessous).

Intensité énergétique en 1990 (par intensités décroissantes) :

CEI	0,86
Europe centrale et orientale	0,68
Afrique subsaharienne	0,51
Asie du Sud	0,43
Amérique du Nord	0,42
Moyen-Orient et Afrique du Nord	0,38
Asie de l'Est et Pacifique (dont pays à planification centrale)	0,38
Amérique latine	0,32
Europe occidentale	0,31
Monde	0,42

Tep pour 1000 dollars de PIB aux cours de 1985

source CME - doc1285

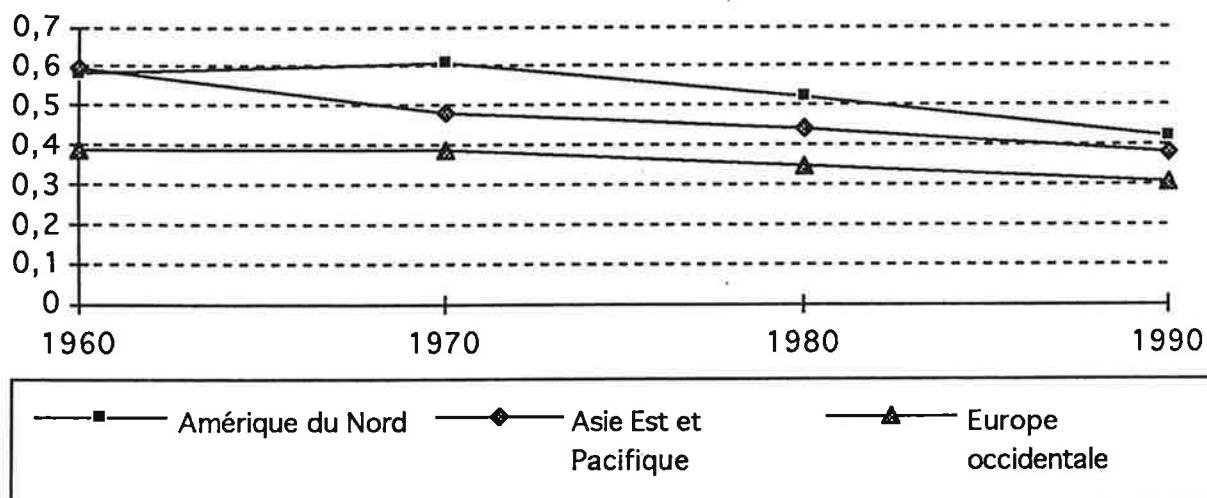
énergie et croissance

La moyenne mondiale de l'intensité énergétique du PIB, constante de 1960 à 1970 (0,50 TEP pour 1000 dollars US), baisse à 0,45 dans les années 1970, puis 0,42 dans les années 1980. Mais si l'on descend au niveau des grandes régions (sous le découpage du doc1285), on voit des évolutions étonnamment contrastées. On peut simplifier la description en créant trois nouveaux groupes, décrits par les tableaux et graphiques ci-après.

1er groupe

	1960	1970	1980	1990
Amérique du Nord	0,58	0,61	0,52	0,42
Asie Est et Pacifique	0,6	0,48	0,44	0,38
Europe occidentale	0,39	0,39	0,35	0,31

intensités énergétiques - premier groupe



Tep pour 1000 dollars de PIB aux cours de 1985

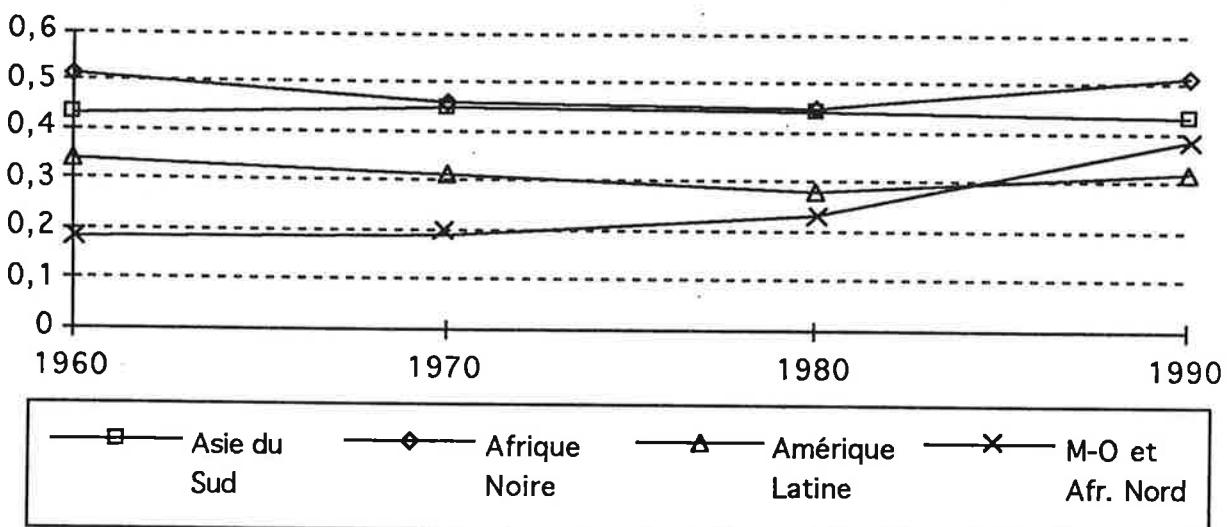
source CME - doc1285

Le décrochage entre intensité énergétique et croissance est très net dans ce groupe. On y trouve l'ensemble des pays industrialisés classiques, plus dans la zone Pacifique la Chine, Taïwan, les deux Corées... C'est d'ailleurs ce groupe Pacifique qui amorce le plus tôt le décrochage, pour lequel les pays développés de l'Ouest semblent attendre le premier choc pétrolier.

2ème groupe

	1960	1970	1980	1990
Asie du Sud	0,43	0,45	0,44	0,43
Afrique Noire	0,51	0,46	0,45	0,51
Amérique Latine	0,34	0,31	0,28	0,32
M-O et Afr. Nord	0,18	0,19	0,23	0,38

intensités énergétiques - deuxième groupe



Tep pour 1000 dollars de PIB aux cours de 1985

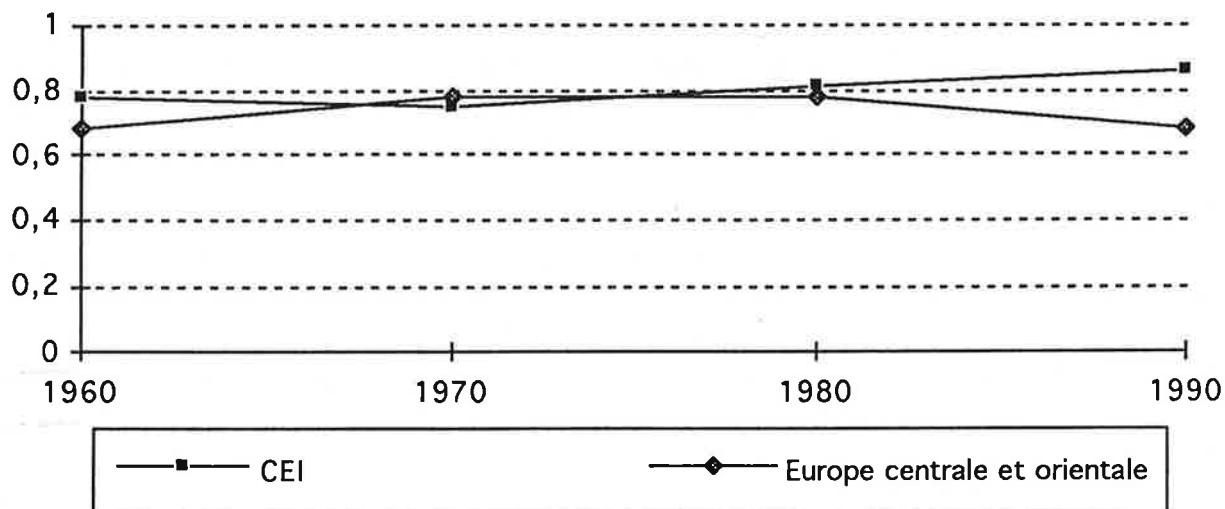
source CME - doc1285

Nous trouvons ici la grande majorité des pays en développement, dans un schéma (inverse du précédent) de croissance de l'intensité énergétique du PIB. Seul le sous-groupe d'Asie du Sud montre une légère décroissance, probablement parce qu'il contient quelques pôles de développement de même type que ceux de l'Asie de l'Est qui compensent la tendance.

3ème groupe

	1960	1970	1980	1990
CEI	0,78	0,75	0,81	0,86
Europe centrale et orientale	0,68	0,78	0,78	0,68

intensités énergétiques - troisième groupe



Tep pour 1000 dollars de PIB aux cours de 1985

source CME - doc1285

Ici l'interprétation est difficile, en présence d'économies en pleine mutation, dont les appareils statistiques ne présentaient peut-être pas dans le passé toute la fiabilité à laquelle nous sommes habitués...

vue d'ensemble

En résumé, baisse prolongée de l'intensité énergétique dans les pays développés, poursuite de la hausse chez les pays en développement, le constat est clair, et la situation confuse. On peut se demander quel sens peuvent encore avoir des prévisions énergétiques fondées sur des projections de PIB.

2.3.3. questions et réponses

leçons du passé récent

La croissance des consommations d'énergie n'est plus considérée comme le facteur principal ou obligatoire du développement, les fortes intensités énergétiques non plus. Les exercices de prévision basés sur la production ont systématiquement conduit à une surévaluation des consommations futures (voir par exemple la baisse successive des prévisions de la Conférence Mondiale de l'Énergie). Chaque choc pétrolier a montré la grande flexibilité des consommations des pays développés,

leur sensibilité à des incitations et contraintes autant peut-être qu'au seul changement du prix. Les politiques locales de maîtrise de l'énergie, quand elles ont été menées résolument, n'ont pas induit de contre-coup économique - au contraire, c'est ce qui a permis d'absorber les chocs pétroliers.

tendances et convergences

Devant l'incertitude des prévisions, mais la certitude maintenant générale du risque, le changement climatique est devenu une hypothèse majeure, impliquant au minimum et dans un premier temps le freinage de la croissance des consommations énergétiques.

L'essentiel de l'augmentation de la demande d'énergie mondiale proviendra des pays en développement, sous la double nécessité de satisfaire les besoins énergétiques de populations croissantes et d'accroître les productions agricoles et industrielles. La crise du bois de feu induit en plus un report partiel sur d'autres énergies. Pour permettre cette augmentation, il faudrait freiner les consommations dans les pays développés. En fait il existe dans ces pays un fort potentiel d'amélioration de la productivité énergétique, à performances égales (l'utilisation de l'énergie y est à l'heure actuelle très peu rationnelle). Il y a aussi des consommations superfétatoires. Ce potentiel d'économie est transposable préventivement aux pays en développement, qui ne devraient pas être obligés de répéter les défauts de l'industrialisation du Nord

contradictions et stratégies

Contradiction au niveau du "développement" : Il n'y aura pas de décollage économique des pays du Sud sans des technologies moins coûteuses et des bas prix des énergies, alors qu'une hausse des prix des hydrocarbures est indispensables pour réduire le gaspillage des ressources.

Contradiction au niveau de la "croissance", la recherche des conditions d'une relance économique par les pays développés peut leur faire rejeter au second plan la question des économies d'énergie.

Les anciens pays du bloc soviétique posent un problème supplémentaire. Gros consommateurs d'énergie, ils auront du mal à freiner sur ce poste tout en cherchant à relancer leur économie.

Toutes ces constatations et propositions, tantôt convergentes, tantôt contradictoires, montrent mieux l'obsolescence des stratégies énergétiques anciennes qu'elle ne dessinent les contours du futur. On sent bien la nécessité de les structurer en des politiques nouvelles, que nous allons examiner maintenant.

2.4. LA DIFFICILE ÉMERGENCE DE STRATÉGIES MONDIALES

2.4.1. le consensus initial

Le débat international qui s'est instauré à propos de la question de l'énergie comporte à notre avis des bases consensuelles qui méritent d'être soulignées, car elles sont relativement récentes.

Le fait même qu'il y ait débat est la première base, et non la moindre. La seconde est la reconnaissance générale de l'importance et de l'urgence du problème. La troisième, plus incertaine, est la sensation que les moyens techniques de le résoudre existent ou sont à portée d'invention. Les options technologiques sont diverses et variées, et sont également plus ou moins prêtes à être introduites sur le marché. Mais elles existent d'ores et déjà. Selon certaines estimations (Grubb, doc323), si les seules technologies existantes étaient systématiquement mise en place, elles permettraient de réaliser une économie d'énergie de 20 à 50%, autant dans les pays en développement que dans les pays développés.

L'état actuel de ce débat peut se décrire et s'analyser de multiples façons. Il se déroule en particulier dans des instances permanentes ou occasionnelles qui produisent de nombreux textes. Parmi ces matériaux, dont beaucoup sont répertoriés dans notre base, nous avons privilégié dans ce chapitre les scénarios et autres travaux sur l'avenir ayant un minimum de traduction quantitative en termes physiques.

La multiplication des scénarios montre à quel point le besoin de nouvelles politiques énergétiques se fait sentir. La question majeure, on pouvait s'y attendre, est devenue celle du changement climatique - qui engendre la nécessité de limiter les émissions de gaz à effet de serre, à commencer par l'oxyde de carbone. Elle se heurte aux besoins énergétiques considérables des pays développés, et à la nécessité d'accroître les moyens des pays en développement. La dimension du problème est telle que personne ne prétend le résoudre sans une intervention au niveau mondial.

Il apparaît donc que les aspects techniques et technologiques n'occupent pas la place centrale de la mise en place de nouvelles politiques énergétiques, mais que l'enjeu se situe bien plus au niveau de la définition de stratégies énergétiques et de l'intégration de la diversité des solutions locales.

2.4.2. le choix des sources et des vecteurs

Énergies fossiles

A très long terme la nécessité du passage des "énergies de stock" aux sources renouvelables n'est plus guère contestée. Ce sont l'urgence et l'appréciation des possibilités actuelles qui posent problème. Dans l'immédiat, le pétrole est la principale source de gaz à effet de serre d'origine anthropique, et les combustibles minéraux solides sont de ce point de vue un pis aller. Le gaz en revanche a une teneur en CO₂ beaucoup plus faible.

Vu l'importance de ses réserves et leur répartition au niveau mondial, le charbon peut être appelé à conserver une place prépondérante. La mise en place des technologies "propres" concernera essentiellement les pays développés, ce qui ne résoudra pas les problèmes liés à son utilisation.

Le gaz naturel peut favoriser la croissance des énergies renouvelables. Le faible coût des installations en fait une bonne énergie de "secours" pour relayer les sources de production intermittentes. Aiderait par exemple au lancement d'une industrie du méthanol tiré de la biomasse.

Le gaz est l'énergie de transition présentant le meilleur potentiel de développement à moyen terme.

Hydroélectricité

L'hydroélectricité représente environ 20% de l'électricité produite dans le monde. Les grands ouvrages posent des problèmes sociaux et écologiques qui sont souvent encore négligés, mais pourraient l'être de moins en moins dans l'avenir. Mini et micro-hydraulique représentent peut-être des solutions plus prometteuses, dont le potentiel global est difficile à évaluer. Les sites favorables ne sont cependant pas illimités, et la concurrence sur l'espace se fera de plus en plus contraignante.

Biomasse

Nous avons vu que le bois constitue une source traditionnelle importante, surtout dans les pays en développement. Cette source est extrêmement mal utilisée, tant au niveau de la préservation de son renouvellement que de son utilisation. Un certain développement peut ne pas être incompatible avec la préservation des forêts, lorsque les conditions locales s'y prêtent.

La biomasse provenant des résidus agricoles et industriels alimente depuis des années des turbines conventionnelles (plus de 8000 MWe¹ installés aux USA). La performance des installations peut être énormément améliorée, notamment en adaptant les technologies avancées de gazéification, développées à l'origine pour le charbon. En plus, pas besoin de désulfuration. Ces techniques sont adaptées à des petites unités de production locales.

Éoliennes

La capacité installée à l'heure actuelle est d'environ 2000 MWe, dont la plupart est implantée en Californie et au Danemark. Les avancées technologiques promettent de nouvelles réductions de coûts.

Solaire thermique

Le solaire thermique est l'utilisation de la chaleur du rayonnement pour chauffer un liquide qui entraîne une turbine. Possibilité de stockage du fluide chauffé, et d'utilisation de turbines classiques, permettant un appoint au gaz pour chauffer le fluide.

La capacité installée connectée au réseau est à l'heure actuelle de 350 MWe, la plupart en Californie.

Solaire photovoltaïque

Il s'agit de modules solides qui convertissent directement le flux solaire en électricité. Un des principaux problèmes est le coût élevé de la fabrication des semi-conducteurs. Les ventes annuelles de photovoltaïque se situent autour de 50 MWe.

Malgré son coût, qui est appelé à baisser, le photovoltaïque est rentable dans les régions où d'autres sources seraient impossibles ou coûteuses à exploiter.

le nucléaire

En ce qui concerne le nucléaire, l'industrie concernée a entamé une tentative de relance dans le contexte du débat sur l'effet de serre. La question semble justifiée, mais à l'échelle mondiale la réponse actuelle paraît devoir être assez généralement négative. Aujourd'hui, le nucléaire ne représente pas plus de 5% de la consommation d'énergie commerciale

¹ MégaWatts électriques

dans le monde. Il s'agit d'une contribution marginale pour résoudre le problème de l'effet de serre. Pour agir autrement qu'à la marge sur les émissions de CO₂, il faudrait multiplier la capacité de production nucléaire mondiale, tendance qui est loin d'être celle d'aujourd'hui, et qui ne semble pas envisageable dans les décennies à venir¹. Les coûts d'investissement du nucléaire sont élevés, et les réactions de rejet des populations, qui ont fait leur effet dans la plupart des pays concernés, sont difficilement réversibles. Rappelons que ces réactions ont un certain fondement, reposant sur trois problèmes assez mal résolus : l'élimination des déchets, les risques d'accidents majeurs, et la prolifération des armes nucléaires (ce dernier point est susceptible d'entraver tout particulièrement le développement futur éventuel de l'option "surgénérateur", qui produit du plutonium d'utilisation militaire aisée).

les vecteurs : l'électricité et l'hydrogène :

L'électricité semble être un vecteur de prédilection des économies modernes, puisqu'elle enregistre une augmentation plus rapide que celle de la consommation de combustible. Dans le scénario IPCC-AP², la demande moyenne d'électricité par habitant augmente de 70% entre 1985 et 2050, alors que l'utilisation directe des combustibles décroît de plus de 30%.

Les changements que subissent les compagnies d'électricité, renforcés par les contraintes réglementaires de réduction des émissions, créent un climat d'investissement favorable pour les énergies renouvelables.

La flexibilité du système de production électrique basé sur les énergies renouvelables intermittentes pourra être assurée par le gaz, puis l'hydrogène.

¹ Evolution récente du nucléaire (sur la base du doc 1304) : entre 1990 et 1991, la capacité nucléaire installée a décrue pour la première fois depuis le début de l'exploitation commerciale du nucléaire dans les années 50). Selon les estimations de ce document, la capacité installée en 2000 ne devrait être que de 10% supérieure à celle de 1993, pour atteindre 360.000 MW. Le nucléaire est en train d'être évincé de la scène énergétique mondiale, malgré la résistance de quelques pays - dont le nôtre - et les projets de développement de certains pays asiatiques, qui même s'ils sont réalisés ne changeront pas beaucoup le bilan global.

² International Panel on Climate Change - voir titre 3.1.2 du premier volume

La plupart des sources renouvelables sont utilisées en premier lieu pour la production et l'utilisation directe d'électricité. Cependant le caractère intermittent de certaines de ces sources limite le potentiel d'utilisation pour l'électricité, utilisation qui n'est par ailleurs pas adaptée à tous les usages. Des "vecteurs" énergétiques facilement stockables et transportables, ou utilisables directement comme combustibles peuvent permettre d'en améliorer l'efficacité. C'est notamment le cas de l'hydrogène.

C'est un combustible de haute qualité, peu polluant (pas de pollution sur le lieu d'utilisation, et s'il est produit par le solaire, pas de pollution non plus sur le lieu de production), utilisable avec un haut niveau d'efficacité dans les transports, la production de chaleur et la production d'électricité.

L'hydrogène peut être produit par électrolyse, à partir d'électricité tirée de sources renouvelables, également par gazéification thermochimique de la biomasse (résidus agricoles et forestiers, déchets urbains, etc.). Sauf utilisation locale immédiate, il sera ensuite comprimé pour l'utilisation ou le stockage sur site, ou le transport.

Il peut s'adapter à de multiples usages notamment le chauffage des locaux et les transports. Il s'agit d'une des rares options à long terme qui pourrait répondre aux mêmes types d'utilisations que les combustibles fossiles, sans aucun inconvénient environnemental connu à ce jour.

L'hydrogène peut être stocké, transporté, et distribué en utilisant les mêmes technologies que pour le transport du gaz, à toutes distances, par gazoducs et véhicules terrestres ou maritimes.

2.4.3. l'économie et l'organisation

Les options précédentes se trouvent inscrites à des degrés divers dans les politiques et stratégies énergétiques déterminant les scénarios que nous examinerons ensuite. Si l'on essaye de résumer ce qui précède, on voit apparaître un tableau assez varié, qui ne rentre pas facilement dans les schémas économiques et organisationnels actuels. Résumons d'abord les pièces du puzzle.

On peut améliorer les rendements de la transformation de l'énergie aux divers stades de sa production, par amélioration des techniques ou choix des techniques les plus économies (par exemple production combinée d'électricité et de chaleur, dite "cogénération")

On peut améliorer aussi la conversion de l'énergie finale en service rendu, c'est-à-dire les performances énergétiques de l'utilisation finale.

On peut enfin jouer la carte des économies d'énergie. Freiner ou diminuer les consommations par la prise de conscience écologique des consommateurs, et des producteurs, mais aussi par des incitations économiques et des contraintes réglementaires. C'est le type d'action le moins cher et le plus rapide à mettre en œuvre. Les outils technologiques sont déjà nombreux et leur potentiel d'économie élevé (cf. par exemple le scénario Goldemberg, doc 330, analysé plus loin).

Sur ces trois plans, les solutions techniques et organisationnelles sont indissociables. Le passage progressif des énergies fossiles aux énergies renouvelables est généralement considéré comme la solution la plus évidente à plus ou moins long terme .

Les énergies renouvelables traditionnelles sont exploitées dans des conditions de rendement et rentabilité inégales, parfois très loin de ce que permettraient les seules technologies actuelles. Les énergies renouvelables nouvelles sont encore au stade expérimental ou local. Leur développement exigera le passage à des productions de masse d'unités de dimensions diverses. Ce changement d'échelle, et les progrès technologiques escomptés, signifie que les coûts actuels ne sont absolument pas significatifs des possibilités.

Ce qui caractérise les énergies renouvelables, anciennes comme nouvelles, est la diversité des sources, dont l'abondance varie d'une région à l'autre.

Les sources d'électricité primaire, outre l'hydroélectricité qui a une composante saisonnière, sont intermittentes (éolien, solaire thermique, et photovoltaïque).

Les énergies intermittentes pourraient représenter jusqu'à 1/3 de la demande d'électricité avec un bon rapport coût-efficacité dans la plupart des régions du monde, sans besoin de nouvelles technologies de stockage d'électricité¹.

Les carburants nouveaux sont le méthanol, l'éthanol, l'hydrogène, le méthane

Ceci suppose une large utilisation de la biomasse, produite de façon "soutenable" - et avec la possibilité d'arriver à un bon rendement de transformation en électricité et carburants liquides grâce aux

¹ source scénario RIGES - doc1286 - voir plus loin sous 2.5.2

technologies modernes (à l'heure actuelle, la biomasse est utilisée de façon inefficace et contribue dans certains cas au phénomène de déforestation).

Ces moyens nouveaux et reconversions impliquent, pour entrer dans des stratégies nouvelles, des changements considérables dans l'organisation spatiale et temporelle de l'énergie. L'organisation actuelle est dominée par la mobilité des combustibles en amont de la production, celle-ci concentrée en grandes unités, ce qui implique in fine des réseaux généraux de distribution. Les énergies renouvelables au contraire seront produites de manière décentralisée, en fonction des conditions et des besoins locaux, et pourront alimenter leur environnement immédiat. Les réseaux de transport et stockage d'énergie seront encore nécessaires, pour équilibrer productions et consommations dans le temps et dans l'espace, mais dans une structure différente. Il y aura donc un certain report du transport énergétique de l'amont à l'aval de la production. Ce qui pourrait se développer en plus, mais nous verrons ceci dans le chapitre "industries", serait le transport des moyens de production d'énergie, utilisés localement mais venant de productions de masse.

Ces changements ne seront pas de même nature dans les pays développés et les pays en développement encore sous-équipés énergétiquement. Les premiers auront à faire face à une reconversion de leur organisation, les seconds à la mise en place d'une structure nouvelle, adaptée aux conditions locales.

Il reste ce dont nous n'avons pas parlé jusqu'ici, parce qu'il n'y a pas là de transport d'énergie, l'auto-consommation. Les énergies renouvelables la favorisent dans les lieux difficiles à brancher sur les réseaux. Difficile à comptabiliser actuellement (il s'agit surtout de combustibles végétaux), elle peut se développer avec l'émergence de technologies efficaces. Ici encore les transports induits sont surtout ceux des moyens de production.

2.4.4. les choix de politiques

politiques de l'offre et de la demande

La première stratégie est orientée à la production (avec investissements dans les moyens de production actuels), la seconde est orientée à la demande (privilégiant les investissements dans les économies d'énergie et les énergies nouvelles). La première est dominée par les producteurs actuels d'énergie, dont la dimension est souvent telle qu'ils ont déjà leur propre stratégie mondiale. La seconde, à l'origine soutenue par des

scientifiques et des experts extérieurs, est maintenant de plus en plus intégrée dans recherches et les processus décisionnels.

les moyens des politiques

Le débat sur les moyens se polarise comme d'habitude entre l'option purement libérale, avec seulement action sur les prix dans le cadre des régulations économiques actuelles, et l'option plus volontariste des réglementations et conventions internationales. Ceci peut paraître assez théorique, tant il paraît évident que les solutions concrètes devront faire appel à ces deux types de moyens. Mais la question est réelle, et semble recouper quelque peu le clivage entre stratégie production et consommation.

Soit on insiste sur la maîtrise et l'utilisation rationnelle de l'énergie, par le biais d'une programmation orientée par l'analyse des besoins plutôt que par le jeu de la demande au sens classique. Ceci implique d'orienter le choix de la source et des technologies en fonction de l'utilisation finale et des usages spécifiques, et au niveau des moyens des contraintes, taxes et incitations ajustées aux objectifs¹.

Soit on se fie à la modification spontanée du marché par des taxes mondiales, l'hypothèse actuelle étant une seule taxe sur les carburants fossiles, ou sur le seul pétrole, liée à la production de gaz à effet de serre (taxe sur le CO₂).

Beaucoup de choses sont possibles aux niveaux locaux et régionaux, mais la nécessité d'un minimum de stratégie mondiale se fait sentir. La convergence des objectifs affichés devient divergence croissante à mesure que l'on doit les préciser et en déterminer les moyens. On en arrive à distinguer deux familles de politiques, deux stratégies qui pourraient être complémentaires mais en fait polarisent des visions divergentes des régulations mondiales à instaurer. On y retrouve le même clivage, auquel se superpose le débat plus général entre pays développés et pays en développement.

¹ Par exemple la Commission Européenne vient de mettre la dernière touche à une proposition de directive qui obligeraient les producteurs d'énergie à inclure la gestion intégrée des ressources (Integrated Resource planning) pour limiter les émissions de CO₂. La proposition appelle les gouvernements nationaux à s'assurer que les industries adoptent les solutions les plus rationnelles en ce qui concerne la planification énergétique et développent des technologies et services les plus efficaces.

Il est certain qu'une politique un peu structurée de maîtrise de l'énergie est plus difficile à mettre en œuvre sur le plan mondial que local. Il apparaît en revanche que l'effet d'une taxe mondiale, unique ou non, est difficile à prévoir, et que ceux qui semblent douter de son efficacité sont parfois ceux qui la redoutent le plus. Le débat ouvert met en jeu des intérêts considérables, et la recherche de solutions n'est pas facilitée par les termes actuels des dialogues entre pays développés et pays en développement concernant les questions écologiques planétaires.

le dialogue Nord-Sud

Ce n'est pas vraiment un dialogue de sourd, mais lorsque les représentants des pays développés essaient d'entraîner les pays en développement dans des programmes généraux d'économies d'énergie, ces derniers sont fondés à rétorquer que ce sont les pays du Nord qui polluent, et qu'eux ont besoin de développer leurs énergies d'abord...

La prise en compte de cette question mène à admettre la nécessité d'un rééquilibrage Nord/Sud des consommations d'énergie. Permettre un décollage économique du Tiers Monde sans aggraver le risque climatique suppose une décroissance des consommations des pays développés.

2.5. LES VISIONS CHIFFRÉES DU FUTUR

2.5.1. au fil du temps

Le nombre de travaux publiés sur les futurs énergétiques du monde commence à être conséquent. Ceci illustre d'ailleurs la place prise par le problème, à partir de l'angoisse climatique, dans l'esprit de nos contemporains. On peut néanmoins simplifier la description car certains de ces travaux se recoupent, d'autres ont des sources communes.

Parmi ceux que nous avons répertorié dans la sélection correspondante du chapitre précédent, nous en avons choisi cinq, qui présentent des scénarios complets et chiffrés constituant une large gamme de points de vue, de solutions, et d'échelles de temps. Les quatre premiers ont été publiés en 1993, le cinquième est plus ancien mais représente une étape importante dans ces réflexions. En voici la liste, chacun précédé de la date du terme final de ses scénarios et du sigle abrégé dont nous l'avons affublé. Nous en ajoutons en tête un sixième, qui est la synthèse des prévisions de trafic maritime du domaine d'activité.

2000 - trafic maritime (voir chapitre 2 du volume n° 1)

2010 - "AIE/OCDE" - World Energy Outlook - Agence Internationale pour l'Énergie de l'OCDE, 1993 (doc1288)

2020 - "CME" - L'énergie pour le monde de demain - Conseil Mondial de l'Énergie, 1993 (doc1285)

2020 - "Goldemberg" - Énergie pour un monde vivable, José Goldemberg 1987 (doc330)

2050 - "RIGES" - Renewables-Intensive Global Energy Scénario, Thomas B.Johansson, 1993 (doc1286)

2100 - "FFEF" - Towards a Fossil Free Energy Future - Stockholm Environment Institute et Boston Center, 1993 (doc1223)

2000-traffic maritime

Les prévisions de trafics maritimes sont assises sur des prévisions sectorielles à court terme que nous avons examinées au chapitre 2 du volume n° 1. Nous ne reviendrons donc pas sur cette période, autrement qu'en faisant la synthèse des perspectives de trafics maritimes de produits à usage énergétique.

synthèse des prévisions de trafic à court terme

<i>trafic maritime mondial</i>			
Millions de tonnes	1991	1995	2000
pétrole brut	1405	1495	1675
produits énergétiques liquides	271	310	398
Gaz de pétrole liquéfié	34	39	45
Gaz naturel liquéfié	53	60	81
Charbon vapeur	195	229	312
Charbon à coke	173	136	148
total	2129	2269	2658

<i>conversion en équivalent-pétrole</i>			
Millions de TEP	1991	1995	2000
pétrole brut	1430	1522	1705
produits énergétiques liquides	279	319	410
Gaz de pétrole liquéfié	37	42	49
Gaz naturel liquéfié	57	65	87
Charbon vapeur	136	160	218
Charbon à coke	121	95	103
total	2060	2204	2573

sources Drewry

tableau de synthèse

2010·AIE/OCDE

Rapport de l'Agence Internationale pour l'Énergie de l'OCDE, publié en 1993 sous le titre "World Energy Outlook". (doc1288)

Prévisions macro-économiques classiques à base de projections de PIB et d'hypothèses sur les prix.

Un seul scénario chiffré. Calcul des effet d'une taxe sur les émissions de CO₂ (les autres effluents gazeux ne semblent pas pris en compte). Discussion des qualités respectives des taxes et des politiques réglementaires dans la maîtrise de l'énergie, se concluant par la nécessité de combiner les deux mais seule la première semble réellement mise à l'étude.

résultats, par sources d'énergie primaire

Le scénario de référence montre une forte augmentation des consommations énergétiques, sur toutes les sources. Le gaz a la plus forte progression, le nucléaire la plus faible.

demande d'énergie primaire par sources

	1971	1990	2000	2010
charbon	1508	2287	2648	3285
pétrole	2325	3062	3558	4248
gaz naturel	893	1679	1973	2785
nucléaire	29	524	606	692
hydroélectricité	104	187	250	329
geo+autres	6	34	91	142
total	4865	7767	9127	11478

(millions de TEP)

source AIE/OCDE - doc1288

résultats, par régions

Par régions, les pays en développement ont la plus forte croissance, faisant plus que doubler entre 1990 et 2010.

demande d'énergie primaire par régions

	1971	1990	2000	2010
Europe Ouest	1095	1427	1639	1805
USA+Canada	1717	2132	2429	2708
Europe Est	1010	1670	1371	1727
OCDE Asie	328	530	670	803
Asie Sud	72	210	338	563
autre Asie+Pacif	100	330	582	885
Chine	236	633	874	1187
Moyen-Orient	53	238	420	666
Amérique Latine	173	378	502	726
Afrique	82	219	302	408
total	4866	7767	9127	11478

(millions de TEP)

source AIE/OCDE - doc1288

résultats sources/régions

détail sources/régions en 1990

Lieu géographique	charbon	pétrole	gaz naturel	nuclé -aire	hydro -élect.	geo+ aut	total
Europe Ouest	359	603	229	194	38	3	1426
USA+Canada	561	835	495	178	49	14	2132
Europe Est	449	488	639	70	24	2	1672
OCDE Asie	116	286	62	53	11	3	531
*Asie Sud	105	73	23	2	8		211
autre Asie+Pacif	88	179	29	22	7	6	331
Chine	498	113	12		10		633
Moyen-Orient	3	150	84		1		238
Amérique Latine	21	243	73	3	34	5	379
*Afrique	87	92	33	2	5	1	220
total	2287	3062	1679	524	187	34	7773

résultats, par effluents

détail sources/régions en 2010

Lieu géographique	charbon	pétrole	gaz naturel	nucléaire	hydro-élec.	geo+autres	total
Europe Ouest	386	711	425	208	53	21	1804
USA+Canada	692	974	709	207	66	61	2709
Europe Est	367	505	727	94	32	3	1728
OCDE Asie	186	352	143	101	15	6	803
*Asie Sud	275	189	57	12	31		564
autre Asie+Pacif	285	422	102	51	9	16	885
Chine	884	216	41	8	39		1188
Moyen-Orient	5	273	385		3		666
Amérique Latine	47	433	129	9	75	34	727
*Afrique	158	173	67	2	6	1	407
total	3285	4248	2785	692	329	142	11481

(millions de TEP)

source AIE/OCDE - source AIE/OCDE - doc1288

Le plus fort de l'augmentation des émissions de CO2 vient des pays en développement, comme on pouvait s'y attendre.

émission de carbone (millions de tonnes de carbone contenu)

	1971	1990	2000	2010
pays en développement	4062	5877	6829	8606

millions de TEP

source AIE/OCDE - doc1288

2020·CME

Dernier rapport de la Commission du Conseil Mondial de l'Énergie, publié en 1993 sous le titre "L'énergie pour le monde de demain" (doc1285)

Nouveau pour le milieu dont il émane (producteurs d'énergie), notamment par la prise en compte de l'aspect "demande" dans la définition de politiques énergétiques. A noter l'introduction d'un nouveau scénario à "tendances écologiques renforcées".

Approche régionale (8 régions, découpage spécifique CME).

Les quatre scénarios du CME sont définis comme suit (doc1285 page 345)

Cas B - "Référence"

Le cas B de la Commission pour 2020 est une mise à jour (par son auteur initial et l'Unité de gestion du projet) du scénario de croissance économique modérée du rapport "Horizons énergétiques mondiaux 2000-2020" présenté au Congrès du CME à Montréal en 1989. Ce rapport avait été préparé suite à des consultations très larges au sein du CME. Les évolutions récentes dans la Communauté des États indépendants de l'ancienne URSS ainsi que dans les pays d'Europe centrale et orientale sont intégrées dans cette projection. Il en résulte une projection qui indique seulement une légère augmentation de la demande énergétique (6 %) entre 1990 et 2020 dans ces régions, ce qui est très inférieur à ce qui avait été projeté dans le rapport de Montréal. Les

expériences récentes de nombreux pays en développement indiquent une croissance de la consommation d'énergie jusqu'en 1990 plus forte que ce qui avait été projeté dans le rapport de Montréal. Dans l'ensemble, les projections pour la zone de l'OCDE sont inchangées. Au total, ces changements donnent une réduction nette marginale de la demande énergétique globale d'ici 2020 (une réduction de 13,5 à 13,4 Gtep) par rapport à ce qui avait été présenté au congrès de Montréal.

Pour les différents combustibles, on note une augmentation significative de l'utilisation du gaz naturel (3,0 Gtep¹ au lieu de 2,4 Gtep) et des "nouvelles" sources d'énergie renouvelable (0,5 Gtep au lieu de 0,37 sur la base des travaux du comité du CME sur les sources d'énergie renouvelable) et une réduction de l'utilisation du charbon et du nucléaire (3,0 Gtep au lieu de 4,05 Gtep et 0,8 Gtep au lieu de 1,1 Gtep, respectivement) par rapport aux estimations de Montréal.

Trois autres cas ont été développés. Il faut souligner qu'aucun d'entre eux ne peut être décrit comme le fait "d'agir comme auparavant" car ils supposent tous une certaine amélioration par rapport aux chiffres des performances passées.

Cas A- "Croissance élevée"

Le cas A suppose une croissance économique plus forte dans les pays en développement, 1 % par an de plus que dans le cas B. L'amélioration de l'intensité énergétique est aussi un peu plus faible que dans le cas B (1,6 % par an au lieu de 1,9 %). Ces changements feraient monter la demande mondiale à environ 17,2 Gtep. Du côté de la demande, cela conduirait à une utilisation accrue de tous les combustibles (à l'exception de l'énergie "traditionnelle").

Cas B1- "Référence modifiée"

Le cas B1 est une variante du cas B. Il suppose des résultats moins bons pour l'amélioration de l'intensité énergétique dans les pays d'Europe centrale et de l'orientale et de la CEI ainsi qu'un ralentissement et un retard spectaculaire de cette amélioration dans les pays en développement.

Cas C - "Dominante écologique"

Le cas C suppose une amélioration de l'intensité énergétique plus importante que dans le cas B (2,4 % par an au lieu de 1,9 % par an) ce qui réduit la demande énergétique globale à 11,3 Gtep d'ici 2020. En outre, il suppose une plus grande contribution des "nouvelles" sources d'énergie renouvelable (1,4 Gtep au lieu de 0,6 Gtep, chiffres du Comité du CME sur les sources d'énergie renouvelable) et une contribution moins importante de toutes les autres sources, surtout du charbon.

¹ milliards de TEP

résultats, par source d'énergie primaire

énergie primaire

source d'énergie	1990	2020			
		cas A	cas B	cas B1	cas C
charbon	2319	4852	3035	3814	2128
pétrole	2773	4594	3769	4532	2898
gaz naturel	1718	3648	2977	3561	2486
nucléaire	441	982	793	981	693
hydroélectricité	464	999	920	987	661
renouvelables anciennes	930	1323	1323	1323	1060
renouvelables nouvelles	166	810	542	810	1347
toutes formes	8811	17208	13359	16008	11273

(millions de TEP)

source CME - doc1285

indices d'évolution

source d'énergie	1990	2020			
		A/90	B/90	B1/90	C/90
charbon	2319	209	131	164	92
pétrole	2773	166	136	163	105
gaz naturel	1718	212	173	207	145
nucléaire	441	223	180	222	157
hydroélectricité	464	215	198	213	142
renouvelables anciennes	930	142	142	142	114
renouvelables nouvelles	166	488	327	488	811
toutes formes	8811	195	152	182	128

résultats, par régions

énergie primaire

Lieu géographique		1990	2020			
			cas A	cas B	cas B1	cas C
Amérique du Nord	AMN	2157	2444	2337	2338	1829
Amérique latine	AML	577	2231	1397	2104	1307
Europe occidentale	EUO	1462	1814	1726	1725	1319
Europe centrale et orientale	EUE	1739	2034	1848	2399	1531
Moyen-Orient et Af. du Nord	MO+AfN	317	1296	864	1134	791
Afrique subsaharienne	AFsub	266	1279	690	1053	608
Asie Est+Océanie	ASe+OCE	1843	4258	3482	3795	2988
Asie du Sud	ASsud	446	1852	1015	1460	900
Monde	TOT	8807	17208	13359	16008	11273

(millions de TEP)

source CME - doc1285

le découpage géographique est celui du Conseil Mondial de l'Énergie

indices d'évolution

Lieu géographique		1990	2020			
			A/90	B/90	B1/90	C/90
Amérique du Nord	AMN	2157	113	108	108	85
Amérique latine	AML	577	387	242	365	227
Europe occidentale	EUO	1462	124	118	118	90
Europe centrale et orientale	EUE	1739	117	106	138	88
Moyen-Orient et Af. du Nord	MO+AF	317	409	273	358	250
Afrique subsaharienne	AFsub	266	481	259	396	229
Asie Est+Océanie	ASe+O	1843	231	189	206	162
Asie du Sud	ASud	446	415	228	327	202
Monde	TOT	8807	195	152	182	128

Émissions de soufre, d'azote et de carbone (cas B)

	soufre(2)		azote(2)		carbone(3)	
	1990	2020	1990	2020	1990	2020
Amérique du Nord	12,1	5,8	5,5	3,2	1,55	1,49
Amérique latine	3,2	7,1	1,4	2,7	0,26	0,68
Europe occidentale	10,4	4,5	3,7	2,3	1	1,06
Europe centrale et orientale	3,9	2,2	1	0,7	0,25	0,23
CEI	12,4	7,4	4	2,9	1,08	1,03
Moyen-Orient et Afrique du Nord	2,2	4,9	1	2	0,22	0,59
Afrique subsaharienne	1,9	4,4	0,7	1,6	0,11	0,31
Pacifique	15,1	22,2	5,7	9,1	1,27	2,43
(dont APC)	6,9	14,4	3,2	6,3	0,72	1,56
Asie du Sud	3,4	7,5	1,1	2,4	0,2	0,55
Monde	64,6	66,1	24	27	5,9	8,37

2 Les émissions sont calculées en millions de tonnes métriques de soufre et azote élémentaires

3 Les émissions sont calculées en milliards de tonnes métriques de carbone élémentaire

source CME - doc1285

2020·Goldemberg

Scénario "Énergie pour un monde vivable", publié en 1987 par José Goldemberg et autres(doc330). C'est à la fois un ouvrage précurseur et un point de repère rappelant les niveaux de réflexion précédents.

Entièrement basé sur les évolutions et les potentiels technologiques, et non sur les politiques. Volontariste en terme d'introduction des technologies, mais pas sur leur existence et leur usages potentiels.

Forte composante de coopération internationale devant permettre les "raccourcis technologiques" aux PVD. Hypothèses optimistes sur le rôle du marché et des "institutions".

Equilibres globaux, dont la cohérence avec les réalisations possibles dans une région ou un pays n'a pas été recherchée. En compensation, l'analyse

indique que les solutions pour un avenir énergétique vivable sont "en cohérence avec les solutions aux autres grands problèmes mondiaux".

Scénario de rééquilibrage mondial des consommation d'énergie, conduisant à une consommation mondiale à peine plus élevée que celle de la fin des années quatre-vingt, et un renversement total de la part des pays en développement et des pays industrialisés, sans toutefois aboutir à un rééquilibrage par "habitant".

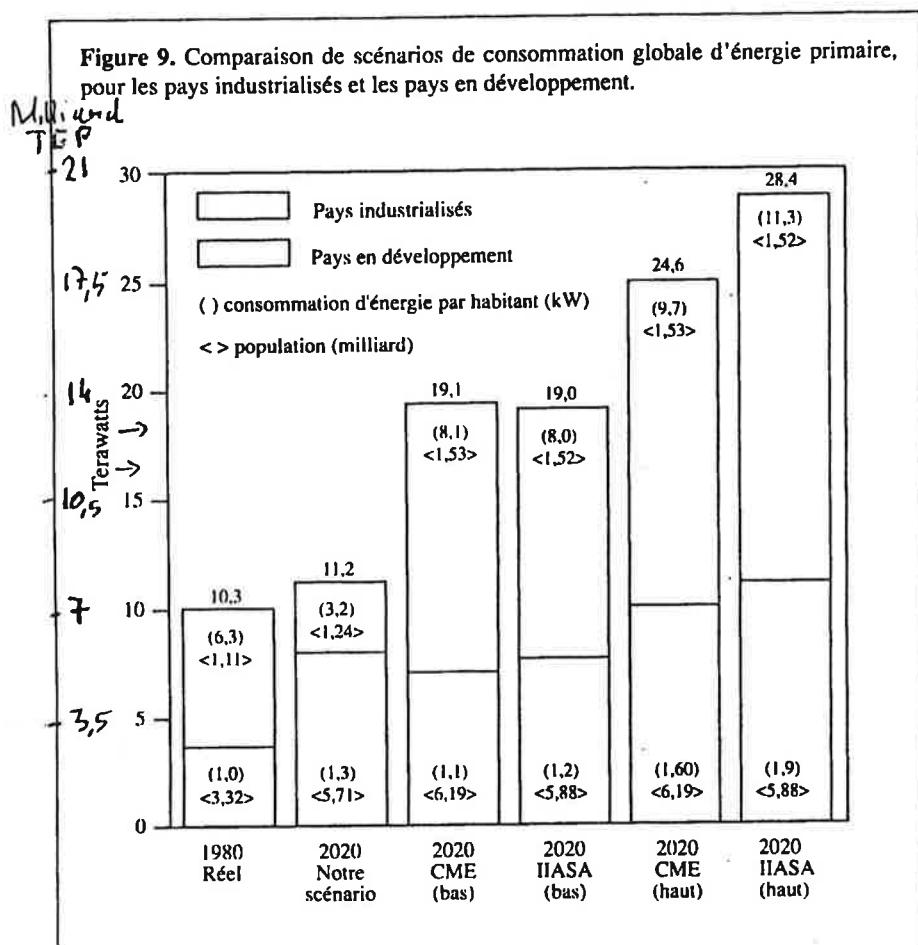
En conclusion : "au lieu d'un monde qui, en 2020, consommerait trois à quatre fois plus d'énergie qu'aujourd'hui, nous avons démontré que le niveau actuel de la consommation serait suffisant pour maintenir les niveaux de vie actuels des pays développés et accroître considérablement ceux des populations des pays en développement".

L'analyse ne cherche pas à définir un avenir énergétique vivable à plus long terme (pas au-delà de 2020)... C'est un scénario de la transition, dont les hypothèses restent valables malgré son ancienneté.

En comparaison, les visions prospectives plus anciennes de l'IIASA¹ et de la CME², (citées par Goldemberg - graphique page suivante), et les évaluations modérées (pour l'époque) de la croissance énergétique qu'elles présentaient paraissent maintenant très excessives.

¹ W.Haefele et al.- Energy in a Finite World - a Global System Analysis ; Cambridge, Massachussets, Ballinger, 1981

² Energy 2000-2020: World Prospects and Regional Stresses, J.R.Frish, Londres, Graham et Trotman, 1983.



source Goldemberg - doc330

2050-RIGES

RIGES (Renewables-Intensive Global Energy Scénario) - Thomas B.Johansson, Henry Kelly, Amulya K.N. Reddy, Robert H. Williams (doc1286).

signification du scénario

Le scénario RIGES a été élaboré pour mieux comprendre les perspectives des énergies renouvelables dans un contexte global et identifier des marchés potentiels pour les technologies renouvelables en 2025 et 2050, en supposant que des politiques nationales permettent de lever les barrières du marché entravant leur développement.

Ses auteurs n'ont pas développé de scénario "indépendant" concernant la demande d'énergie. Ils ont repris les scénarios globaux élaborés par le

RSWG (Response Strategies Working Group) de l'IPCC¹, variantes "croissance économique soutenue" et "politiques accélérées" (cette dernière devant démontrer les effets de politiques qui stimuleraient l'adoption de technologies de maîtrise de l'énergie sans réduire la croissance économique), en observant la répartition entre combustibles liquides, solides, gazeux et électricité et ont élaboré un scénario de "production" permettant d'y répondre.

Ce travail, qui comporte une analyse complète des différentes technologies, dépasse la période de transition pour dresser de la tranche suivante (1925 à 1950) un tableau d'une précision exceptionnelle - et qui reste réaliste en ce sens qu'il s'appuie essentiellement sur les technologies déjà inventées, et les avancées importantes réalisées au cours des dix dernières années dans les domaines de l'électronique, des biotechnologies, etc.

Dans la construction du scénario, il a été considéré que les technologies renouvelables captureront les marchés à chaque fois que l'on peut prouver de façon plausible que les énergies renouvelables ne sont pas plus chères que les alternatives conventionnelles, sur la base d'une analyse de coûts sur le cycle de vie, et que l'utilisation des renouvelables aux niveaux indiqués n'engendrera des problèmes écologiques, d'utilisation des sols, ou autres.

Résultats globaux

Si les énergies renouvelables sont soutenues de façon correcte, elles pourront répondre à une bonne partie de l'augmentation de la demande d'énergie à des prix plus bas que ceux généralement prévus pour les énergies conventionnelles.

D'ici la moitié du 21ème siècle, les sources d'énergie renouvelables pourraient représenter 3/5ème du marché de l'électricité et 2/5ème du marché des "combustibles utilisés directement".

En 2050, les émissions de CO₂ représenteraient 75% des émissions de 1985.

La consommation totale de ressources renouvelables atteint alors un niveau équivalent à 318 Exajoules de combustibles fossiles - ce qui

¹ International Panel on Climate Change - voir titre 3.1.2 du premier volume

correspond à la consommation actuelle d'énergie - mais ne représente que 0,01% des 3,8 millions d'exajoules d'énergie solaire qui atteignent la surface terrestre chaque année.

l'électricité

L'électricité est un bon vecteur des économies modernes (augmentation plus rapide que pour les "usages directs". (dans le scénario IPCC - AP, la demande moyenne d'électricité par habitant augmente de 70% entre 1985 et 2050, alors que l'utilisation directe décroît de 30%).

Les changements que subissent les compagnies d'électricité, renforcés par les contraintes réglementaires de réduction des émissions, créent un climat d'investissement favorable pour les énergies renouvelables.

Point important : l'identification d'alternative à l'utilisation du charbon. Il a notamment été complètement remplacé dans ses usages de production d'électricité au milieu du siècle prochain dans les régions où la production d'électricité à partir de la biomasse est une option. La part du charbon dans la production d'électricité passe de 40% en 1985 à 11% en 2025 et 6% en 2050).

Le pétrole n'est plus utilisé dans la production d'électricité, mais on a davantage recours au gaz. La part d'électricité produite par le gaz passe de 12% en 1985 à 23% et 25% en 2025 et 2050, respectivement.

La biomasse représentera 17 à 18% de la production d'électricité entre 2025 et 2050.

Dans l'ensemble, les énergies renouvelables intermittentes assurent 22% et 30% de la production d'électricité en 2025 et 2050, avec des variations régionales.

La flexibilité du système de production électrique basé sur les énergies renouvelables intermittentes reste assuré par le gaz et l'hydrogène.

les combustibles d'utilisation directe

L'utilisation de combustible pour d'autres usages que l'électricité représentait 65% de la consommation d'énergie primaire en 1985. Charbon, gaz, pétrole, utilisés directement dans les transports et pour la fourniture de chaleur, industrielle ou domestique (chauffage des locaux).

Dans le scénario RIGES, une attention particulière a été portée aux combustibles liquides et gazeux. La demande de combustibles liquides utilisés directement représentait plus de la moitié de la consommation

de combustible en 1985, et devrait augmenter de 11%, notamment dans les transports.

Les principaux "candidats" renouvelables sont : l'éthanol, le méthanol, l'hydrogène produit à partir de la biomasse et l'hydrogène produit par électrolyse en utilisant les énergies non renouvelables pour la production d'électricité. L'hydrogène, produit à partir de la biomasse ou de la captation de l'énergie solaire, peut se substituer aux combustibles fossiles dans tous leurs usages. Il peut aussi réutiliser les systèmes de transport de gaz, conduites comme véhicules de transport terrestre et maritime. Sa production pourrait approcher 600 millions de TEP en 2025 et dépasser 900 en 2050.

Au début du 21ème siècle, ces combustibles seront encore plus chers que le pétrole. Mais lorsque les carburants alternatifs seront intégrés dans un système conçu et optimisé pour leur utilisations, les performances économiques seront meilleures que lorsqu'il s'agit d'une simple substitution de carburants au niveau d'un véhicule conçu pour fonctionner à l'essence. Les changements seront donc opérés au niveau des carburants et des véhicules eux-mêmes.

Ces changements n'affecteront pas seulement les compagnies pétrolières et l'industrie automobile, deux des plus grands secteurs économiques, mais le recours à un nouveau type de carburants aura également des répercussions sur les infrastructures (stations service, "pipelines", stockage, etc.)

Au stade suivant, la conception des véhicules devrait subir des changements plus radicaux. A l'heure actuelle, c'est le véhicule à batterie électrique qui a le plus fait parler de lui. Son marché reste limité en l'absence de percée technologique concernant les batteries. Les véhicules à pile à combustible sont au début de leur développement, mais représente une alternative intéressante aux véhicules à batterie électrique. Sous réserve de développements technologiques qui restent à confirmer, on suppose qu'à court terme les carburants alternatifs les plus importants seront le méthanol et l'éthanol utilisés comme substitut dans les moteurs à combustion. Dans le plus long terme, on se tournera sans doute plutôt vers les véhicules à pile à combustible à l'hydrogène ou au méthanol.

la biomasse

La biomasse doit être produite de façon soutenable, sans aucun prélèvement sur les forêts vierges. 62% de l'offre proviendrait de plantations implantées sur des terres dégradées, ou, dans les pays industrialisés, sur des terres agricoles déclassées. 32% proviendrait de résidus de l'agriculture et de l'exploitation forestière. Les 6% restants proviendraient de forêts actuellement exploitées pour le bois d'œuvre, la pâte, ou le bois de feu.

Le scénario nécessiterait 400 millions d'hectares de "plantation de biomasse" d'ici le second quart du 21ème siècle.

les conditions de réalisation

"Le potentiel d'énergies renouvelables ne se réalisera cependant pas, à moins que la régulation et les incitations régissant les marchés de l'énergie existant ne soient changés. Le niveau relativement faible d'investissement dans le monde au profit des renouvelables, l'inertie des systèmes actuels, et la difficulté de garantir les investissements en périodes de marchés restreints et incertains, tous ces facteurs ralentissent le coefficient de pénétration des énergies renouvelables sur le marché".

Les pays industrialisés ont un rôle majeur à jouer dans ce domaine. S'ils n'incluent pas les énergies renouvelables aux centres de leur programmes énergétiques et n'appuient ces choix grâce à des réformes politiques et de ressources, un recours aux énergies renouvelables au niveau mondial n'aura que peu de crédibilité.

Tout ceci implique l'introduction de nouveaux choix et d'une nouvelle concurrence, l'échange accru de combustibles renouvelables et la diversification des producteurs et des produits échangés, avec effet stabilisateur sur les prix et les approvisionnements.

production d'énergie primaire, par source

	1985	2025	2050
pétrole	2993	1794	1515
gaz naturel	1522	2186	2531
charbon	2113	2084	1385
biomasse	0	3398	4831
hydro-électricité	481	965	1225
solaire	0	1191	2451
total	7109	11617	13938

^(millions de TEP)

source RIGES - doc 1286

2100·FFEF

"Towards a Fossil Free Energy Future" (The Next Energy Transition) est un scénario réalisé pour GreenPeace International par le Stockholm Environment Institute et le Boston Center en 1993 (doc1223)

Il permet de montrer que l'on peut se passer du nucléaire (en 2010) et des combustibles fossiles en 2100 (ceci étant le résultat de l'introduction d'une contrainte, et non d'une analyse coût/bénéfice ou de la modélisation d'une substitution des combustibles fossiles).

Les données sur la croissance économique et autres paramètres généraux sont reprises de l'OCDE. La modélisation de l'évolution climatique utilise un modèle "STUGE" sur lequel nous n'avons pas plus d'information. Les hypothèses sur l'épuisement des ressources sont fondées sur les données courantes.

Le scénario permet en gros d'atteindre en 2005 la réduction de 20% des émissions de CO₂ sur laquelle s'étaient accordés les pays industrialisés dans le cadre de la conférence de Toronto en 1988. (la plupart des pays industrialisés se sont engagés à réduire ou stabiliser leurs émissions à cet horizon).

C'est grâce à un accroissement de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie que la réduction des émissions pourra se faire d'ici 2030. Le scénario s'appuie sur une analyse des secteurs de consommation (notamment les productions industrielles énergivores - sidérurgie, pâtes et papiers, textiles, ciment, etc.) en y affectant des facteurs d'amélioration des consommations.

Pour le secteur des transports, le scénario fait une modélisation en plusieurs étapes, pour répondre aux objectifs de l'étude et éliminer totalement les combustibles fossiles en 2100.

Rééquilibrage de la consommation mondiale : le Sud rattrape le Nord à l'horizon 2030, période à laquelle la consommation mondiale est quasiment ramenée à son niveau de 1988.

Après 2030, les énergies fossiles sont progressivement éliminées par les énergies nouvelles

L'élimination des combustibles fossiles en 2100 ne peut étonner, puisque c'est l'hypothèse qu'exploré le scénario. Les combustibles fossiles commencent leur régression dès le début du siècle, sauf le gaz qui compense partiellement les autres jusqu'en 2010. Ensuite, l'expansion

des énergies nouvelles n'est pas assez rapide pour éviter une régression globale de la production énergétique en 2030, suivie de la reprise de la croissance.

production d'énergie primaire, par source

	1988	2000	2010	2030	2100
pétrole	2722	2628	2182	1384	0
charbon	2182	2182	1994	657	0
gaz naturel	1525	2252	2464	1337	0
hydro+géothermique	540	610	657	704	657
biomasse	516	892	1220	2135	4247
solaire+éolienne	0	469	845	2769	18254
nucléaire	446	282	0	0	0
TOT	7931	9291	9385	9010	23158

(millions de TEP)

source FFEF - doc 1223

Pour la production d'électricité, les combustibles fossiles atteignent un plafond en 2030, puis laissent progressivement la place aux sources nouvelles, dominées par le solaire.

production d'électricité, par source

	1988	2000	2010	2030	2100
hydro+géothermique	181	235	277	357	357
solaire+éolienne	0	35	68	699	1950
biomasse	2	9	49	246	465
nucléaire	150	106	0	0	0
cogénération	2	167	225	340	777
fossile	596	793	1011	357	0
total	931	1344	1631	2001	3548

(Twh)

source FFEF - doc 1223

Évolution des émissions de gaz à effet de serre

	1988	2000	2010	2020	2030	2100
AFR	0,16	0,23	0,26	0,19	0,16	0
CPA	0,65	0,98	1	0,69	0,46	0
EE	0,31	0,29	0,24	0,16	0,12	0
JANZ	0,32	0,3	0,25	0,18	0,13	0
LA	0,22	0,27	0,28	0,2	0,17	0
ME	0,16	0,2	0,21	0,17	0,14	0
SEA	0,34	0,53	0,59	0,44	0,32	0
US	1,28	1,13	0,97	0,65	0,33	0
USSR	0,88	0,85	0,73	0,52	0,4	0
WE	1,01	0,9	0,74	0,5	0,33	0
TOTAL	5,34	5,68	5,26	3,69	2,55	0
North	3,81	3,47	2,92	2,01	1,31	0
South	1,53	2,21	2,33	1,69	1,24	0

milliards de tonnes métriques de carbone élémentaire

source FFEF - doc1223

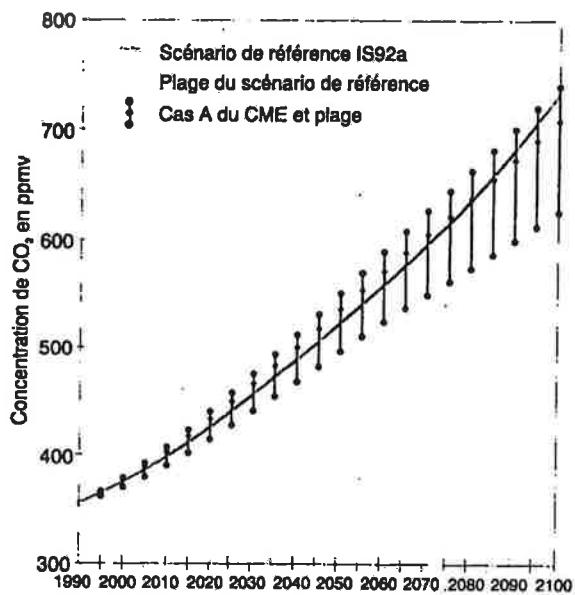
après 2100 ?...

Faut-il et peut-on regarder au delà du XXI^e siècle pour prévoir les trafics maritimes des années et décennies prochaines ?

L'examen des situations imaginées jusqu'à 2100 par nos scénaristes les plus aventureux montre que les limites de l'analyse des systèmes socio-économiques, même avec intégration de composantes environnementales, sont dépassées. Mais peut-on s'en tenir à une perspective d'un siècle lorsqu'on modifie un système climatique dont certains rythmes sont incomparablement plus longs ? Les modèles climatiques actuels permettent de calculer, avec une évaluation de leur propre incertitude, l'évolution de paramètres climatiques jusqu'en 2100 en fonction de la prolongation des trois scénarios énergétiques de la CME. Les graphiques ci après illustrent ces évolutions, et donnent en même temps une image dynamique de la situation climatique à l'orée du XXII^e siècle. La première impression est que le seul scénario qui donne l'image d'un monde viable pour ce XXII^e siècle est celui du "cas C". Il semble aussi que les modèles climatiques commencent à atteindre une capacité prédictive susceptible d'influer de plus en plus directement sur les prises de décisions actuelles. Ce qui signifie que ces images très lointaines peuvent effectivement avoir une influence sur les trafics des temps relativement proches...

les scénarios qu'illustrent les graphiques ci-dessous (doc1285 pages 363 à 367) utilisent les modèles climatiques de l'IPCC, avec les paramètres des scénarios A, B et C de la CME prolongés jusqu'en 2100. Le scénario B1 que nous avons décrit n'a pas été prolongé, mais on peut se référer au scénario A qui en est très proche. Le scénario de référence IS92A de l'IPCC qui figure sur les graphiques est décrit sous le titre 3.1.2 du chapitre 3

cas A- CO2

Figure E.1 Concentrations de CO₂ dans l'atmosphère

cas A - température

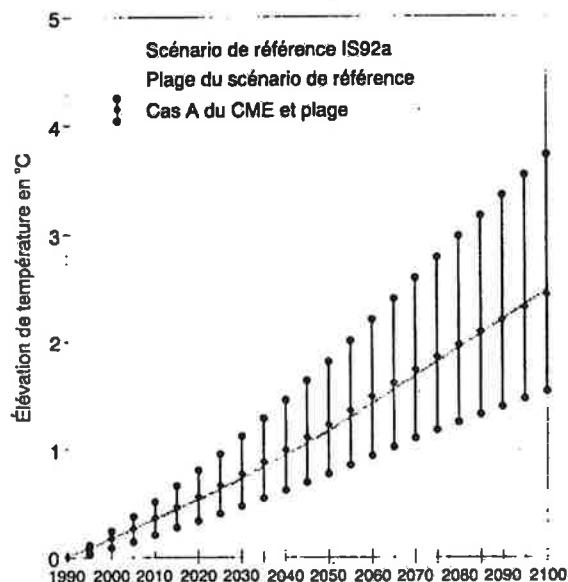


Figure E.5 Élévation de la température moyenne globale

cas B - CO₂

Figure E.1 Concentrations de CO₂ dans l'atmosphère

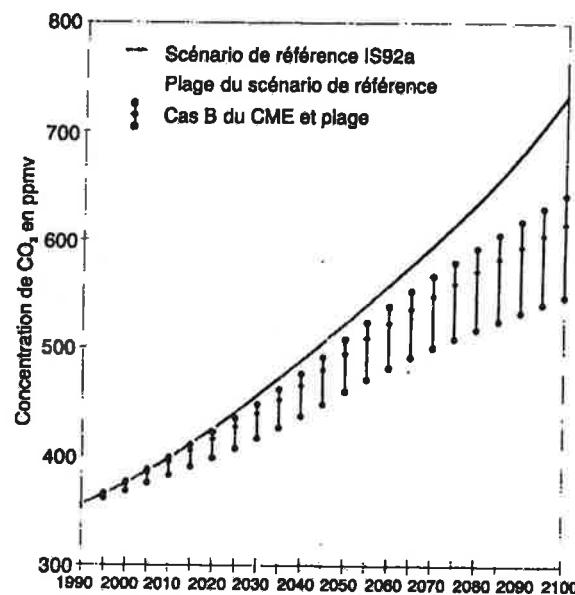


Figure E.2 Concentrations de CO₂ dans l'atmosphère

cas B - température

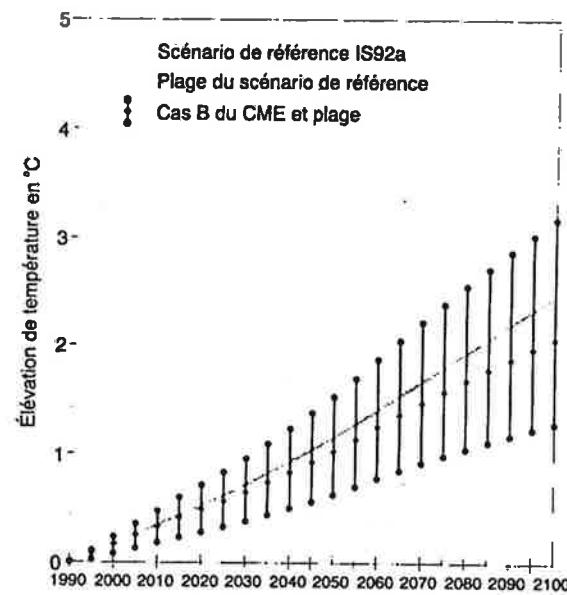


Figure E.6 Élévation de la température moyenne globale

cas C - CO₂

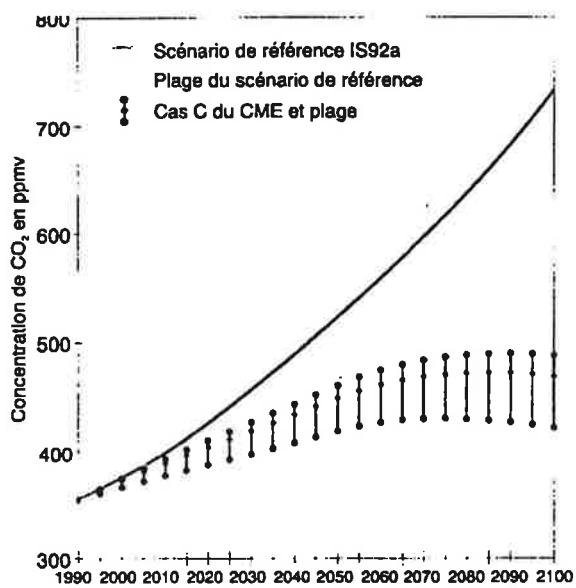


Figure E.3 Concentrations de CO₂ dans l'atmosphère

cas C - température

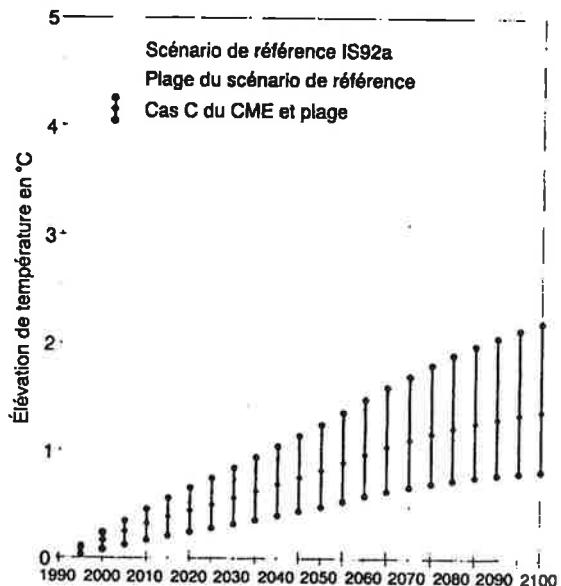


Figure E.7 Élévation de la température moyenne globale

2.5.2. synthèse des scénarios énergétiques

convergences et divergences

Sur le plan qualitatif, le rapprochement des scénarios que nous avons étudiés fait apparaître des points communs, mais aussi des différences, que l'on peut résumer comme suit.

tendances et convergences

- prise en compte du risque climatique (CO2 et autres gaz à effet de serre)
- baisse des prévisions globales depuis les premiers scénarios
- émergence des énergies renouvelables nouvelles
- dissociation PNB/croissance énergétique
- effacement ou discrétion des solutions nucléaires
- affirmation de l'idée d'une nécessaire transition vers "autre chose" à très long terme

divergences

Sans trop caricaturer, on peut distinguer dans les scénarios l'interférence de deux types fondamentaux d'attitudes (que nous appellerons "x" et "y") à l'égard d'un avenir incertain et quelque peu inquiétant.

- présence (y) ou absence (x) d'une vision à très long terme
- attention forte (y) ou faible (x) à la réduction des écarts entre pays développés et pays en développement
- au niveau des moyens, stratégies énergétiques avec contraintes fortes (y), ou simple taxe sur les énergies fossiles (x)
- appréciation de l'urgence de la question climatique : l'incertitude scientifique est-elle une raison d'agir sans tarder (y), ou au contraire d'attendre d'en savoir plus (x) ?
- en corollaire, visions contradictoires de la transition : est-elle faite pour attendre que l'on ait mis au point des solutions nouvelles (x), ou pour engager dès maintenant celles qui existent déjà ?(y)

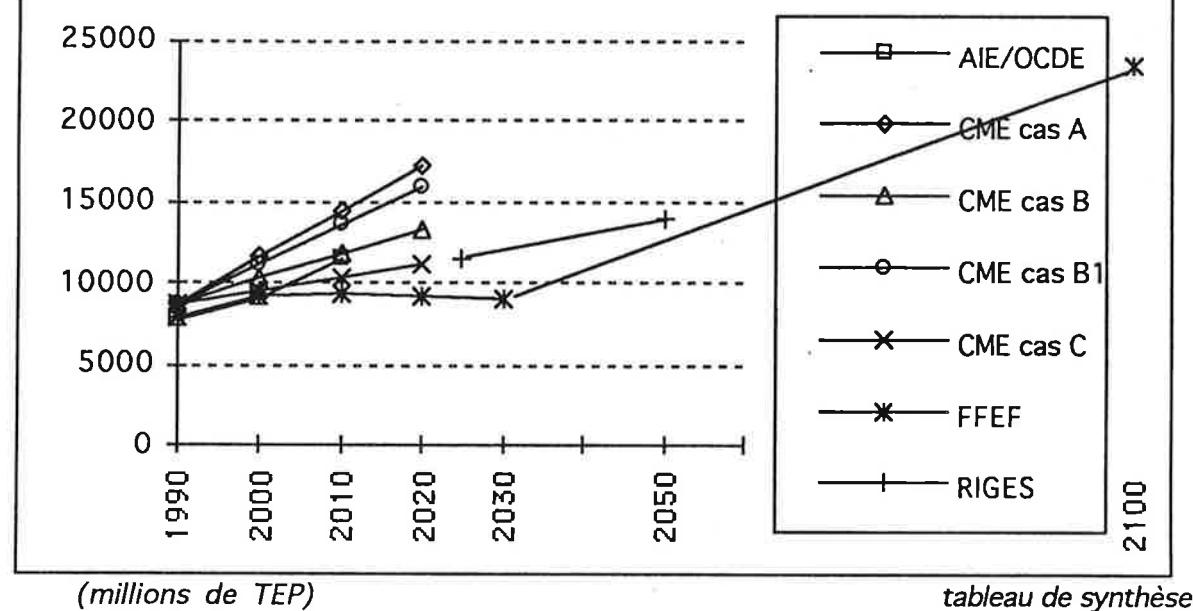
les chiffres - confrontation des scénarios

Convergences et divergences se reflètent dans les chiffres. Les tableaux et graphiques ci-après résument les plus significatifs.

production primaire énergétique totale

	1990	2000	2010	2020/5	2030	2050	2100
AIE/OCDE	7767	9127	11478				
CME cas A ¹	8811			17208			
CME cas B	8811			13359			
CME cas B1	8811			16008			
CME cas C	8811			11273			
FFEF	7931	9291	9385		9010		23158
RIGES	7931			11617		13938	

production primaire énergétique totale

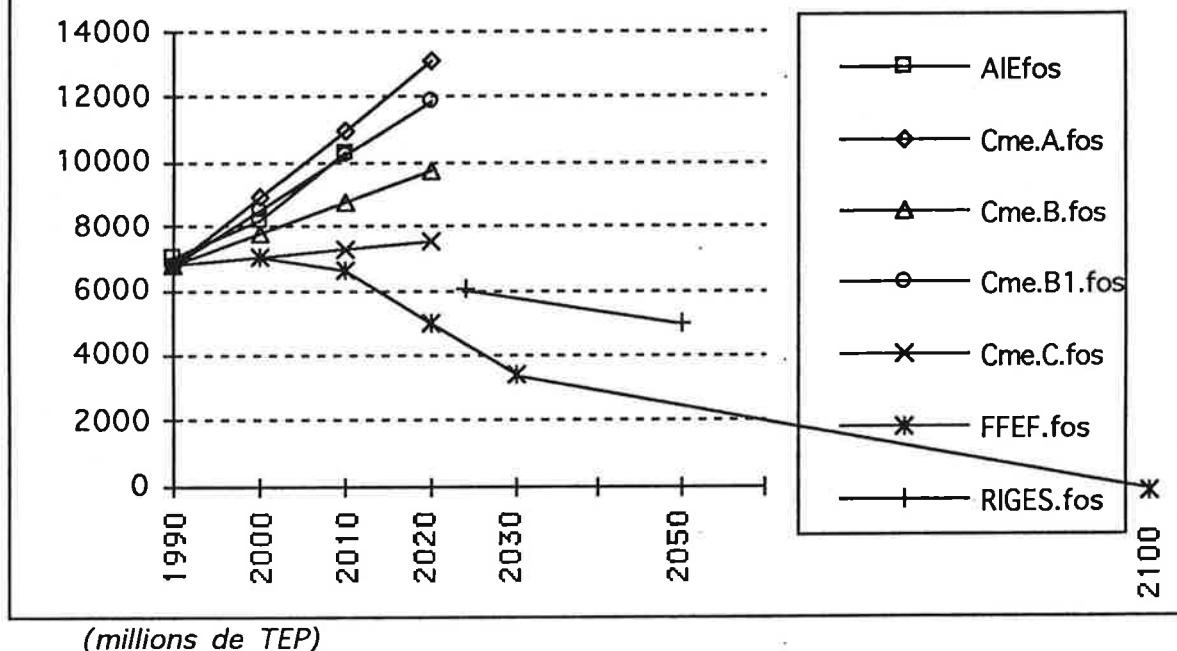


¹ Les chiffres 1990 de la CME sont supérieurs, parce qu'ils tiennent compte des utilisations énergétiques actuelles de la biomasse (bois de feu etc.), et probablement aussi par la prise en compte d'installations locales telles que petites centrales hydroélectriques.

production primaire - combustibles fossiles

	1990	2000	2010	2020/5	2030	2050	2100
AIE/OCDEfos	7028	8179	10318				
Cme.A.fos	6810			13094			
Cme.B.fos	6810			9781			
Cme.B1.fos	6810			11907			
Cme.C.fos	6810			7512			
FFEF.fos	6810	7062	6640		3378		0
RIGES.fos	6810			6100		4958	

production primaire - combustibles fossiles



(millions de TEP)

deux familles de scénarios

Les convergences sont évidentes si l'on observe l'évolution générale de la prise en compte de l'avenir planétaire dans la conception des politiques énergétiques¹. La perspective historique que permet le scénario Goldemberg le montre bien.

¹ il y a comme toujours des penseurs ou essayistes à contre-courant, mais l'impact de ceux qui nient franchement certains risques (effet de serre, couche d'ozone) en s'appuyant sur l'incertitude scientifique et sur l'existence de lobbies paraît être devenu assez faible.

Les divergences que nous avons schématisées par les attitudes "x" et "y" interviennent entre les 5 travaux étudiés, mais aussi au sein de chacun d'eux et en particulier entre les divers scénarios qu'ils décrivent.

Au total, et pour l'objet que nous poursuivons ici, on peut grouper les scénarios étudiés en deux familles,

- la famille "X" contient le scénario de l'AIE-OCDE et les scénarios A et B1 de la CME, ainsi que les prévisions de trafics énergétiques de DREWRY et JAMRI
- la famille "Y" contient le scénario C de la CME, et les scénarios FFEF, RIDGES et Goldemberg.

Reste le scénario B de la CME, qui navigue entre les deux groupes, comme il se doit pour un "scénario de référence". On remarquera néanmoins qu'il recoupe largement la famille "Y", alors qu'il est nettement séparé de la famille "X". Ceci fait supposer que la conscience des limites planétaires commencent à imprégner sérieusement les visions les plus "standard" de l'avenir.

Nous avons dit que les prévisions de trafics maritimes de produits énergétiques que nous avons analysées se classaient assez nettement dans la "famille X" des scénarios de croissance. Ceci confirme le diagnostic qualitatif que nous portions à la fin du chapitre 2 du volume n°1 à propos des prévisions sectorielles sur lesquelles s'appuient très généralement les prévisions de trafic.

les deux scénarios de synthèse

Les chiffres et graphiques que nous avons présentés confirment l'analyse des hypothèses et choix qui sous-tendent les scénarios. Ils se groupent de manière assez évidente pour nous autoriser à dessiner deux scénarios de synthèse, avec un simple lissage de l'information. Les trafics seront examinés un peu plus loin.

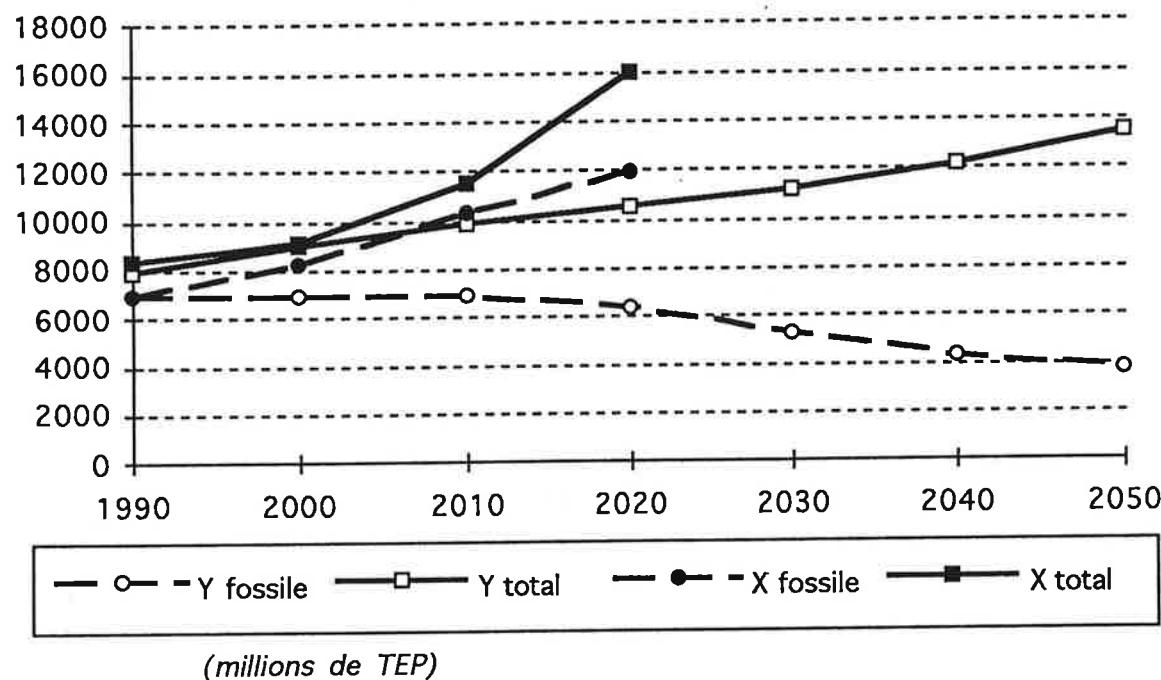
Le scénario de synthèse "X" est celui de la croissance, les préoccupations climatiques semblent remises à plus tard (si le temps le permet, bien sûr...)

Le scénario de synthèse "Y" est celui de la reconversion, à engager d'autant plus vite qu'elle sera longue à effectuer.

scénarios X et Y, vue générale

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
X et Y							
Y énergies fossiles	6919	6931	6853	6323	5276	4290	3685
Y énergie totale	7931	8928	9815	10542	11208	12157	13494
X énergies fossiles	6919	8179	10318	11907			
X énergie totale	8289	9127	11478	16008			

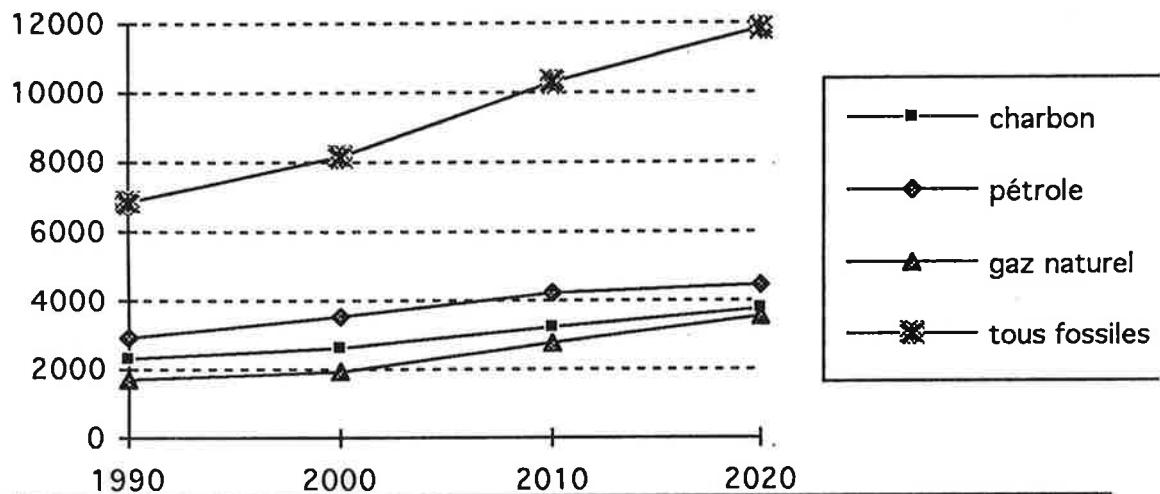
scénarios X et Y



Les tableaux et graphiques de la page suivante donnent le détail des combustibles fossiles dans les scénarios X et Y, en millions de TEP.

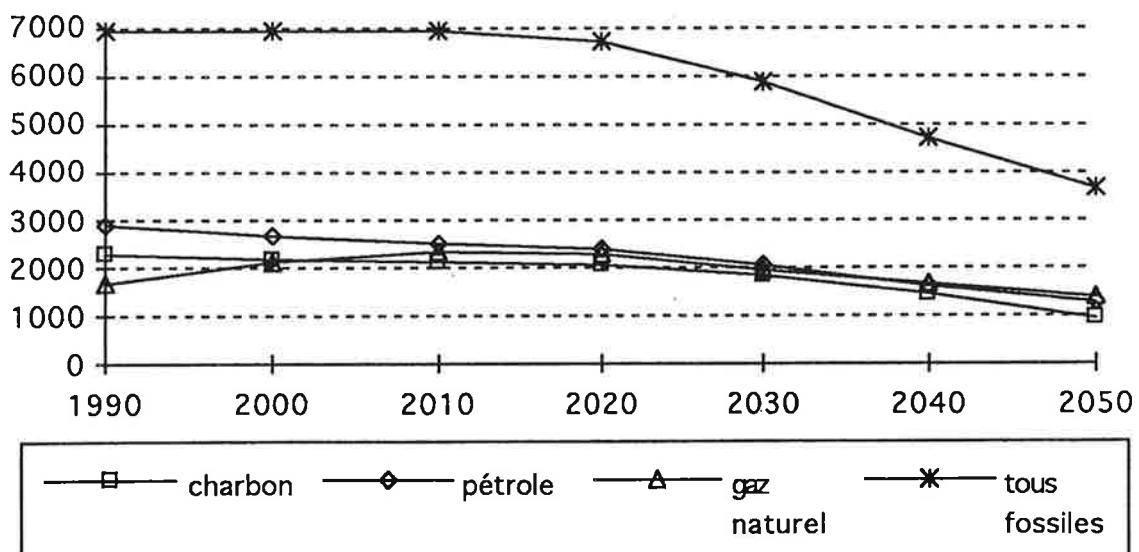
scénario X	1990	2000	2010	2020
charbon	2303	2648	3285	3814
pétrole	2918	3558	4248	4532
gaz naturel	1698	1973	2785	3561
tous fossiles	6919	8179	10318	11907

scénario X - combustibles fossiles



scénario Y	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
charbon	2303	2177	2054	1847	1521	1204	973
pétrole	2918	2642	2483	2292	1914	1530	1302
gaz naturel	1699	2112	2315	2184	1841	1556	1411
tous fossiles	6919	6931	6853	6323	5277	4290	3685
	7931	8928	9815	10439	10587	10400	10186

scénario Y - combustibles fossiles



2.5.3. retour aux trafics maritimes

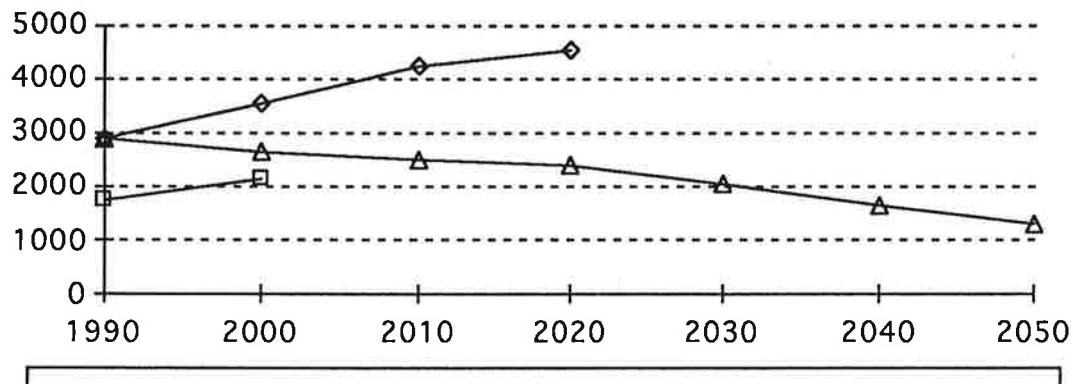
Les perspectives de trafics maritimes de produits énergétiques seront étudiées à la fin de ce chapitre, avec l'ensemble des autres trafics. Nous donnons seulement ici la mise en regard des trafics maritimes avec les scénarios de synthèse X et Y, produit par produit, puis le tableau synoptique détaillé des scénarios utilisés. Toutes les quantités sont exprimées en équivalent-pétrole, pour rester cohérent avec l'ensemble du chapitre.

trafics et scénarios X et Y

pétrole et dérivés

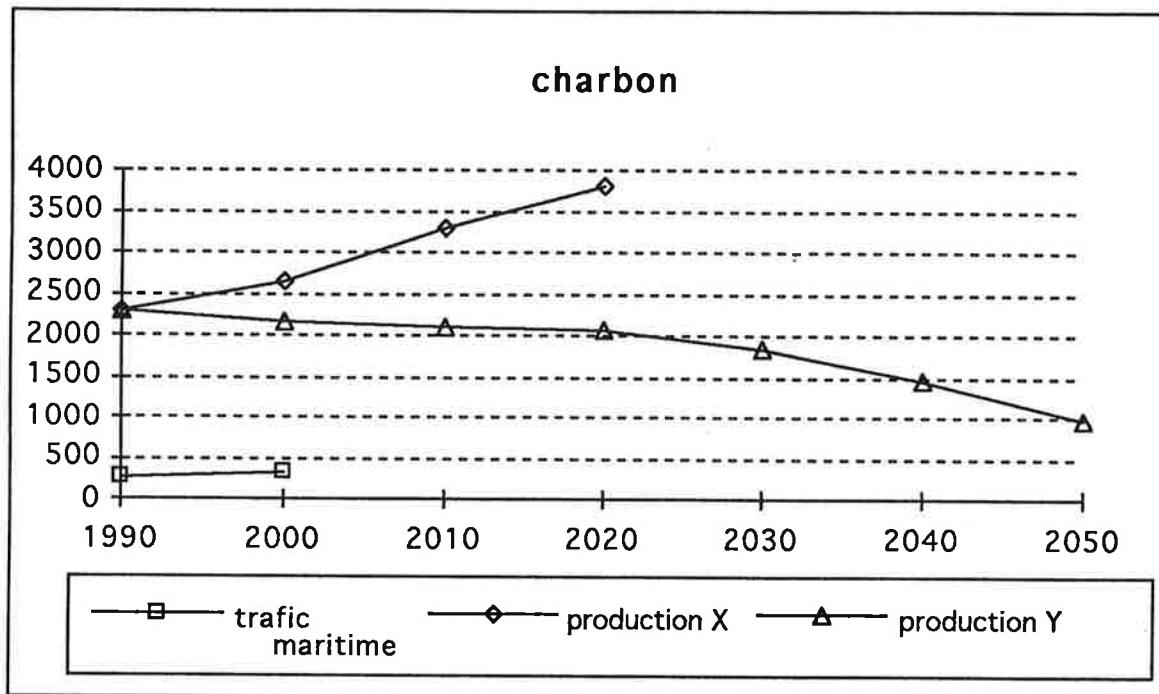
pétrole et dérivés	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
trafic maritime	1746	2164					
production X	2918	3558	4248	4532			
production Y	2918	2642	2483	2292	1914	1530	1302

pétrole et dérivés



(millions de TEP)

charbon	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
trafic maritime	257	321					
production X	2303	2648	3285	3814			
production Y	2303	2177	2054	1847	1521	1204	973



gaz naturel	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
trafic maritime	57	87	124				
production X	1699	1973	2785	3561			
production Y	1699	2112	2315	2184	1841	1556	1411

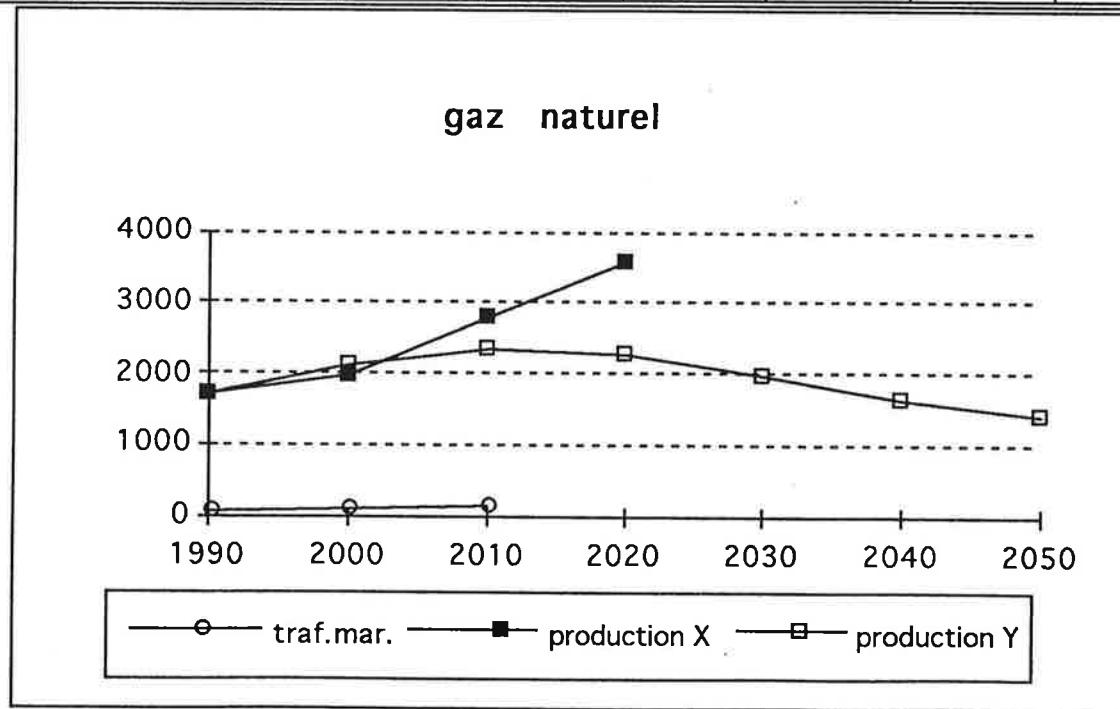


tableau synoptique des scénarios utilisés

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2100
DREWRY-trafics maritimes								
charbon	257	321						
pétrole	1746	2164						
gaz naturel	57	87	124					
<i>tous fossiles</i>	2060	2572						
AIE/OCDE-consommations								
charbon	2287	2648	3285					
pétrole	3062	3558	4248					
gaz naturel	1679	1973	2785					
<i>tous fossiles</i>	7028	8179	10318					
<i>toutes énergies</i>	7767	9127	11478					
CME-consommations-casB								
charbon	2319			3035				
pétrole	2773			3769				
gaz naturel	1718			2977				
<i>tous fossiles</i>	6810			9781				
<i>toutes énergies</i>	8811			13359				
CME-consommations-casB1								
charbon	2319			3814				
pétrole	2773			4532				
gaz naturel	1718			3561				
<i>tous fossiles</i>	6810			11907				
<i>toutes énergies</i>	8811			16008				
CME-consommations-casC								
charbon	2319			2128				
pétrole	2773			2898				
gaz naturel	1718			2486				
<i>tous fossiles</i>	6810			7512				
<i>toutes énergies</i>	8811			11273				
FFEF								
charbon	2303	2182	1994		657		469	0
pétrole	2918	2628	2182		1384		988	0
gaz naturel	1699	2252	2464		1337		955	0
<i>tous fossiles</i>	6919	7062	6640		3378		2412	0
<i>toutes énergies</i>	7931	9291	9385		9010		6434	
RIGES								
charbon	2303			2221			1476	
pétrole	2918			1912			1615	
gaz naturel	1699			1868			1867	
<i>tous fossiles</i>	6919			6001			4958	
<i>toutes énergies</i>	7931			11617			13938	

unité : millions de TEP

chapitre 3

PRODUCTION VITALE

agriculture, pêches, forêts, alimentation

3.2.1a montée des besoins.....	80
3.3.mécanismes généraux de la production vitale.....	81
3.4.exploitation humaine de la production vitale	84
3.5.changement global et politiques nouvelles.....	98
3.6.visions du futur	102



3.1. LES TRAFICS MARITIMES CONCERNÉS

Nous avons inclus dans les trafics de ce domaine d'activité les engrais, seuls "intrants" bien identifiables dans l'activité maritime mondiale. Les autres trafics entrant, notamment les machines agricoles et produits phytosanitaires, ont été laissés dans le domaine d'activité industriel étudié dans le prochain chapitre. Les trafics actuels sont résumés par le tableau suivant.

TRAFIG MARITIME INTERNATIONAL		1991
PRODUITS AGRICOLES ET ALIMENTAIRES)		
céréales		211
autres produits agricoles et alimentaires		73
huiles et graisses d'origine animale et végétale		20
autres liquides en vrac		5
marchandises générales *		225
total 1		534
ENGRAIS		
vracs gazeux		11
vracs liquides		13
phosphates		31
autres engrais		75
total 2		130
PRODUITS FORESTIERS		
bois en grumes		38
bois débités et produits en bois		43
papiers, pâtes et bois à pâtes		67
bois de chauffage et charbon de bois		12
total 3		159
TOTAL		823
* estimation Prosmar		
sources: DREWRY		unité: millions de tonnes

tableau de synthèse PROSMAR

Les chiffres présentés montrent à quel point ces trafics sont dominés par la question alimentaire, soit directement, soit par la concurrence sur l'espace productif pour les autres usages.

Le principal trafic, celui des céréales, constitue le quart du tonnage de ce groupe. Les marchandises générales de produits agricoles et alimentaires, catégorie hétérogène qui va du conteneur aux petits vracs non recensés comme tels, ne peuvent être plus détaillés en termes

quantitatifs. Leur volume¹, égale celui des céréales. On y trouve quantité de trafics constituant des échanges internes des grandes zones géographiques développées, une bonne part des "produits tropicaux" expédiés des pays en développement aux pays développés, mais aussi des flux inverses de denrées alimentaires et boissons de valeur supérieure.

A la différence de ce que nous avons vu pour les trafics énergétiques, peu de produits de ce groupe ont un trafic maritime constituant une part importante de la production. Le plus voyageur est le groupe des engrais². Le groupe céréalier échange en maritime un dixième de sa production. Les autres produits n'échangent que des parts très minimes de leur production.

Nous nous efforcerons d'abord de poser les problèmes de ce groupe complexe en termes généraux, très qualitatifs. Ceci est à notre sens un préalable à l'étude des débuts de réponse et des perspectives chiffrées que nous apportent les "matériaux du futur" recensés et analysés dans le chapitre précédent. Nous détaillerons ensuite les chiffres de trafic et de production des principaux ensembles concernés, avant de déduire de ces matériaux du futur les scénarios quantitatifs d'évolution des trafics que l'on peut considérer comme plausibles, s'il y en a.

3.2. LA MONTÉE DES BESOINS

3.2.1. la démographie

Le premier facteur est la poursuite de l'expansion démographique. La population est presque stabilisée dans les pays développés. Sa croissance, bien que freinée, se poursuivra encore longtemps dans les pays en développement. Les prévisions de l'ONU ont été présentées dans le chapitre 1 de ce rapport. D'après ces prévisions, de 1990 à 2025, la population totale augmentera de 60%, et la population urbaine de 130%. Or c'est la demande de cette dernière qui engendre naturellement le plus de flux de transports de produits alimentaires.

¹ estimé par nous à partir des chiffres globaux de marchandises générales de Drewry et JAMRI

² pour les phosphates bruts la part de la production transportée par mer est de l'ordre du quart. Pour les autres produits elle ne peut être déterminée exactement, les statistiques de production étant le plus souvent en "élément contenu" et les produits trop divers pour avoir des taux de conversion stables.

3.2.2. les déséquilibres actuels

La situation alimentaire actuelle de cette humanité croissante est résumée par les chiffres suivants :

Disponibilités alimentaires par habitant destinées à la consommation humaine directe (ration calorique) et évaluation de la sous-alimentation chronique - moyennes 1988 à 1990

	ration alimentaire calorie/jour/hab	sous-alimentation	
		%	millions de personnes
Monde entier	2 700	nd	nd
93 pays en développement	2 470	20	781
Afrique subsaharienne	2 100	37	175
Proche-Orient/Afrique du Nord	3 010	8	24
Asie de l'Est	2 600	16	252
Asie du Sud	2 220	24	271
Amerique latine et Caraïbes	2 690	13	59
Pays développés	3 400	nd	nd
Europe de l'Est + ex-URSS	3 380	nd	nd

source FAO - doc 1293

La production alimentaire est donc déjà nettement inférieure aux besoins dans la majeure partie du monde (mais pas à la demande solvable, ce qui est une toute autre question...). Le bois de feu, combustible essentiel aux besoins domestiques de base des pays en développement¹, est aussi en crise.

Le déséquilibre s'exprime aussi par la concurrence sur l'espace productif des emprises urbaines croissantes et de leurs réseaux, des forêts et autres espaces naturels de plus en plus en plus souvent protégés, et des besoins en terres cultivables.

3.3. MÉCANISMES GÉNÉRAUX DE LA PRODUCTION VITALE

Les concepts utilisés ici ont été étudiés lors de la première phase de cette recherche, et sont explicités dans l'annexe A au présent rapport, sous le titre A.1.4 (productivité et efficacité des écosystèmes). Rappelons-en les termes principaux.

3.3.1. production primaire et secondaire, production des écosystèmes

Toutes les activités de "production" pour l'homme qui exploitent des processus de production vitale, ou biologique, en dépendent et sont

¹ 1800 millions de tonnes en 1990, dont 1560 pour les pays en développement.

limités par eux. A la base est la "production primaire" continue de matière vivante.

Ce que nous appelons ici "production primaire" recouvre l'ensemble des processus naturels de création de vie organisée, à partir de la matière minérale (solide, liquide, gazeuse...) et du flux d'énergie solaire. Ses agents principaux sont les bactéries, les algues, et les plantes chlorophylliennes.

Sur cette production primaire repose toute la pyramide des organismes vivants, parmi lesquels les "décomposeurs" ont la fonction indispensable de faire retourner au minéral la matière morte, en mobilisant l'énergie qu'elle contient encore. A ce stade le cycle est bouclé, et peut recommencer.

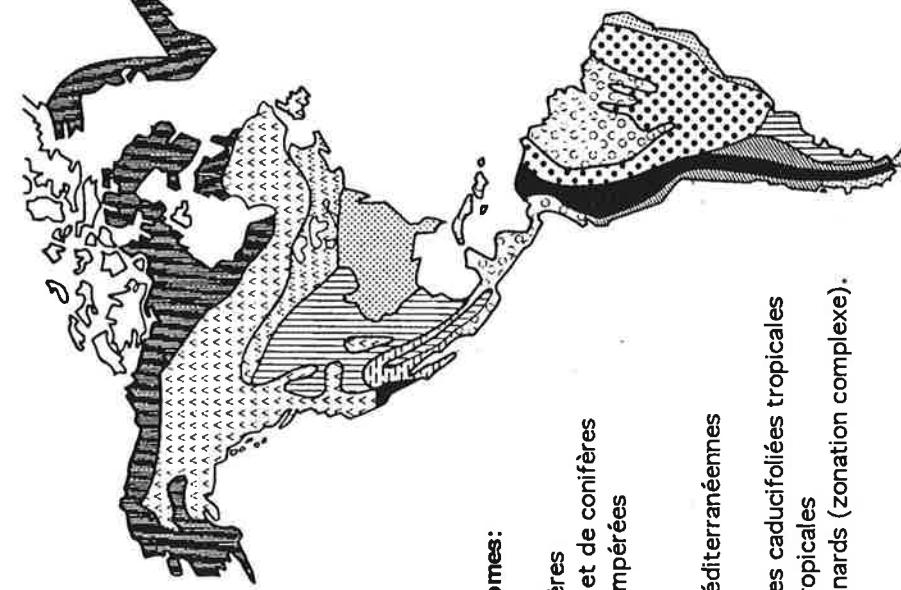
Ce schéma serait simpliste si on le voyait comme une juxtaposition de chaînes de production identifiables. En réalité, la production vitale s'organise dans l'espace en des systèmes de production complexes, généralement reliés à d'autres. Ce sont les écosystèmes, analysables en tant que tels, quelle que soit l'ampleur des modifications que leur a apporté l'activité humaine. Leur description scientifique réelle n'en est qu'à son début ; les moyens scientifiques qui lui sont consacrés restent encore, dans le monde entier, très modestes.

La description de la répartition planétaire des écosystèmes utilise le concept de biome. Un biome est un type de peuplement global correspondant à un type d'habitat terrestre¹. La carte des biomes originaux (ci-contre, commentée dans l'annexe A titre A.1.2.5) reste très représentative de la répartition des grands ensembles agricoles actuels

Les différents types de biomes et d'écosystèmes naturels ont des efficacité productives que l'on peut mesurer et comparer, mais ils ne sont pas a priori substituables. On ne peut mettre un marais à la place d'une forêt de montagne. Les écosystèmes les plus transformés par l'homme, les "agroécosystèmes" ont aussi des productivités très diverses, et restent le plus souvent marqués par les conditions des écosystèmes auxquels ils ont succédé. La carte des biomes ci-contre montre par exemple la correspondance étroite entre les zones de "forêts feuillues caducifoliées" et les régions de grande production agricole industrialisée de l'hémisphère Nord.

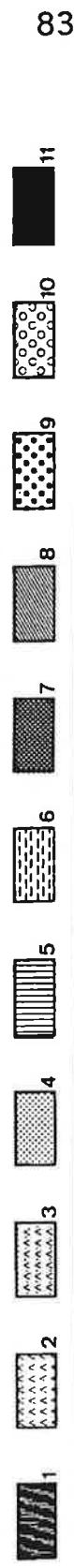
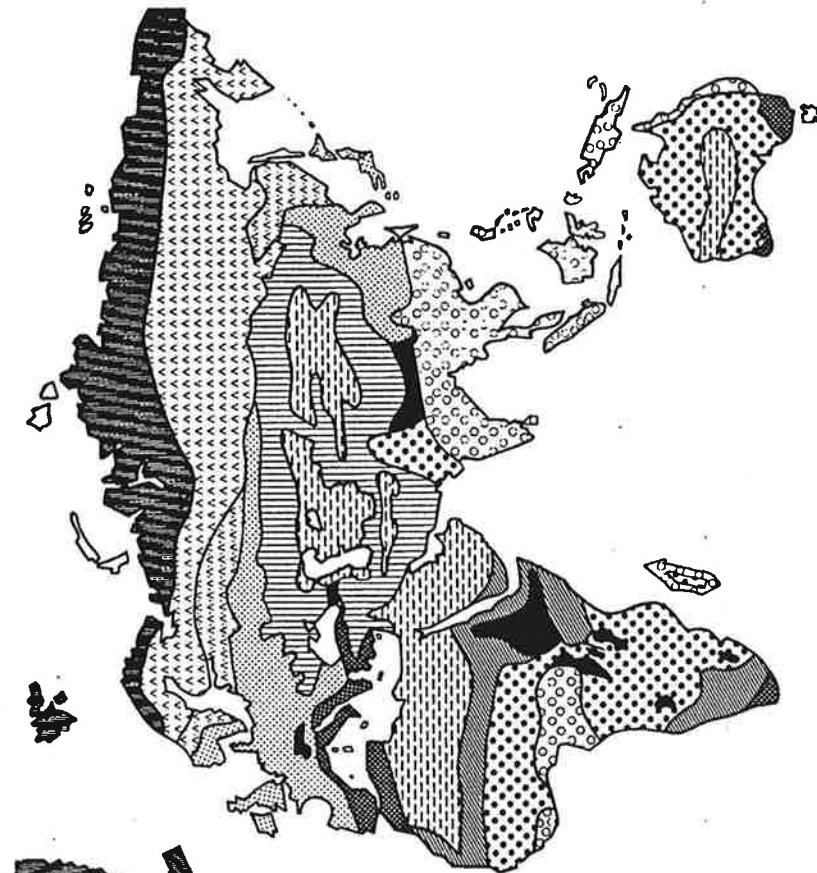
¹ les écosystèmes aquatiques n'ont pas le même genre de détermination spatiale, et le concept de biome n'y paraît pas adapté

les grands biomes terrestres



Répartition des grands biomes:

- 1) Toundra
- 2) Forêt boréale de conifères
- 3) Forêt mixte de feuillus et de conifères
- 4) Forêts caducifoliées tempérées
- 5) Steppes graminéennes
- 6) Déserts
- 7) Forêts sclérophylles méditerranéennes
- 8) Semi-déserts
- 9) Savanes et forêts claires caducifoliées tropicales
- 10) Forêts ombrrophiles tropicales
- 11) Ecosystèmes montagnards (zonation complexe).



Source : François RAMADE (doc 54)

3.3.2. types d'exploitation humaine

En regard de ces processus généraux de production, le prélèvement anthropique peut prendre diverses modalités.

Un premier type de prélèvement est fait sur les écosystèmes dits "naturels", c'est-à-dire produisant et se reproduisant sans l'aide directe de l'homme¹. Il doit rester relativement marginal, s'il ne veut pas être destructeur.

Un second type de prélèvement, devenu majoritaire, est fait sur les écosystèmes agricoles aménagés et entretenus dans ce but. Dans ce cas le taux de prélèvement peut être très élevé. L'apport énergétique solaire est par essence renouvelable, mais les éléments minéraux doivent être restitués ou remplacés. Les plus forts rendements étant fondés sur la monoculture, on se trouve obligé de lutter contre les parasites et autres, ce qui menace les capacités régénératrices des sols - et l'eau, et l'air,

Il existe des cas intermédiaires comme l'agriculture itinérante, qui laisse les sols se régénérer spontanément entre les périodes d'exploitation; Encore pratiquée dans certains pays tropicaux, cette technique reflué ou devient néfaste lorsque la pression démographique accélère trop les rotations.

3.4. EXPLOITATION HUMAINE ACTUELLE DE LA PRODUCTION VITALE

3.4.1. agricultures et alimentation

En résumé de ce qui précède, la "production" agricole doit s'analyser dans tous les cas comme un prélèvement réalisé sur un processus de production naturel complexe, plus ou moins modifié à cet effet. Malgré son évidence, ce fait a été plus ou moins négligé lors des dernières étapes d'industrialisation de l'agriculture. La logique industrielle a fait préférer la simplification des écosystèmes à l'étude de leur complexité, et le circuit ouvert (apports minéraux et effluents massifs) à l'étude des cycles. Les effets en ont été différents suivant les pays.

¹ les pêches maritimes en sont l'exemple actuellement le plus massif pour les besoins alimentaires, l'exploitation des forêts naturelles pour les usages énergétiques et industriels.

agricultures en pays industrialo-tempérés

L'agriculture intensive de type industriel a tendance à atteindre ou dépasser les limites des écosystèmes concernés. Les sols se dégradent, l'eau du ciel devient incertaine (climat changeant), l'eau souterraine s'épuise (pompages excessifs), l'environnement terrestre et aérien s'empoisonne et se stérilise, l'environnement aquatique aussi et en plus s'eutrophise¹. Une reconversion progressive s'impose, vers des modes de production agricoles moins exigeants en intrants minéraux, en pesticides, et en eau.

Cette évolution est déjà amorcée en Europe. Tendra-t-elle à réduire les quantités produites, ou les nouveaux modes de production agricoles parviendront-ils à restaurer et même améliorer le prélèvement global ? Question ouverte, car bien des pratiques nouvelles sont au stade expérimental, tandis que les mécanismes économique de soutien aux activités agricoles ne paraissent pas encore favoriser l'innovation qualitative. Mais au travers des débats scientifiques et autres la conscience du fait que les capacités de production agricoles s'inscrivent dans des processus naturels dont on ne peut élargir que très précautionneusement les limites progresse. Les pratiques nouvelles de l'agriculture dite "biologique", qui font souvent le lien avec des connaissances et pratiques anciennes, permettent d'espérer que les reconversions nécessaires se feront avec un minimum de perte d'efficacité immédiate, transformées en gain à plus long terme.

Les espaces non-agricoles restant (forêts et zones humides) sont en train de gagner une reconnaissance écologique et culturelle qui les sort de plus en plus des espaces potentiels de développement agricole. L'augmentation des productions par extension des surfaces paraît encore plus sévèrement limitée que par intensification.

Il peut paraître paradoxal de porter l'attention sur les potentialités de développement des productions agricoles, dans des pays où l'on parle plutôt d'excédents, de quotas et de mise en jachère. C'est parce que la question posée est celle, globale et à long terme, de nourrir une humanité encore en croissance - et qu'il convient d'en examiner tous les moyens, au delà des dysfonctionnements actuels des marchés.

¹ phénomène expliqué plus loin (titre 3.4.2)

agricultures en pays tropicaux

Le potentiel de croissance des modes de production vivriers traditionnels est un peu partout dépassé par la montée des besoins, à la fois par l'augmentation des populations et parce que les besoins actuels sont insuffisamment couverts.

D'autres facteurs interviennent, la concurrence sur l'espace productif des cultures "de rente" à destination des pays développés, parfois en sens inverse la concurrence des stocks de la zone tempérée qui viennent entraver le développement de productions locales. Mais même en supposant levées les entraves d'ordre économique et politique, quelles sont les possibilités de développement des productions agricoles de ces pays ?

Les modes traditionnels, à l'exemple de l'agriculture extensive de type "rotatif" (avec rotation des cultures, pâtures et jachères, avec ou sans brûlis) tendent à régresser et devenir destructeurs là où la pression démographique engendre une intensification excessive.

L'agriculture intensive de type "delta asiatique" paraît proche de son développement maximal, si l'on veut maintenir ses équilibres avec les possibilités naturelles des sites aménageables. Y a-t-il encore des possibilités d'intensification ?

L'agriculture intensive de type industrialo-tempéré (avec apports et effluents massifs), là où elle a été tentée, ne respecte pas les équilibres tropicaux, et tend à dégrader des sols plus fragiles que sous nos climats. On ne peut en espérer qu'une progression des productions limitée dans le temps, et suivie de risques de régressions bien en deçà des capacités antérieures.

L'expansion des cultures aux dépends des espaces non agricoles ne peut se poursuivre indéfiniment, les réserves mobilisables s'épuiseront en quelques décennies. Ce délai peut être considérablement raccourci par la prise actuelle de conscience, par les communautés locales et internationales de l'intérêt de préserver les écosystèmes naturels restant. D'autre part, comme les pratiques agro-industrielles intensives non adaptées, les défrichements massifs risquent de stériliser rapidement la plupart des terres ainsi "gagnées".

La surexploitation des franges des zones les plus arides crée des risques d'extension des déserts.

questions générales et réponses particulières

Tout semble atteindre ses limites, comme si les progrès de production et productivité agricole réalisés durant les dernières décennies dans beaucoup de ces pays appartenaient au passé, et risquent de se payer dans l'avenir par des régressions. Les avancées technologiques prévisibles, dans le champ des biotechnologies et plus particulièrement des manipulations génétiques, peuvent-elles repousser encore ces limites sans créer des risques écologiques nouveaux ? Tout dépend de leurs modalités d'utilisation..

Ces questions sont évidemment trop générales, et négligent les solutions activement étudiées aussi bien en termes de recherche que sur le terrain. Mais les réponses ne sont pas les mêmes que celles des révolutions agricoles précédentes. Nous verrons ceci plus précisément à propos des scénarios du futur.

Quels sont les éclairages scientifiques actuels ? Tout est inquiétant mais rien n'est certain. D'où l'engluement des perspectives en un débat entre "optimistes" et "pessimistes" dont le caractère scientifique devient douteux. La question alimentaire n'est d'ailleurs pas actuellement le seul lieu de ce genre de débat.

Cet état de fait est en partie dû à l'éclatement de la recherche comme de l'expérimentation, à l'absence de formulation générale, et à la persistance des visions productivistes qui traitent la nature comme un environnement gratuit et inépuisable. L'agriculture dite "biologique", au niveau des pratiques culturales autant que de la recherche scientifique, représente une tendance nouvelle. qui fait son chemin dans le cadre plus général de la problématique du "développement durable" que nous avons déjà évoqué à plusieurs reprises. Au sommet, cette problématique commence à imprégner la réflexion des organismes internationaux, à commencer par celui qui couvre le domaine étudié ici, la FAO. De la réflexion à la pratique il y a des marges dont il faut maintenant parler.

Entre les premières questions, tout à fait judicieuses mais malaisées à calculer, et l'appréciation scientifique plus précise des risques et solutions, il y a donc des espaces de temps considérables, dans lesquels justement nous sommes. De la recherche et de l'expérimentation scientifique et sociale des solutions à leur mise en œuvre à grande échelle, il y a un autre hiatus à prendre en compte dans les perspectives. Et dans lequel se pose la question majeure de l'adaptation ou de la mutation des mécanismes économiques dominants.

chiffres actuels : productions, trafics

Nous donnons pour illustrer ce qui précède quelques chiffres très globaux sur les terres, les productions agricoles et consommations, et pour finir un peu plus de détail sur les échanges maritimes.

terres cultivables et cultivées (pays en développement)

surfaces totales, cultivables(1), cultivées - 1990

pays en développement

millions d'hectares	surface totale	cultivable	cultivé	forêts tropicales
Afrique subsaharienne	2 214	1 008	212	528
Amerique latine et Caraïbes	2 038	1 054	190	918
Proche-Orient/Afrique du Nord	1 223	78	77	
Asie de l'Est (sauf Chine)	380	153	77	
Asie du Sud	489	244	201	310
92 pays en développement	6 390	2 538	757	1 756

(1)- la définition précise est "terres non irriguées se prêtant à la culture"

source FAO - doc 1293

Dans le tableau ci-dessus, les chiffres ne sont pas tous additifs. Le cultivable inclut en principe le cultivé, mais celui-ci comporte en plus des terres aménagées qui ne sont pas a priori classées cultivables (ceci est néanmoins marginal). Les forêts, qui ne sont pas dans le cultivé, ne sont que partiellement dans le cultivable, nous y reviendront plus loin. Les soldes, que nous n'avons pas fait figurer, sont à interpréter avec la plus grande précaution.

dégradation des sols (tous pays)

Dégradation du sol par type et cause (sols classés comme modérément à gravement touchés)

(millions d'ha) 1988/90	Erosion par l'eau	Erosion éolienne	Degradation chimique	Degradation physique	Total
Afrique	170	98	36	17	321
Asie	315	90	41	6	452
Amer. Sud	77	16	44	1	138
Am.Nord+cent.	90	37	7	5	139
Europe	93	39	18	8	158
Australasie	3		1	2	6
TOTAL	748	280	147	39	1 214

Source: FAO-Adapte de ISRIC/PNIJF

source FAO - doc 1293

Le total des terres moyennement ou fortement dégradées des pays en développement (917 millions d'hectares) est supérieur à celui de leurs terres cultivées (tableau précédent, 757 millions d'hectares). Il nous est difficile de savoir si ces chiffres sont bien cohérents entre eux, mais ils montrent qu'il ne s'agit pas d'un phénomène marginal. Ici encore les ordres de grandeurs sont spectaculaires, mais à manier avec précaution.

productions et consommations - principaux produits

principaux produits agro-alimentaires (moyenne 1988/1990)

	les 93 P.en dev.	P. développés	Monde
viande - production et consommation	64	105	169
lait - production	147	280	427
lait - consommation	164	263	427
pêches maritimes et continentales (1990-92)			85
pisciculture(id)			12
production céréales	847	850	1698
consommation céréales	931	791	1721
% animaux dans consommation céréales	17%	61%	37%

unité: millions de tonnes

détail production céréales pays en développement(sans la Chine)

total	531
dont blé	132
dont riz	303
dont maïs	112
dont autres céréales	85

source FAO - doc 1293

tableau de synthèse PROSMAR

trafics maritimes agro-alimentaires (détail)

TRAFIG MARITIME INTERNATIONAL		1991
PRODUITS AGRICOLES ET ALIMENTAIRES		
riz		12
céréales		198,7
total céréales		210,7
sucre brut		28,33
farines, semoules, gruaux de céréales		21,2
nourritures pour animaux et déchets alimentaires (1)		14,4
autres légumes frais ou congelés		9
huiles et graisses d'origine animale ou végétale et produits dérivés		19,7
mélasses		5,4
total autres vracs		98,03
div. produits agricoles et animaux (2)		90
div. denrées alimentaires et fourrages (2)		135
total marchandises générales		225
total		533,73
(1) dont farine de poisson		3,5
(2) estimation Prosmar		

source FAO - doc 1293

tableau de synthèse PROSMAR

3.4.2. engrais et pesticides

L'expansion des trafics maritimes d'engrais est historiquement récente, et liée au développement de l'agriculture mécanisée extravertie, et à ses rendements élevés.

S'il ne s'agissait que de restituer à la terre les éléments minéraux correspondant aux récoltes, la consommation serait moindre, les effluents aussi. Ce n'est pas seulement une question de dosage quantitatif, mais de pratique culturale : la terre est un milieu vivant qui doit être traité comme tel, et non comme une éponge dont le rôle ne serait que de retenir les éléments minéraux et l'eau nécessaires aux plantes, apportés de l'extérieur. Traitée en éponge, la terre se dégrade (nous l'avons vu sous le titre précédent), mais aussi joue mal ce rôle et laisse échapper une grande partie des éléments nutritifs qui lui sont confiés. Ceux-ci se perdent dans le sol ou vont charger les eaux courantes et nappes phréatiques d'excès de tel ou tel élément nutritif de base (nitrates, potasses, phosphates) qui favorisent le développement des formes de vie les plus primitives, les algues généralement. Les formes de vie supérieure sont ainsi étouffées, c'est le phénomène connu sous le nom d'eutrophisation. Les eaux potables, pour l'homme et les animaux domestiques, sont aussi atteintes.

Rappelons aussi (cf Annexe A titre A.1.1.6) que l'un de ces éléments que l'on envoie ainsi massivement finir au fond des fosses océaniques, le phosphore (phosphates...), est en quantité limitée et non renouvelable à la surface du globe, et que c'est un élément de base de toute vie organisée, sans substitution possible. La pénurie éventuelle se situe à une échelle pluri-séculaire, mais serait d'une telle gravité qu'il est possible que l'on en tienne compte plus rapidement.

La question précise des engrais rejoint ainsi celle plus générale des modes de production agricoles, et se pose en des termes différents suivant les biomes concernés, mais aussi suivant le clivage entre pays développés et pays en développement

Dans les pays développés, ce que nous avons dit de la remise en question des excès de l'agriculture mécanisée se traduit directement par une tendance à l'utilisation mieux calculée et moins intensive des engrais. Il y a donc une tendance décroissante des flux, à peine amorcée, mais durable.

Dans les pays en développement, la situation est très contrastée. Certains, comme l'Inde, ont aussi utilisé des doses excessives d'engrais et reviennent maintenant en arrière. Mais pour la plupart l'usage des engrais est entravée par le manque de moyens économiques. Un certain

développement de leur utilisation paraît donc possible. Il est néanmoins limité vers le haut par le fait que les sols tropicaux supportent encore moins bien que les sols des pays tempérés les excès de l'agriculture moderne.

productions et consommations (principaux produits)

productions

	1989	1990	1991
phosphates bruts	41425	35315	31171
	89/90	90/91	91/92
engrais potassiques	28328	26711	24937
engrais phosphatés	39733	38979	37933
engrais nitrés	84649	81900	80461

unité : 1000 tonnes d'élément contenu source FAO - doc 1293

trafics maritimes

trafics maritimes d'engrais en 1991	
ammoniaque	10,8
acide sulfurique, oléum	1,1
soude caustique et lessive de soude	2,2
autres produits chimiques d'origine minérale	6,8
phosphates naturels bruts	30,8
engrais manufacturés	48,8
soufre	9,4
sels de potasse naturels bruts	16,9
total	126,8
(1) dont acide phosphorique	7,0

source: DREWRY

sources Drewry

tableau de synthèse PROSMAR

3.4.3. forêts et usages du bois

Par définition, les forêts de la planète sont considérées comme "naturelles", en ce sens qu'elles constituent des écosystèmes se reproduisant d'eux-mêmes. En fait, entre les "forêts primaires" très peu modifiées par l'homme et les plantations monoculturales d'arbres il existe une gamme de situations que les statistiques ne permettent pas de séparer. Les chiffres que nous utilisons ici couvrent généralement une notion assez extensive de "forêts et zones boisées". L'estimation des surfaces boisées non forestières est très variable, car les arbres sont partout, des bords des chemins aux parcs urbains.

On distingue deux grands types forestiers, les forêts de la zone tempérée et les forêts tropicales. Les premières couvrent 1640 millions d'hectares, dont 85% dans les pays développés. Les secondes couvrent 2

milliards d'hectares, presque tout dans les pays en développement. La spécificité écologique de ces deux groupes recouvre donc à peu près le principal clivage socio-économique du monde moderne.

forêts de la zone tempérée

Les forêts de la zone tempérée sont à peu près stabilisées en surface, elles ont même un peu tendance à regagner du terrain sur les espaces agricoles les moins rentables. Beaucoup font maintenant l'objet d'une exploitation calculée et reproductive, bien que des exploitations destructrices existent encore, particulièrement sur certaines forêts nordiques, qui sont aussi les écosystèmes les plus fragiles.

Sur l'ensemble, on pourrait dire que l'exploitation de ces forêts a pris un rythme rationnel durable et à l'épreuve du temps, si justement le temps n'était pas en train de se gâter un peu. La régression des forêts méditerranéennes sous la fréquence excessive des incendies est un phénomène déjà ancien, mais qui ne semble pas se ralentir. Le dépeuplement des forêts situées plus au Nord est un signe plus récent de ce que les écosystèmes forestiers tempérés ont des faiblesses qui peuvent à la limite être mortelles. Plusieurs facteurs concourent à créer ce risque : l'exploitation de la ressource, qui a trop souvent conduit à des monocultures d'arbres à croissance rapide ; la pollution atmosphérique, d'abord désignée sous le terme simplificateur de "pluies acides" (qui sont une réalité, mais pas toute la réalité) ; le changement climatique enfin, dont on connaît mieux les causes que les effets, surtout sur des mécanismes aussi complexes. Dans tout ceci il est fallacieux de chercher une cause première ou principale, il s'agit de causalités complexes qui ont néanmoins pour caractère général d'être d'origine anthropique.

La reconnaissance scientifique du rôle des forêts dans l'économie de l'atmosphère, des eaux et du climat de la planète est à l'inverse un facteur qui devrait jouer dans l'avenir en faveur des forêts de la zone tempérée, mais pas en faveur de leurs exploitations les plus productives. Un autre changement, qui a plus de chance de s'amplifier que de régresser, est la reconnaissance aux forêts de valeurs qui sont en grande partie non-marchandes, valeur symbolique, ludique, scientifique, havres de biodiversité... Les forêts naturelles entrent ainsi en partie dans la catégorie des espaces protégés, non exploités ou seulement de manière marginale. Cette évolution elle-même n'est pas marginale, elle concerne actuellement près de 20% des forêts de la zone tempérée : 300 millions d'hectares, dont 250 en pays développés. Le niveau de protection que représente ce classement peut cependant être très variable.

tableau des surfaces occupées par les forêts de la zone tempérée

<i>surfaces couvertes par les forêts naturelles de la zone tempérée</i>		<i>dont zones protégées</i>	
<i>forêts zone tempérée</i>	<i>forêts 1990</i>		
ex URSS	750		
Amérique du Nord	460		
Europe	150		
autres développés	40		
total pays développés	1 400	250	
pays en développement	240	50	
total zone tempérée	1 640		
<i>autres terres boisées.....</i>	<i>2.5.8.....</i>		
<i>sources: FAO et WRI</i>		<i>millions d'hectares</i>	

source FAO - doc 1294

forêts tropicales

Dans toutes les parties du monde, le problème des forêts tropicales est celui de la déforestation. Les causes ne peuvent être isolées, il s'agit le plus souvent de situations dans lesquelles les besoins de terres agricoles nouvelles et de bois de feu de populations croissantes jouent un rôle important, la pratique des cultures sur brûlis aussi lorsque les rotations s'accélèrent. La dégradation des forêts s'étend à partir des concentrations urbaines et des zones rurales peuplées, mais aussi des brèches que représentent les grands aménagements (routes, voies ferrées, barrages, exploitations minières). Enfin l'exploitation forestière pratiquée pour l'exportation vers les pays développés est un puissant facteur de déstructuration, puis de destruction de la forêt tropicale. C'est dire que dans bien des cas la pression des populations locales ne fait que suivre des interventions extérieures ou des plans d'aménagement nationaux, facteurs déclenchant de ces processus.

En fait le gain de terres agricoles est relativement faible. En face de la perte de 150 millions d'hectares de forêts tropicales durant la décennie 1980/90, la FAO compte un accroissement net des surfaces cultivées de 30 millions d'hectares, plus 13 pour les pâturages, dans les pays en développement (Chine exclue). Soit un taux de reconversion apparent de moins de 30%. La réalité est encore en dessous de ce chiffre, car toutes ces terres nouvelles ne viennent pas des forêts, et une partie de celles qui en viennent sont menacées de désertification.

Les conséquences générales de la déforestation tropicale sur les équilibres planétaires sont encore mal évaluées, mais très préoccupantes. Les conséquences locales risquent de tourner pour certains pays ou groupes de pays au désastre écologique. La disparition

avec les forêts de très nombreuses espèces biologiques, souvent endémiques, est irrémédiable. Enfin les forêts tropicales n'abritent pas que des espèces animales ou végétales, des populations autochtones y vivent encore et essaient de faire valoir leurs droits. Tout ceci commence à être trop connu pour qu'il soit nécessaire de développer ces aspects négatifs.

Le fait que les causes extérieures, aménagement et abattage commercial, jouent un rôle, peut fournir en revanche dans l'avenir des moyens de freiner le processus. Ce n'est pas encore le cas. Mais on peut dès maintenant considérer que les modalités actuelles d'exploitation commerciale des forêts tropicales (et les trafics maritimes correspondant), si elles ne sont pas freinées radicalement dans les années à venir, seront de toutes façons condamnées à plus long terme par la disparition de la ressource.

La reconversion de l'exploitation commerciale des bois vers des formes supportables par les écosystèmes forestiers, la recherche de modes d'expansion agricoles conservant un minimum d'environnement forestier, commencent à alimenter les projets - mais en l'état actuel des marchés et en l'absence de règles internationales, l'exploitation destructrice reste la plus rentable.

Le passage à des exploitations non destructrices (agroforesterie) ne résoud pas tout, surtout lorsqu'elle est restée au stade de la monoculture, car nous avons vu que le rôle des forêts naturelles n'est pas seulement de fournir du bois.

tableau des forêts tropicales

forêts naturelles tropicales, surfaces, protection et déforestation			destruction annuelle 81/90	
forêts zone tropicale	surface totale	forêts 1990		
Afrique subsaharienne	2 214	528	dont zones protégées	4%
Amerique latine et Caraïbes	2 038	918		7%
Asie de l'Est (sauf Chine)	380	310		4%
Asie du Sud et Pacifique	489			
total pays en développement	6 390	1 966	266	
autres terres boisées.....	2.2.6.....		millions d'hectares	

: source FAO et WRI - doc 1294 et 259

usages des bois et trafics maritimes

usage des bois

consommation de bois et trafics maritimes, par produits, en 1991					
1991	pays développés	pays en développement	monde	trafic maritime	% trafic
Bois de feu et charb	240	1 560	1 800	11,5	0,6%
Bois rond et d'indus	1 270	380	1 650	38	2,3%
Sciages	373	112	485	30	6,2%
Panneaux	108	17	125		
Papier(*)	196	42	238	67	28,2%
Total	2 187	2 111	4 298	146,5	3,4%

unité: m³ ou tonnes (millions)

Les correspondances entre consommations et trafics sont approximatives
(*) bois à pâtes, pâtes et papier

source FAO et Drewry - doc 1294 et 195

détail des trafics maritimes

TRAFIG MARITIME INTERNATIONAL PRODUITS FORESTIERS	
1-grumes conifères	19,4
1-bois sciés conifères	8,7
total 1	28,1
2-grumes non conifères	18,5
2-bois sciés non conifères	21,1
total 2	39,6
3-produits en bois	12,9
4-bois à papier, à pulpe	10,8
4-pâte à papier, cellulose	21,5
4-papier et carton bruts(1)	34,7
total 4	67
5-bois de chauffage, charbon de bois, lièges et déchets	11,5
total	159,1

source Drewry - doc 103 et 195

On remarque que l'usage le plus primitif, le feu, engendre peu de trafics maritimes - à la différence des sources fossiles d'énergie. Sur l'espace productif, cet usage protège mal sa source, au contraire il accompagne souvent la déforestation. Le bois n'est une énergie renouvelable que si sa source est suffisamment ménagée.

Le papier-carton et ses produits amont (bois et pâtes) forme à l'inverse le groupe dont le pourcentage transporté par mer est le plus fort. C'est

aussi le plus lié aux activités socio-culturelles, mais il sert autant aux emballages qu'aux livres et journaux. Le papier-carton-bois occupe une place dominante dans le premier cas, concurrencée par d'autres matériaux dans le second. Sa production est une des activités dont le taux de recyclage est conséquent. Elle pose en revanche quelques problèmes de pollution des eaux.

Entre les deux, nous avons toute la gamme des usages industriels, artisanaux, domestiques, des grandes pièces de charpente aux manches d'outils, en passant par les meubles et objets en bois. Cela va aussi de l'objet d'art aux usages plus inférieurs, matériau bon marché de coffrage, calage, emballage, jeté ou brûlé après usage.

Il apparaît que la plupart des usages du bois n'ont rien d'exclusif, métaux et matières plastiques fournissant nombre de produits substituables. Certains de ces usages n'existent ou ne subsistent qu'en raison du coût faible du produit, encore traité le plus souvent comme si la production naturelle était gratuite et inépuisable. La remise en question de ces deux caractères changera ces bases économiques.

La concurrence des produits substituables, dont l'augmentation de productivité n'est pas limitée par les rythmes naturels de la production vivante, peut tendre ramener le commerce des bois aux usages les plus spécifiques, et les mieux valorisés.

3.4.4. pêches maritimes et intérieures

La production vitale des mers, océans et eaux intérieures est en soi un sujet considérable, mais qui intervient relativement peu dans les trafics maritimes. Nous ne lui consacrerons ici qu'un développement limité, et seulement dans la mesure où elle complète la perspective que nous essayons de donner de l'alimentation humaine.

Dans les espaces maritimes les mieux surveillés maintenant (mers littorales des pays industrialisés), les politiques de préservation de la "ressource" poissonnière et des quotas ne font qu'aménager une situation déjà profondément dégradée. Les capacités naturelles de régénération du milieu, lorsqu'on sait les évaluer, ne sont pas encore prises en considération dans la pratique.

Dans les mers littorales des pays du Sud, souvent concédées aux flottes des pays industrialisés, l'exploitation ne paraît souvent encore limitée que par la raréfaction des ressources.

Hors compétences territoriales littorales, les mers et océans sont encore souvent exploités sans mesure ni contrôle, avec des moyens de plus en plus puissants.

L'aquaculture littorale, bien qu'en développement, ne semble receler que des possibilités limitées de production. En outre l'élevage de carnivores (truite, saumon) consomme plus de poisson qu'il n'en produit et peut poser des problèmes de pollution littorale. En revanche la pisciculture en eaux douces connaît des développements intéressants. L'ensemble reste néanmoins contraint par la limitation des sites exploitables, et les problèmes de pollutions aquatiques.

Sur l'ensemble, le prélèvement humain sur les productions vitales des eaux douces et marines ne paraît pas pouvoir être beaucoup accru. Le débat se situe entre ceux qui doutent que l'on puisse maintenir le niveau de prélèvement actuel, et ceux qui calculent que l'on pourrait l'augmenter légèrement (FAO)

La situation quantitative des productions et usages actuels se résume en deux tableaux

productions

Niveaux de production de poisson actuels

1989/91

total Capture	8 6
Eaux maritimes	79
Eaux interieures	7
total Elevage	1 2
Eaux maritimes	4,5
Eaux interieures	7,5
. TOTAL	9 8

millions de tonnes poids vif

source FAO - doc 1293

usages des produits de la pêche

Poisson: donnees chronologiques sur les utilisations	Par habitant (kg)		(millions de tonnes)	
	69/71	89/91	69/71	89/91
Pays en développement	6,4	9,3	16,4	36,1
Afrique (subsaharienne)	7,7	8	2,1	3,8
Afrique du N.-E. et du N.	2,7	5,3	0,5	1,6
Asie de l'Est	8,1	14,1	9	22,4
Asie du Sud	4	4,1	3	4,7
Amerique latine et Caraïbes	6,6	8,5	1,9	3,7
Autres			0,9	0,4
Pays développés	22,3	26,4	24	33,3
Europe occidentale	18,4	21,2	6,8	8,5
Europe orientale + ex-URSS	19,3	21	6,4	8,2
Amerique du Nord	14,3	21,7	3,2	5,9
Japon	67,5	72,2	7	9
Autres	11,1	14,4	0,5	0,9
<i>A. Alimentation humaine</i>	<i>11</i>	<i>13,3</i>	<i>40,4</i>	<i>68,5</i>
<i>B. Farine de Poisson (équivalent poids vif)</i>			<i>19,7</i>	<i>27,8</i>
Totaux mondiaux (millions de tonnes)			60,1	98,2
			<i>(équivalent poids vif)</i>	

source FAO - doc 1293

Au total les pêches et cultures aquatiques représentent un apport alimentaire important, qualitativement et quantitativement, particulièrement dans beaucoup de pays en développement. Pour les pays développés en revanche, malgré leur plus forte consommation, ce n'est qu'un appoint, en partie d'ailleurs utilisé pour l'alimentation du bétail.

3.5. CHANGEMENT GLOBAL ET POLITIQUES NOUVELLES

3.5.1. un monde en déséquilibre

Passons maintenant des exposés thématiques qui précèdent à une vision plus globale du domaine des productions vitales. Cette vision est a priori inquiétante.

La situation que nous venons de décrire se caractérise par une accumulation de périls généraux, souvent cumulatifs. La prise de conscience de ces dangers fait prévoir au siècle prochain, soit par leur début de réalisation, soit par leur prévention, des changements structurels dans les productions vitales et les échanges qu'elles engendrent.

Le déséquilibre géopolitique principal est la non-résolution - voire l'accroissement - de l'écart entre le monde "développé" et les pays "en développement". Dans un certain nombre de ces derniers la crise alimentaire est latente ou déjà chronique. Les menaces sur l'environnement planétaire, dont on commence à mesurer l'ampleur, paraissent enserrer ce problème d'un réseau de contraintes difficiles à écarter.

Si l'on parvient à dépasser cette vision négative, il apparaît en revanche que la compréhension croissante et le prise en compte de la dimension planétaire peuvent déboucher sur des développements qualitativement nouveaux.

3.5.2. la montée des risques écologiques majeurs

Le changement climatique en cours risque d'avoir surtout des effets négatifs sur les productions agricoles mondiales, même si certaines grandes régions en espèrent une amélioration locale. Il y a en particulier un élément positif possible, si l'augmentation du taux de gaz carbonique dans l'atmosphère entraîne une augmentation des capacités de production primaire des végétaux. Mais le risque principal semble résider dans le temps nécessaire d'adaptation des écosystèmes à des changements climatiques, qui est actuellement incalculable. Par ailleurs l'effet possible du changement sur la production vitale des mers et océans paraît inconnu.

Les pollutions aériennes ont déjà entraîné pas mal de dégâts, dont les développements sont loin d'être stoppés, sur les forêts du Nord. Les potentiels de production vitale des eaux intérieures sont constamment menacés par les pollutions urbaines, industrielles et agricoles.

La disponibilité en eau, facteur limitant le plus fréquent, commence à être un problème même dans les régions bien dotées.

L'effet des pollutions des cours d'eau et littoraux sur la production des mers et océans, par effluents toxiques, eutrophisation et parfois développement inopiné d'espèces introduites ou inconnues, est difficile à apprécier, mais évidemment négatif.

3.5.3. les amorces de ruptures et germes de mutation

les moteurs du changement

Nous retrouvons les deux types de facteurs de changement, les conséquences directes des changements écologiques, et leurs conséquences indirectes par anticipation. Anticipation qui ne dépend qu'en partie de la prévision précise du changement direct, car ce qui

intervient concrètement est la prise de conscience d'un risque, aux divers niveaux. Mais aussi, la dimension éthique, parfois symbolique, de certains problèmes. La conscience de ce que subissent ou peuvent subir d'autres populations humaines (par exemples les peuples forestiers), mais aussi animales (baleines, dauphins, oiseaux migrateurs...), ou encore des systèmes végétaux, des plantes rares... Et le sommet de Rio montre que ce n'est pas l'apanage des populations favorisées des pays riches, mais l'écho de prises de connaissances locales là où se passent les choses. Tel est le mouvement de fond, qui potentialise celui d'agricultures renouant avec la compréhension de la nature dans laquelle elles s'insèrent.

La partie visible de ce mouvement de fond, congrès et discussions internationales, conventions et moratoires, met en évidence certains vecteurs du changement. La partie moins visible se situe au niveau local, connue parfois par des travaux scientifiques, des reportages, et plus systématiquement par le réseau croissant de ce qu'on a fini par appeler les ONG ("organisations non gouvernementales"). Le cadre de plus en plus officiellement admis dans lequel il s'inscrit tourne autour de la notion de "développement durable" lancée en 1988 par le Rapport BRUNDTLAND (doc122)

la prise de conscience mondiale

Dans le monde actuel le degré d'interconnexion et de diffusion de l'information devient tel que chaque événement de quelque ampleur peut prendre une résonance mondiale, et placer gouvernements et organismes internationaux devant une obligation de prendre position, de prévoir, parfois d'intervenir. Les simples données économiques peuvent s'en trouver localement modifiées à tout instant. Ceci touche bien des domaines, à commencer par celui des conflits armés. Nous ne parlons ici que de ceux qui touchent l'alimentation et les problèmes écologiques liés à l'ensemble des productions vitales.

La prise de conscience des périls n'implique pas forcément celle des changements à réaliser, ni l'acceptation des moyens curatifs ou préventifs. A l'inverse l'ampleur des mesures à prendre amène à la négation des périls, venant des intérêts nationaux ou économiques concernés, où qu'ils soient.

Il est donc plus facile de laisser prévoir de nécessaires mutations que d'en imaginer la forme et les moyens de les réaliser. D'autant plus que notre problème se situe dans le cadre des relations commerciales internationales dominé par des mécanismes économiques qui contiennent peut-être quelques obstacles majeurs à ces mutations.

les blocages économiques

Sans revenir ici sur ce que nous avons dit dans la première phase de cette recherche sur les mécanismes de l'économie de marché¹, rappelons-en deux effets intéressants la question alimentaire.

La situation alimentaire chroniquement excédentaire des pays industrialisés ne les rend que partiellement exportateurs, et bien souvent entre eux. Pour le reste, quotas, gels de terres et parfois destructions de produits réduisent encore les quantités disponibles pour le Tiers Monde. On ne peut servir une demande non solvable sans déséquilibrer le commerce mondial et les marchés locaux concernés, sauf action urgente de type humanitaire...

La situation financière chroniquement déficitaire de beaucoup de pays du Tiers Monde les entraîne dans des obligations d'exportations croissantes peu propices à la recherche de l'autosuffisance alimentaire.

Nous retrouvons ici la conjonction des 3 crises évoquées en introduction du rapport et de cette deuxième partie : crise de la croissance dans les pays industrialisés, crise du développement dans les pays en développement, crise écologique planétaire.

¹ voir annexe A titres A.2.2 et A.3.1

3.6. VISIONS DU FUTUR

On est loin ici de l'abondance des perspectives énergétiques. En plus des prévisions maritimes, fondées comme d'habitude sur des analyses sectorielles à relativement court terme, nous n'avons, comme visions suffisamment chiffrées pour être utilisables, que la dernière version des perspectives de la FAO, et un essai à très long terme de calcul des conséquences du changement climatique sur les productions de céréales. Soit en tout trois scénarios à confronter, sur trois échelles de temps différentes.

3.6.1. scénarios quantifiés

prévisions de trafics maritimes

TRAFIG MARITIME INTERNATIONAL	1991	1995	2000	% 1991	% 2000
PRODUITS AGRICOLES ET ALIMENTAIRES (sauf bois)					
céréales	211	230	244	26%	26%
autres produits agricoles et alimentaires	73	75	82	9%	9%
huiles et graisses d'origine animale et végétale	20	23	27	2%	3%
autres liquides en vrac	5	5	5	1%	1%
Marchandises générales*	225	246	267	27%	28%
total 1	534	579	624	65%	66%
<i>* estimation Prosmar</i>					
ENGRAIS					
vracs gazeux	11	12	15	1%	2%
vracs liquides	13	14	16	2%	2%
phosphates	31	28	24	4%	2%
autres engrains	75	79	83	9%	9%
total 2	130	133	137	16%	14%
PRODUITS FORESTIERS					
bois en grumes	38	36	34	5%	4%
bois débités et produits en bois	43	48	56	5%	6%
papiers, pâtes et bois à pâtes	67	73	84	8%	9%
bois de chauffage et charbon de bois	12	13	16	1%	2%
total 3	159	170	189	19%	20%
TOTAL	823	882	950	100%	100%

sources : Drewry.....unité : millions de tonnes

tableau de synthèse PROSMAR

Les prévisions maritimes retiennent donc une croissance assez modérée, et presque homothétique. On notera cependant la régression des phosphates au profit des "autres engrains", et des bois en grumes au profit

des catégories plus transformées ; dans les deux cas il semble s'agir d'une amélioration de la mise en valeur près des lieux de production.

Cette apparente stabilité masque le fait que les produits agricoles qui dominent cet ensemble de trafics sont sujets à des variations annuelles fortes et difficilement prévisibles.

FAO 2010 (doc1293et1294)

présentation

L'ouvrage titré "Agriculture Horizon 2010", publié en Novembre 1993, fait suite à "Agriculture Horizon 2000" dont la dernière édition datait de 1987. Seul scénario global, la perspective FAO 2010 s'appuie sur les prévisions démographiques et économiques et sur les prévisions des secteurs concernés. L'analyse n'est complète que pour les pays en développement, bien qu'elle se veuille mondiale.

L'option implicite du scénario semble être que l'on arrive à nourrir le monde juste un peu mieux qu'aujourd'hui, sans bouleverser les situations acquises. L'option explicitée est que ce cheminement est le plus tendanciel pour la simple raison que l'on n'en voit pas d'autre. Et si l'on contemple le panorama des réflexions sur le sujet c'est tout à fait exact, il y a bien d'autres questions soulevées mais d'autre chemin clairement tracé, point.

Pour atteindre cette prévision, l'étude prévoit la nécessité de prise de risques environnementaux, en attendant que la technique et l'économie permettent d'affermir les bases d'un développement plus durable. D'ici à 2010 il y aura du dégât¹ mais on tâchera d'y remédier ensuite.

critique interne du scénario

Ce travail a la qualité de fournir, en même temps que le cheminement suggéré, les moyens de le critiquer et d'en voir les incertitudes. Pour nous celles-ci se situent dans trois dimensions.

D'abord dans son cheminement. Sur le plan des moyen de production, il ressemble plus à un catalogue de souhaits qu'à un programme de travail (qu'il ne veut d'ailleurs pas être). La crédibilité à notre avis tient plus à

¹ préface du Directeur Général de la FAO, page ii: "L'étude ... conclut que la pression sur les ressources, y compris sur celles qui sont liées à la dégradation de l'environnement, s'accentuera."

l'évidente nécessité du résultat qu'au détail des moyens. Le résultat, c'est en 2010 une ration alimentaire moyenne supérieure de 6% à celle de 1990 - ce qui compte tenu de l'essor démographique, de la remise en question des techniques culturales les plus intensives et de la dégradation des conditions naturelles de production, est déjà en soi une performance. Côté offre, un catalogue de souhaits. Côté demande, un acte de foi. Tout ceci est plausible, mais pas toujours convainquant.

Ensuite dans sa succession. Le climat, la réaction de l'environnement, et des sociétés, jusqu'à 2010, sont volontairement laissés en deuxième urgence. Et après ? les impasses environnementales jugées obligatoires jusque là, quel sera leur coût écologique ultérieur ? et celui de l'impasse sociale que constitue le maintien global des inégalités actuelles ? Et l'hypothèse de la maîtrise techno-économique d'un développement durable dans ce délai, quel est son degré d'optimisme ?

Enfin dans sa lacune évidente, la faiblesse de l'analyse des productions et consommations des pays développés, et par conséquent des interrelations entre celles-ci et l'évolution agro-alimentaire des pays en développement.

résultats

Les variables décrites et leur évolution sont résumées par le tableau suivant.

	unité	les 93 P.en dev.		P. développés		Monde	
		1988/90	2010	1988/90	2010	1988/90	2010
ration calorique par hab/jour	cal/h/j	2470	2730	3400	3470	2700	2860
<i>consommation tub. et céréales</i>							
féculents	kg/h/an	63	64				
céréales	kg/hab/	170	173				
viande	kg/hab/an			80	86		
lait	kg/hab/an			200	198		
féculents dans la ration calorique	%cal	6 %	6 %				
céréales dans la ration calorique	%cal	61 %	56 %				
viande - production=consommation	MT	64	143				
lait - production	MT	147	248				
lait - consommation	MT	164	273				
production céréales	MT	531	842				
<i>dont blé</i>	MT	132	205				
<i>dont riz</i>	MT	303	459				
<i>dont maïs</i>	MT	112	196				
<i>dont autres céréales</i>	MT	85	134				
consomm. céréales=>animaux	MT	154	327	482	527	636	854
<i>% animaux dans consomm. céréales</i>	%	17%	22%	61%	61%	37%	36%
huiles végétales							
production céréales	MT	847	1314	850	1028	1698	2342
consommation céréales	MT	931	1476	791	866	1721	2342
balance nette céréales	MT	-90	-162	92,6	162	2,6	0
consomm. engrais (sauf Chine)	MT	36,8	78,8				

sources FAO

tableau de synthèse PROSMAR

BLS 2060 (doc1309)

"Potential Impact of Climate Change and Food Supply" de Cynthia Rosenzweig et Martin L. Parry , produit du "Basic Linked System" (BLS) dans le cadre des Universités Oxford et Columbia.

Les bases du travail sont :

- un scénario de référence de la production céréalière, dans le prolongement de celui de la FAO
- les scénarios climatiques de l'IPCC ¹, avec doublement du CO₂ atmosphérique (2060 est choisi en fonction de ce seuil) et accroissement d'autres gaz aboutissant à un réchauffement global moyen de 4° celsius.
- application de l'un à l'autre, au moyen de 34 modèles nationaux et régionaux, intégrés par le "Basic Linked System" (BLS)

avec les résultats suivants

			changement climatique	
		référence	hyp.faible	hyp. forte
	1988/90	2060ref	2060clim1	clim2
1 - production de céréales				
pays développés	850	1450	1450	1450
pays en développement	850	1850	1450	1250
monde	1700	3300	2900	2700
			adaptation niveau 1	adaptation niveau 2
			1500	1650
			1680	1630
			3180	3280
2 - population en danger de famine				
pays en développement	530	640	670	1000
			adaptation niveau 1	adaptation niveau 2
			680	940

source "BLS 2060"

doc 1309

Évidemment on multiplie trois incertitudes, celle du scénario agro-alimentaire de référence, celle du modèle climatique et celle de ses effets sur les productions agricoles. Toutefois les résultats sont présentés comme étant conforme à ceux d'autres travaux, et ont le

¹ International Panel on Climate Change - voir titre 3.1.2 du premier volume

mérite d'être chiffrés à partir de modèles locaux, et du cadre de cohérence du scénario de référence. Sur leur degré d'incertitude rien n'est dit, et ne peut probablement l'être.

Ce travail comporte en outre deux variantes que nous avons fait figurer sur le tableau. Elles intègrent les effets de deux niveaux d'adaptation technologique au changement climatique, qui en corrigent évidemment plus ou moins les effets, mais sans que le décalage entre pays développés et pays en développement soit résolu pour autant. Toutefois il nous semble que le scénario de référence intègre nécessairement déjà une dose optimale d'adaptation technologique et économique, et qu'en rajouter fait double emploi.

critique des scénarios quantifiés

Les visions de l'avenir agro-alimentaire de la planète, tout aussi fondamental que son futur énergétique, paraissent dominées par l'unique scénario d'une institution qui a seule les moyens de le faire.

A la différence de ce que nous avons vu à propos de l'énergie, nos "matériaux du futur" chiffrés ne divergent pas beaucoup entre eux. Ils constituent en fait une seule famille de scénarios, dont la parenté vient de ce qu'ils remettent peu en cause les mécanismes sociaux, politiques et surtout économiques actuels, et décrivent des évolutions graduelles excluant ruptures et mutations. Ceci est implicite dans les perspectives les plus proches (2000) et les plus éloignées (2060), mais au contraire assez bien explicité dans le scénario intermédiaire (2010) qui est celui de la FAO. Ils forment à notre sens un ensemble suffisamment cohérent pour structurer les perspectives de trafic correspondantes, au moins jusqu'à un terme raisonnable. Critiquer ces scénarios revient à dire qu'il y a d'autres avenirs possibles, ce que nous examinerons après.

En fait les seuls scénarios chiffrés tournent autour de celui de la FAO ou le prolongent, il y a ainsi une vision en quelque sorte "officielle" de l'avenir agro-alimentaire du XXI^e siècle, mais qui ne fige pas cet avenir dans la mesure où elle est elle-même évolutive. Entre l'ouvrage précédent (horizon 2000, publié en 1987) et l'édition analysée ici (horizon 2010, de 1993), la prise en compte de nouvelles données environnementales est sensible, et change notamment les perspectives. Mais en revanche les incertitudes ne se réduisent pas. Les scénarios, tant FAO 2010 que BLS 2060, conservent des "impasses alimentaires" dans les mêmes ordres de grandeur que celle d'aujourd'hui - soit en clair plusieurs centaines de millions d'êtres humains en sous-alimentation chronique, ou menacés de famine, selon les définitions. Ils semblent aussi conserver implicitement les mécanismes économiques et monétaires actuels, et ceci explique peut-être celà.

Sur le plan méthodologique, on trouve trois variables déterminantes des évolutions, la démographie, le climat, l'économie. Pas de référence à d'autres variables globales ou scénarios extérieurs, notamment aux scénarios énergétiques. Démographie et climat sont traitées en variables exogènes, la première très déterminée (par les démographes), la seconde trop incertaine dans ses effets proches pour être traitée ailleurs que dans le très long terme. La variable économique est le PIB, dont l'usage est de plus en plus contestées en tant qu'indicateur de développement - et qui ne contient encore aucun indicateur environnemental ou écologique. Ce dernier point jette une incertitude sur les visions prospectives d'un ensemble de secteurs dont l'activité est entièrement fondée sur les processus naturels de production vitale.

Les incertitudes de cette famille de scénarios virent au catastrophisme si on les pousse, mais il y a aussi des solutions non exploitées. Ceci revient à se poser la question d'autres cheminements possibles.

3.6.2. y a-t-il un autre scénario ?

A l'instar des économies d'énergie, il existe des gisements d'économies alimentaires considérables (mais leur prise de conscience paraît moins avancée que dans le domaine énergétique). La surconsommation alimentaire des pays développés en est un, l'exploitation d'une part du potentiel des pays en développement dans l'entretien de cette surconsommation en est un autre.

Les besoins pourraient être satisfaits d'une manière plus économique, si les pays industrialisés parvenaient à remettre en question leurs modèles de consommation alimentaire. D'autant plus que ce modèle risque de conditionner celui des pays en développement les plus avancés, et des sous-populations favorisées des autres.

Les scénarios présentés ne sortent pas non plus du modèle de production extravertie et mécanisée actuellement dominant dans la zone tempérée, et dans la pensée des agronomes. Ils le prolongent, et l'amendent seulement en espérant de nouveaux bonds technologiques.

La reconversion agricole nécessiterait que les pays développés remettent aussi en question leurs modèles de développement agricoles, et ceux que les institutions qu'ils dominent proposent encore aux pays en développement. Les marchés internationaux de produits alimentaires devraient aussi être sérieusement encadrés pour favoriser les productions vivrières les plus efficaces et les moins dangereuses pour les sols. Et on retrouve en fin de compte la question des équilibres financiers et de la dette des pays pauvres.

Dans les visions du futur que nous avons étudiées, la question de la production globale semble à peu près résolue (faut-il y croire ?), mais celle du déséquilibre Nord/Sud s'accroît dans tous les cas.

On peut en déduire la nécessité de modalités de rééquilibrages économiques, quelles qu'en soient les formes, qui ne peuvent qu'entraîner des modifications profondes des mécanismes financiers et flux commerciaux. Cette hypothèse, qui n'est pas souvent évoquée, paraît nécessaire si l'on ne veut pas développer une vision trop catastrophique des relations internationales futures¹.

Les solutions avancées ci-dessus peuvent paraître utopiques, en même temps que peut-être insuffisantes. Mais le problème alimentaire mondial des quelques décennies à venir, bien que difficile à évaluer, ne doit pas être sous-estimé. La démarche prospective amène à envisager, parmi les divers scénarios, un ensemble de solutions de ce type

Il y aurait donc matière à un autre scénario (au moins), mais nous ne l'avons rencontré qu'en des termes très qualitatifs, ou locaux, et ne pouvons donc appuyer dessus des prévisions alternatives de trafic. Il est à sa manière aussi plausible que celui de la résolution technologique de la marche du monde vers le modèle de consommation des pays riches actuels. Plus plausible sans doute, en terme de développement durable à très long terme. Mais il demande, pour s'imposer, le développement de capacités d'anticipation dont on ne voit encore que de vagues prémisses.

Cet autre scénario serait fondé sur la reconstitution des équilibres biologiques plus que sur la mécanisation et les intrants massifs, sur la recherche d'un nouveau modèle équilibré de développement durable, en rupture avec le modèle actuel. Ce modèle est actuellement étudié et déjà pratiqué dans plusieurs pays à des échelles suffisantes pour prouver sa possibilité.

A ce stade, nous sommes obligés d'admettre que nous n'avons rencontré aucun scénario global reposant sur un minimum de chiffres et prenant en compte, même très partiellement, de telles hypothèses. Il n'est donc pas possible d'en préciser les incidences possibles sur les trafics et flottes maritimes, mais on imagine aisément qu'elles seraient importantes ...

¹ Une étape significative, même si ses effets immédiats sont peu visibles, est la "CNUED" ou "Conférence de Rio" de l'an dernier. Beaucoup de ses conclusions, et notamment le programme "action 21" (FAO doc 1293), structurent la réflexion sur l'avenir développée dans le scénario de la FAO.

3.6.3. interprétations

Après le domaine énergétique, c'est dans le domaine des productions vitales qu'apparaît le plus clairement la contradiction croissante entre le jeu incontrôlé des mécanismes économiques et les processus écologiques. Les modes de production fondées sur la valeur nulle des processus, éléments et réserves naturelles ont de facto une rentabilité économique supérieure, et restent dominants tant que ce mécanisme n'aura pas été inversé (et pas seulement aménagé à la marge). Si l'on attend que la dégradation de l'environnement naturel rende rare et coûteux ce qui était auparavant abondant et gratuit, les dégâts seront considérables ; en plus, l'accession d'une ressource à la rareté entraîne souvent le report des exploitations sur une ressource substituable encore abondante, qui à son tour se raréfiera, et ainsi de suite - avec des effets cumulatifs ou multiplicatifs inéluctables. C'est le schéma constant d'évolution des pêches maritimes, avec des moyens de plus en plus puissants et le report fréquent d'une "ressource" déclinante à une autre ; c'est le cas aussi de l'exploitation destructrice des forêts tropicales, puis des terres rendues disponibles par cette destruction, en une succession qui conduit souvent à la stérilisation durable des sols. Encore les pêches industrielles sont-elles obligées économiquement de lâcher une population avant son extinction totale, lui laissant une chance de se refaire, alors que l'abattage forestier dévaste totalement et irrémédiablement des régions entières.

En résumé, au niveau des productions, presque tous les mécanismes exposés ci-dessus font entrevoir de sévères limitations de la croissance des capacités de production agricole, voire des risques de décroissance dans bien des cas. Du côté des consommations : doubler la population, c'est à première vue doubler les besoins. Ce calcul est trop grossier, car en fait, la pénurie alimentaire atteint ou menace surtout des pays pauvres (c'est logique...). Elle est, en son état actuel, l'expression d'un problème de répartition et non de production globale. Risque-t-elle de devenir de plus en plus, dans le cours du prochain siècle, un problème de pénurie globale ? Les connaissances actuelles ne semblent pas permettre de lever cette incertitude..

Tout ceci remet en question les principales tendances qui ont présidé à la croissance des grands courants du commerce international, et du trafic maritime, depuis un bon demi siècle, et dans lesquels les progrès réalisés dans les techniques et modes d'organisation du transport maritime ont été un des vecteurs essentiels de cette évolution générale. Le résultat concret, au premier degré, est une possibilité de modification considérable des marchés et flux d'échanges alimentaires, et de produits destinés à l'agriculture.

Nous nous trouvons, comme pour l'énergie, en face de deux "familles de scénarios", à cette différence près que seul le scénario de type X est chiffré¹.

3.6.4. tableaux synoptiques des scénarios

Beaucoup plus complexe et diversifié que celui de l'énergie, le domaine des productions vitales se prête mal à une description synthétique. Nous la tenterons néanmoins, en deux tableaux synoptiques reprenant les principaux chiffres d'activités et de prévisions des activités que nous avons pu rassembler - trafics maritimes inclus. Le premier présente l'ensemble des productions vitales, le second détaille les seuls produits forestiers.

L'impression d'ensemble qui se dégage de ces chiffres est celle d'une croissance soutenue, concernant particulièrement les pays en développement, qui néanmoins restent en déséquilibre alimentaire. Pour les bois, l'augmentation est encore plus forte. Mais rappelons que nous n'avons qu'une seule "famille" de scénarios chiffrés, qui sont des scénarios de croissance (de type X pour poursuivre le parallèle avec l'énergie).. Nous rediscuterons ceci, et les perspectives de trafic, dans le chapitre suivant.

2 Tableaux synoptiques pages suivantes

¹ voir infra, sous titre 2.5.2, la première définition des scénarios de type "X" et "Y"

tableau de synthèse des prévisions concernant les productions vitales

détail des prévisions concernant les produits forestiers

		1990 détail 1990.....		2010 détail 2010.....	
		total		total	
rappel des trafics maritimes		1991	1995	2000	
bois en grumes		37,9	35,9	33,5	
bois débités et produits en bois		42,7	47,6	55,9	
papiers, pâtes et bois à pâtes		67	70	75,8	
bois de chauffage, charbon de bois, lièges et déch		11,5	13,1	15,9	
total		159,1	166,6	181,1	
consommation (FAO)					
bois de feu et charbon de bois	total	1800	240	1560	2400
bois rond d'industrie		1650	1270	380	2700
sciages		485	373	112	790
panneaux		125	108	17	310
pâtes et vieux papiers		238	196	42	440
consommation totale		4298	2187	2111	6640
trafic maritime hors énergie		147	153	165	
consommation hors énergie		2498	1947	551	4240
					2960
					1280
				% échanges maritimes sur consommation totale	
	total	rond	débité	papier	feu
		3,7	2,3	7	28,2
				0,6	2,7 sur prévision de trafic 2000
					3 sur prolongation tendance trafic => 2010

[

[

[

[

[

[

[

chapitre 4

L'INDUSTRIE

4.1.les trafics concernés.....	117
4.2.problématique générale.....	118
4.3.industrie et environnement.....	119
4.4.les évolutions technologiques.....	124
4.5.scénario pour les matériaux de base.....	130
4.6.les autres échanges industriels.....	134
4.7.interprétation.....	142
4.8.retour aux trafics maritimes.....	144

Ce troisième ensemble d'activités est sans doute le plus hétéroclite. Il regroupe toute l'industrie autre que celle liée à la production d'énergie ou à l'agriculture (les engrains notamment, qui ont été abordés au chapitre précédent).

4.1. LES TRAFICS CONCERNÉS

Les contours de cet ensemble de trafics peut être approché par défaut (tout ce qui n'est pas trafics énergétiques ou produits liés à la production vivante). Ces trafics sont donc constitués de produits bruts et matières premières d'une part, de produits manufacturés d'autre part.

Produits	Trafic 1991
Minerai de fer	357
Bauxite/alumine	55
Autres minéraux	54
Minéraux (bruts ou manufacturés)	36
Fers et aciers	129
Ferraille	29
Ciment	36
chimiques liquides (minéral)	13
chimiques liquides (organique)	29
chimiques gazeux	5
Divers produits chimiques	80
Autres vracs solides	45
March. générales non cont. *	360
Conteneurs *	314
TOTAL	1 542

millions de tonnes

tableau de synthèse PROSMAR

*hors trafics pris en compte dans le domaine des "productions vitales". Estimation PROSMAR

Leur poids est important dans l'ensemble des trafics mondiaux : 1,5 milliards de tonnes soit plus d'un tiers de l'ensemble des trafics mondiaux. Deux groupes de produits dominent nettement cet ensemble : le minerai de fer d'une part, les marchandises générales d'autre part.

Un regroupement peut être proposé en deux sous-ensembles principaux :

Les minéraux et minerais : il comprend tous les produits non énergétiques liés à l'activité d'extraction. Il s'agit de matériaux bruts, le plus souvent destinés à une transformation ultérieure.

Les produits manufacturés : ils se situent au contraire en aval de l'activité industrielle. Ils comprennent les marchandises générales (conteneurisées et non conteneurisées), les produits chimiques, les fers et ferrailles, le ciment,...

4.2. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

L'hétérogénéité de cet ensemble, malgré la forte imbrication des activités concernées ne permet pas l'addition des approches sectorielles mais incite plutôt à traiter ces activités globalement. C'est d'ailleurs en terme d'activités (plus qu'en terme de produits) que cet ensemble trouve sa cohérence. L'industrie sera vue alors comme activité humaine de transformation de la matière, qui engendre des prélevements et des rejets sur l'environnement.

La recherche des facteurs qui influent à moyen et long terme sur les productions de l'industrie nous amène à privilégier trois questions :

- celle de l'impact de ces activités sur l'environnement : l'industrie prélève des matériaux pour les transformer. C'est sous l'angle de ses échanges de matières et flux physiques que l'industrie retiendra ici notre attention : l'industrie comme consommatrice de matières premières et productrice de déchets d'une part, l'industrie comme consommatrice d'énergie d'autre part.
- celle des évolutions technologiques que vont connaître les activités industrielles et qui affectent leurs produits, leur localisation, leurs process et leurs consommations énergétiques.
- celle enfin, plus générale, du volume des échanges liés à la production industrielle. Ceci renvoie plus généralement aux questions du développement industriel dans les pays développés mais surtout aux problèmes et perspectives de décollage dans les pays sous-développés,

4.3. INDUSTRIE ET ENVIRONNEMENT

Au début du cycle de transformation de la matière se situent par définition les matières premières. Leur extraction constitue un prélevement direct sur les ressources non renouvelables de la planète et constitue une source de pollution importante. D'autre part, les matières premières occupent une place de premier rang dans les trafics maritimes (500 millions de tonnes soit un tiers de l'ensemble de ce groupe). Ceci justifie une attention particulière portée aux facteurs qui peuvent peser à moyen et long terme sur leur production et leur utilisation.

4.3.1. les minerais et minéraux

La production mondiale des minerais et minéraux non énergétiques se détaille comme suit :

Tableau de la production de minerais en 1990

MINERAIS METALLIQUES	PRODUCTION 1990 (*)
Minerai de fer	552 000
Bauxite	18 100
Cuivre	8 920
Manganèse	8 600
Zinc	7 300
Chrome	3 784
Plomb	3 350
Nickel	949
 MINÉRAUX NON METALLIQUES	
Pierres	11 000 000
Sable et graviers	9 000 000
Argile	500 000
Sel	191 000
Phosphate	166 350
Chaux	135 300
Gypse	99 000
Soude	32 000
Potasse	28 125

milliers de tonnes

Source: World Resources Institute : doc766

(*) Non compris le recyclage

Le minerai de fer est de loin le minerai métallique plus important (30 fois la production totale des autres), et quatre des autres métaux cités sont principalement utilisés dans la sidérurgie. La bauxite est le second en importance.

La production globale a été marquée par une forte croissance jusque dans les années 70 suivie par un net ralentissement. De 1950 à 1974, les huit produits les plus importants ont connu des taux de croissance de 2 à 9%. De 1974 à 1987, leur croissance était tombée en moyenne en dessous de 2%.

Plusieurs raisons expliquent ce retournement de tendance :

- la crise générale.
- la croissance des pays industrialisés est de moins en moins fondée sur la consommation de matières premières.
- l'évolution technologique et celle des marchés ont permis le recours accru au recyclage pour les métaux : plomb, métaux précieux, acier, aluminium.
- de nouveaux matériaux incorporant moins de matières premières ont été développés.

Parallèlement on assiste à un déplacement d'une partie de la consommation vers les pays en voie de développement. Ils représentaient par exemple 10% de la consommation d'aluminium en 1977, et 18% en 1987.

Dans le même temps, on constate un baisse de l'exploitation dans les pays développés du fait de l'épuisement de nombreux gisements de haute teneur.

Les réserves exploitables aux conditions économiques actuelles varient d'une trentaine d'années (plomb, zinc) à 265 ans (fer). Mais les réserves prouvées sont beaucoup plus importantes et ont augmenté au même rythme que l'exploitation ces dernières années. La plupart d'entre elles sont situées dans les pays sous-développés et dans les pays de l'ex-URSS. Globalement, l'épuisement des réserves ne sera probablement pas un facteur limitant pour la plupart des minéraux et minéraux à moyen terme.

RÉSERVES DES PRINCIPAUX MINERAIS EN 1990

en millions de tonnes	CUIVRE	PLOMB	BAUXITE	ZINC	FER	MANGANESE	NICKEL
Monde	321	70	21 559	144	64 648	813	49
Afrique	42	4	6 874	9	3 454	423	3
Amérique Sud	94	3	4 437	10	8 213	21	1
Amérique nord & centre	81	21	2 156	47	8 580	4	27
Europe	23	10	1 342	26	3 214	0	1
Asie	30	10	1 960	23	7 207	31	4
Océanie	14	14	4 490	19	10 480		6
Nb d'années de réserves (1)	62	36	225	40	265		116

en millions de tonnes	CHROME	COBALT	ETAIN	TUNGSTENE	MOLYBDENE	TITANE	
Monde	419	3	6	2	6	289	
Afrique	341	2	0	0	0	45	
Amérique Sud	2	0	1	0	1	68	
Amérique nord & centre	1	1	0	0	4	35	
Europe	11	0	0	0	0	33	
Asie	24	0	4	1	1	70	
Océanie	0	0	0	0	0	29	
Nb d'années de réserves (1)			28				

(1) Production 1990/ Réserves 1990

Source : World Resources Institute - doc766

Les atteintes portées par l'extraction des minéraux à l'environnement risquent par contre de renforcer la pression pour limiter l'exploitation.

Le degré de pollution dépend de nombreux facteurs : les types de minéraux, les procédés d'extraction et de raffinage, la localisation des sites,... et il est difficile d'en faire une évaluation globale.

Les principaux problèmes posés sont les suivants :

- la plupart des mines sont à ciel ouvert. Elles entraînent une production de déchets en grands volumes qui peuvent contaminer les cours d'eau et les nappes (composés sulfureux, arsenic, etc. contenus dans résidus qui sont exposés à la surface). L'emprise en surface peut être très importante (zones mortes). Les gisements actuellement exploités ont

des teneurs en minerais beaucoup plus faibles qu'avant. Il en résulte des rejets plus importants.

- Le raffinage du minerai peut également produire une pollution atmosphérique importante. Cuivre et autres métaux non-ferreux notamment produisent 6 millions de tonnes de dioxine de soufre dans l'atmosphère (8% des rejets totaux de composés sulfureux). Les équipements de dépollution sont souvent insuffisants notamment dans les pays sous-développés et pays de l'ex-URSS (mines de cuivres chiliennes rejettent 12,5 fois plus de dioxine de soufre que les mines des USA).
- L'énergie nécessaire au raffinage des minerais est élevée. Une estimation de la consommation totale de l'industrie minière est difficile mais il est sûr que celle-ci figure parmi les plus consommatrices d'énergie. Malgré l'amélioration de l'efficacité énergétique l'exploitation de minerais à teneur de plus en plus faible nécessite de plus grandes quantités d'énergie (John E. Young, doc766).
- La faiblesse des législations dans les pays en développement et de leur application.

Ces différents facteurs constituent des atteintes à l'environnement qui sont au premier abord plus locales ou régionales que globales. La diversité et la dispersion des problèmes posés conduisent à des réponses nationales voire régionales (ou par groupes de pays) en terme de restrictions d'exploitation plus sévères. Ces limitations devraient constituer elles-mêmes, par le biais du marché et des réglementations, une incitation au recours accéléré aux produits recyclés. A moins qu'elles ne conduisent plus souvent à des déplacement de zones de production vers des contrées moins exigeantes sur le plan environnemental. La baisse de la consommation sera peut-être aussi déterminante pour l'avenir que les contraintes de production elles-mêmes.

4.3.2. les autres industries

La problématique générale de l'impact des industries autres que minières sur l'environnement a été présenté dans le commentaire de la sélection "autres industries" volume n°3, page 89. La diversité des secteurs considéré rend l'approche difficile.

Du côté des secteurs dont l'impact est particulièrement fort figurent ceux dont les rejets sont à la fois toxiques et abondants, chimie et papeterie notamment.

Les déchets industriels solides sont estimés pour l'ensemble des pays de l'OCDE à 1430 millions de tonnes par an en 1990 et les rejets gazeux à 76,5 millions de tonnes¹.

	Déchets urbains	Déchets industriels Total	dont dangereux	Déchets nucléaires
TOTAL OCDE	420 000	1 430 000	303 000	6 990
USA	208 800	760 000	275 000	1900
JAPON	48 300	312 300		770
CANADA	16 400	61 000	3 300	1 300
ALLEMAGNE	20 230	61 400	6 000	360
FRANCE	17 000	50 000	3 000	950
ROY. UNI	17 700	50 000	4 500	900

milliers de tonnes

Source : OCDE - doc307

L'approche quantitative ne rend pourtant que partiellement compte du problème car les définitions sont différentes d'un pays à l'autre, notamment pour les déchets classés dangereux. Il est possible que les chiffres présentés ci-dessus soient sous-estimés.

Dans les pays à forte activité minière, c'est cette dernière qui est à la source des rejets industriels les plus importants. Ailleurs, c'est la chimie qui produit les principaux rejets.

Au total, l'industrie minière et de transformation des métaux, la chimie, et la papeterie sont estimées produire les 3/4 des déchets industriels.

Les industries les plus polluantes sont confrontées dans les pays développés à des réglementations de plus en plus forte mais qui ont porté jusqu'à présent sur le contrôle et la limitation des émissions.

La pression se renforcera de plus en plus avec plusieurs effets possibles :

- réduction voire disparition possible de certains procédés ou produits (exemple de la chimie du chlore, des CFC, etc.) ; incitation à la substitution de produits et au recyclage.
- délocalisation vers des pays à réglementation plus faible. En terme de trafic, changement dans la nature des produits transportés (moins de matières brutes, plus de produits finis élaborés dans le tiers monde).

- stratégies de limitation effective de certaines pollutions mise en oeuvre par certaines industries. La contrainte environnementale est de plus en plus perçue par certaines industries comme un facteur de progrès technologique et de compétitivité et un enjeu stratégique.

4.4. LES ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Les évolutions technologiques sont une composante majeure et permanente de l'évolution de l'industrie. Elles sont à la fois la source des transformations dans les procédés industriels, et le résultat des évolutions de la demande de produits. Il est donc essentiel de les prendre en compte dans une perspective à moyen ou long terme.

Deux approches parallèles peuvent être menées, qui sont présentes dans la plupart des analyses passées ou prospectives¹ :

Une entrée par les produits finaux et leur utilisation, qui conduit à repérer l'apparition et la disparition des produits et les phénomènes de substitution entre eux.

Une entrée par les techniques de fabrication mises en oeuvre qui observe l'évolution des process, celle des consommations intermédiaires qu'ils engendrent (énergie, matières premières, produits de recyclage, ...).

Ces deux approches sont complémentaires et communes à l'ensemble des secteurs industriels.

L'impact sur les échanges de matières et de produits est nécessairement fort : il se traduit par une évolution lente mais régulière de la structure des trafics qui touche autant les matières premières, que les produits semi-finis et finis.

Quelles sont, à travers ce mouvement général, les axes principaux qui se dégagent ? Nous en distinguerons trois, qui sont en réalité intimement liés et dont l'impact, passé et à venir, sur les trafics maritimes semblent les plus évidents :

- le développement du recyclage,
- la substitution des matériaux,

¹- Cf. notamment "2100 Récit du prochain siècle", Gaudin et autres 1990 - doc2006.

- l'évolution de la consommation énergétique des principales industries.

4.4.1. le développement du recyclage

De nombreux facteurs se combinent depuis plusieurs années, pour concourir au développement du recyclage :

- la disponibilité et le coût de traitement de certaines matières premières.
- la recherche de consommations énergétiques unitaires et globales plus faibles, qui joue en faveur du recyclage. Ceci est particulièrement net pour la sidérurgie (Cf. infra) et l'aluminium.
- la pression et la sensibilisation des opinions des pays développés sur la préservation des matières premières non renouvelables et la protection de l'environnement (papier, verre, aluminium,...).

Pour nombre de métaux, les taux de recyclage sont déjà importants dans les pays développés : l'acier, plomb, le zinc, l'aluminium, le cuivre,...

Part de la production effectuée à partir de matériaux recyclés¹

Acier : 30 % à 50% selon les pays

Papier : 30 à 50% " "

Aluminium : 25% à 50% " "

Tout ce recyclage n'est pas post-consommation. Une part importante mais difficile à évaluer s'effectue dans le cours même des processus de production.

Il existe des limites au recyclage : le coût de la collecte et du traitement, les problèmes techniques qui demeurent (impureté des matériaux par exemple). Certaines de ces limites peuvent beaucoup varier en fonction de la réglementation, des incitations économiques, des marchés eux-mêmes... Existe aussi le problème de la disponibilité des matières secondaires, plus fluctuante que celle des matières premières.

Dans les deux domaines stratégiques pour le transport maritime que constituent l'acier et l'aluminium, les différents estimations à l'horizon

¹ - Towards a fossil free energy future - SEI 1993 - doc1223

2020 -2030 tablent sur un taux global de recyclage à l'échelle mondiale de l'ordre de 50% ¹.

Les conséquences du développement du recyclage sur les trafics vont très certainement dans le sens d'une baisse des trafics : l'impact direct est lié à la diminution de la demande de matières premières au profit des produits de recyclage. Mais cet effet est accentué par le fait que, contrairement aux marchés de matières premières qui sont mondiaux, les marchés de produits recyclés sont plus localisés². D'autre part, le développement du recyclage peut être à terme un facteur de re-localisation de certaines industries cherchant à nouveau à se rapprocher de leurs sources d'approvisionnement.

4.4.2. la substitution des produits et l'évolution des matériaux

Le phénomène est plus difficile à cerner car plus diffus.

Sans rentrer dans le détail de ce mouvement permanent et généralisé, quelques tendances de fond se dégagent sur le long terme qui auront de forte incidences sur les échanges de matériaux primaires.

Le développement de matériaux nouveaux touchent tous les domaines de l'industrie, de l'habitat, les modes de vie, et tous les types de produits : papeterie, métallurgie, verrerie, industries plastiques,... . Les contraintes énergétiques de 70 ont fait émerger de nouvelles exigences de produits plus légers. L'industrie fait aujourd'hui appel à des matériaux structurels plus légers et plus performants. Les perspectives d'évolution sont importantes pour l'avenir dans ce domaine et tendront à brouiller les clivages traditionnels entre les différentes filières de fabrication, et les phénomènes de substitution en sont rendus d'autant plus rapides. Une nouvelle logique s'impose aujourd'hui dans l'organisation du marché. celui-ci se définit en terme de fonctions (isolation phonique, électrique ou thermique, résistance,...) et non plus en fonction de la nature des matériaux ni des secteurs d'utilisation (automobile, bâtiment,...). Les matériaux de base voient leur avenir et leur marché évoluer dans des

1- Towards a fossil free energy future - SEI 1993 - doc1223

2 - Ceci est cependant susceptibles d'évoluer, et les trafics de certains produits pourraient s'élargir géographiquement. C'est déjà le cas de la ferraille et, plus récemment, de la pâte à papier.

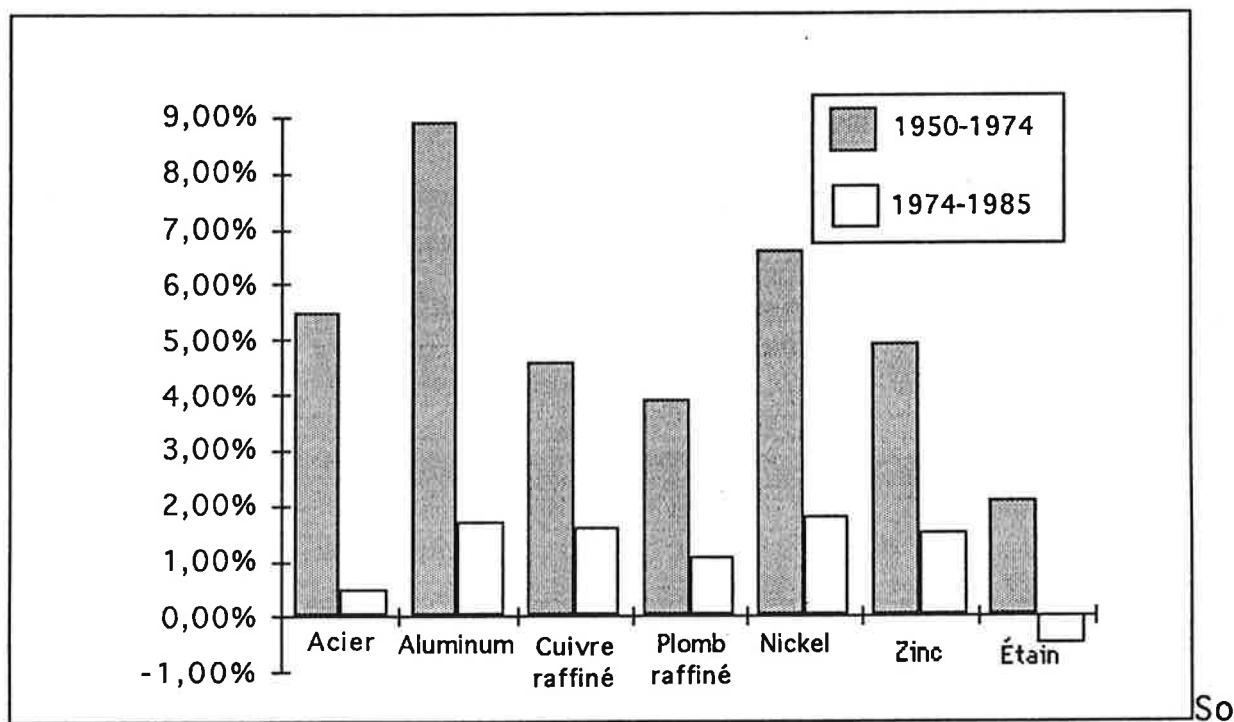
directions qui ne sont pas toujours prévisibles. Certains matériaux comme l'acier ou le carton, après une période de régression au profit du plastique ou de l'aluminium retrouvent ainsi, grâce à l'évolution de leurs propriétés et aux possibilités du recyclage, un regain d'intérêt. Mais dans tous les cas de figure, cela ne se traduit pas par une consommation supérieure de produits de base.

4.4.3. la baisse de la consommation des matériaux de base

Développement du recyclage et évolutions technologiques des matériaux ont leur part dans la baisse continue de la consommation des matériaux de base. Ainsi, actuellement, et plus encore à l'avenir, la croissance de l'activité économique génère des besoins de matériaux qui se situe en retrait par rapport à la croissance globale de production.

Evolution de la consommation mondiale de quelques matériaux

(en % de croissance moyens annuels par période)



source : données Cerna 1991 - doc506

Les écarts de consommation des principaux matériaux restent cependant très forts entre les différents groupes de pays et cette variable sera déterminante pour fonder des projections futures.

Le tableau ci-dessous montre quelques uns de ces écarts pour les consommations unitaires de quelques matériaux en 1988 :

Kg/hab/an	OCDE	EX-URSS & EUROPE DE L'EST	PAYS DU SUD
Acier	477	511	45
Aluminium	13	7	1
Ciment	474	445	93
Papier & pâtes	161	30	5

Source : Stockholm Environment Institute - doc1223¹

Les écart vont de 1 à 5 pour le ciment, jusqu'à 1 à 30 pour les papiers (rôle de l'emballage dans les pays développés pour ce dernier).

Si les évolutions que nous avons décrites sont tendanciellement valables pour l'ensemble de l'industrie, il est clair que les groupes de pays les suivront à des rythmes très différents.

La saturation que connaissent déjà les pays développés, pour lesquels la croissance n'est plus fondée sur une consommation toujours croissante de matériaux ne s'applique pas aux autres groupes de pays et notamment ceux du Sud.

Les projections que nous présenteront plus loin en tiennent compte.

4.4.4. l'efficacité énergétique

Globalement, l'industrie représente 35% de la consommation énergétique finale. Cinq secteurs représentent les 2/3 de cette consommation industrielle :

Répartition sectorielle de la consommation énergétique finale en 1990

Acier & métallurgie	Métaux non ferreux	Ciment	Papier et pâtes	Chimie	Total des 5 secteurs	Autres ind. (2)
27%	4%	11%	5%	15%	63%	37%

Source : Stockholm Environment Institute - doc1223

(1) inclus verrerie

(2) IAA, textile, machine outil, mines

On notera l'importance de la sidérurgie et de la métallurgie, et dans une moindre mesure de la chimie.

L'intensité énergétique de tous les sous-secteurs industriels diminue sur le long terme et ceci est essentiellement le résultat des différents progrès technologiques dans les process mis en oeuvre.

La sidérurgie : le développement progressif de la technologie des fours électriques à réduction directe est dû à ses performances énergétiques : le gain pour une tonne d'acier est de 50% comparé aux fours à oxygène classiques¹. Une des raisons de ce gain est la plus forte proportion de ferraille comme chargement au lieu de mineraux. Cette évolution est très nette dans les pays développés (Europe, Japon, Etats-Unis) mais beaucoup plus lente dans les pays de l'Est. L'écart entre les niveaux de consommation d'énergie reste donc globalement important : du simple au double entre les pays développés et les pays en développement. Il ne pourra se combler qu'au rythme lent de remplacement des investissements. Les nouvelles capacités pourront, de plus, incorporer d'autres améliorations techniques qui diminueraient encore leur consommation unitaire².

L'aluminium : la production d'aluminium représente 6% de la consommation énergétique de l'industrie. 75% de cette énergie est consommée par la phase de réduction de la bauxite en alumine. Comme pour la sidérurgie, les écarts sont importants selon les sites (de l'ordre 20%) et selon l'âge des capacités installées.

Le ciment : deux technologies sont en présence (sèche et humide), dont la consommation unitaire varie du simple au double. 75% à 90% des cimenteries des pays développés ont aujourd'hui adopté la technique "sèche". Cette proportion n'est que de 50% en moyenne dans les pays sous-développés, et 15% dans les pays de l'ex-URSS. Des gains importants peuvent donc être réalisés à l'avenir, en fonction du renouvellement des installations.

Le papier : la différence de consommation unitaire entre les unités installées dans les pays développés et sous-développés varie du simple au double. Deux facteurs principaux interviennent : le développement

1- 23 GJ/T (gigajoules par tonne) en moyenne dans les années 80 en Europe pour un four à oxygène contre 11 GJ/T pour un four électrique.

2- Towards a fossil free energy future - SEI 1993 - doc1223

d'unités de fabrication intégrées (pâtes et papier) dans les pays développés d'une part, l'utilisation de produits de recyclage d'autre part, qui permet un gain de 55% d'énergie consommée.

Il apparaît à partir de ces quelques exemples que les principaux secteurs industriels ont un potentiel d'amélioration encore important, mais celui-ci reste subordonné au renouvellement progressif des capacités dans les pays de l'Est et dans les pays sous-développés. On peut penser que celles-ci bénéficieront des nouvelles technologies, mais le rythme de l'investissement risque d'être lent.

4.5. SCÉNARIO À LONG TERME POUR LES MATÉRIAUX DE BASE

Le Stockholm Environment Institute a élaboré en 1993 un scénario à long terme, que nous avons appelé précédemment en abrégé "2100 FFEF"¹ (doc1223). Ce scénario comporte la détermination des consommations d'énergie de l'industrie et de sa contribution à l'effet de serre. Son objectif est principalement énergétique et repose sur la recherche d'un modèle de production/consommation qui permettrait de se passer à horizon 2100 des énergies fossiles. Il s'intéresse par conséquent aux secteurs industriels fortement consommateurs et c'est à ce titre qu'il nous intéresse ici. Il apporte au passage des éléments intéressants qui permettent une projection quantifiée de différentes tendances que nous avons décrites précédemment : les niveaux de consommation des matières de base, le niveau de consommation énergétique en particulier.

Le scénario FFEF est fondé sur des hypothèses économiques et technologiques que qui peuvent être résumées ainsi :

- l'efficacité énergétique et le niveau technologique de l'industrie tendra à s'homogénéiser sur l'ensemble de la planète au fur et à mesure du remplacement des capacités obsolètes des pays de l'Est et du développement de l'industrie dans le tiers monde. La consommation énergétique augmentera jusqu'en l'an 2000, se stabilisera (2010), puis diminuera pour s'établir partout à un niveau inférieur à celui que connaissaient les pays développés en 1990.

1- Nous l'avons déjà cité dans ce volume au chapitre 1 en tant que scénario global, et analysé dans le chapitre 2, titre 2.5.1, sa composante énergétique.

. la consommation par habitant en matériaux de base (acier, ciment, aluminium, papiers,...) continuera sa tendance à la baisse dans les pays développés, et dans une moindre mesure dans les pays de l'est. Les pays du sud verront par contre leurs consommations unitaires augmenter pour rejoindre en 2100, les niveaux des autres pays.

On retrouve comme dans d'autre scénario la notion de période transitoire (ici celle qui va jusqu'en 2030) qui prolonge en les infléchissant les tendances actuelles. La période qui suit (2030-2100) est celle du cheminement économiquement et technologiquement stabilisé, où l'effet mécanique de la démographique devient la variable principale.

Nous retiendrons essentiellement de ce scénario les données relatives à la consommation des matériaux de base qui présente l'intérêt de mesurer les effets d'une industrialisation technologiquement et économiquement avancée des différentes régions du monde (ici réduite à trois situation : pays développés, pays de l'Est, pays du sud).

CONSOMMATIONS MATÉRIAUX DE BASE 1990-2030¹

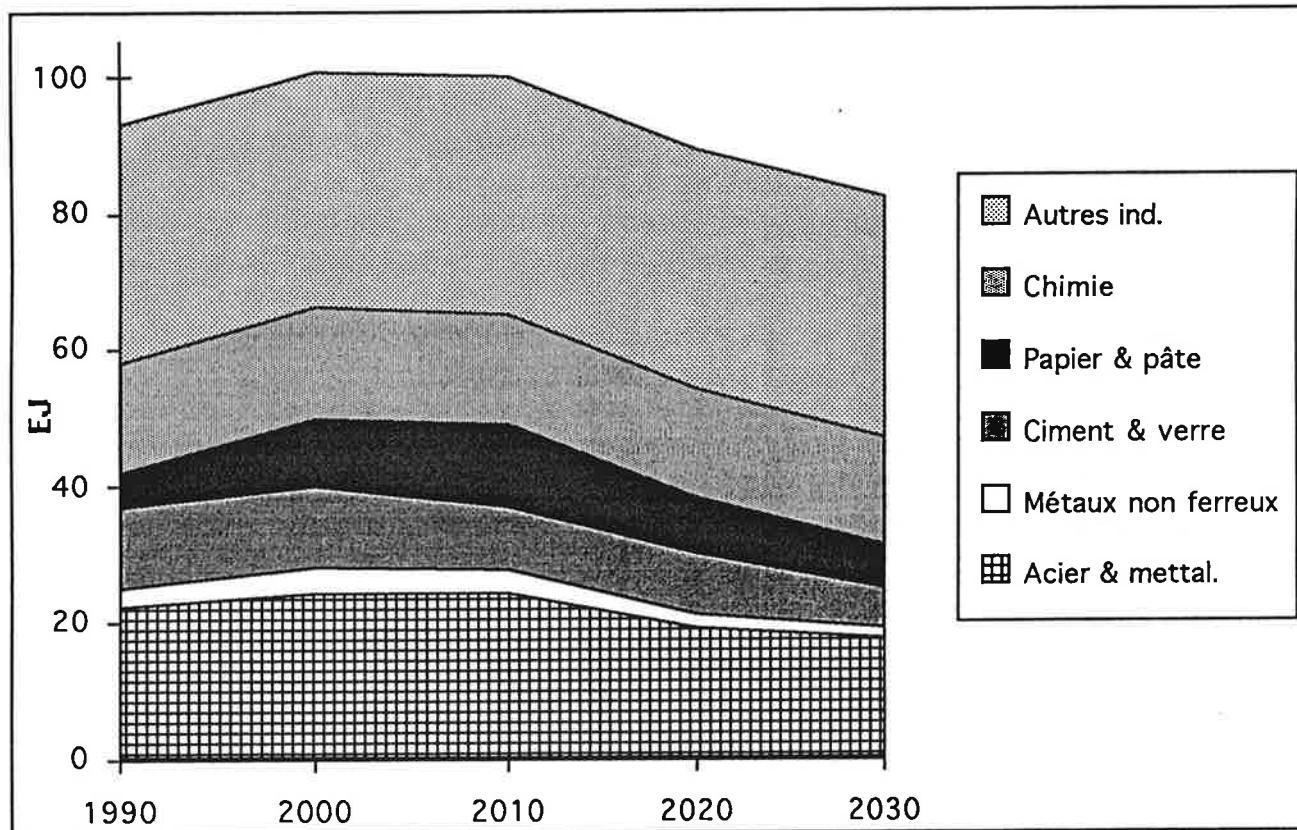
Groupes de pays	Consommations (Kg/hab)		Consommations totales (MT)	
	1990	2030	1990	2030
OCDE				
Acier	477	421	377 562	363 376
Aluminium	13	14	10 290	12 084
Ciment	474	397	375 187	342 661
Papier & pâtes	161	162	127 437	139 826
URSS/EUROPE DE L'EST				
Acier	511	446	212 077	218 902
Aluminium	7	9	2 905	4 417
Ciment	445	384	184 685	188 471
Papier & pâtes	30	79	12 451	38 774
PAYS DU SUD				
Acier	45	142	183 854	1 015 341
Aluminium	1	6	4 086	42 902
Ciment	93	156	379 964	1 115 445
Papier & pâtes	5	58	20 428	414 717

	millions de tonnes	consommation 1990	consommation 2030
Acier	773 492	1 597 618	
Aluminium	17 281	59 403	
Ciment	939 837	1 646 577	
Papier & pulpes	160 316	593 317	

L'autre variable intéressante que nous retiendrons de ce scénario est celle de la consommation énergétique globale de l'industrie à l'horizon 2030. Il est clair cependant que les résultats obtenus pour l'industrie sont largement marqués par l'hypothèse volontariste de départ (fin des énergies fossiles en 2100).

¹- les consommations totales ont été reconstituées à partir des données "consommations unitaires" du SEI et des projections "populations de l'ONU".

Nous reproduisons dans le graphique ci-après les principaux résultats obtenus sur la période 1988-2030 :



L'augmentation de la consommation jusqu'en 2000 est due à la poursuite de l'activité de capacités encore anciennes (30 ou 40 ans de durée de vie pour des activités comme le ciment la sidérurgie). La consommation se stabilisera au-delà puis décroîtrait jusqu'en 2030, où l'industrie retrouve son niveau de consommation de 1990.

La chimie et les autres industries ont des consommations stables sur la période.

Ce scénario, nous l'avons déjà souligné, peut paraître très optimiste, car supposant un infléchissement très fort des deux variables principales, à savoir la baisse de la consommation de matériaux de base d'une part, la baisse de leur consommation énergétique d'autre part.

Certes elles sont toutes deux observables tendanciellement sur la longue période et ont accompagné le développement des pays industrialisés depuis l'après-guerre. Mais leur généralisation à un rythme rapide à l'ensemble des pays (Sud et Est en particulier) est une option très volontariste.

Un autre scénario pourrait donc être envisagé, fondé sur une industrialisation du tiers monde plus "classique", au moins dans une première phase. Elles se caractériserait par des délocalisations d'industries lourdes et polluantes du Nord vers le Sud, un niveau de consommation de matières premières élevé, une diffusion plus lente du progrès technique dans l'industrie, et une consommation énergétique de l'industrie par conséquent plus forte. Les pays de l'Est de leur côté renouvelleraient leur structure industrielle moins rapidement que prévu et resteraient marqué par le poids des industries traditionnelles.

Les niveaux de pollution et de consommation d'énergie resteraient élevés, posant à terme des problèmes au plan local et global.

Ce scénario, qui s'inscrit plus clairement dans le prolongement des tendances actuelles sans infléchissement volontariste ressemble en réalité à celui qu'adoptent implicitement les projections maritimes présentées au chapitre 2.

L'écart entre les deux types de scénarios peut paraître mineur sur la courte période, puisque les tendances sont les mêmes jusqu'à l'an 2000, mais le "calendrier" adopté fait la différence à plus long terme (2020-2030), notamment dans le domaine des consommations énergétiques¹.

4.6. LES AUTRES ÉCHANGES INDUSTRIELS

4.6.1. les marchandises générales industrielles

L'ensemble constitué par les "marchandises générales", conteneurisées ou en vrac, qui constituent plus d'un tiers des trafics, ne sont qu'indirectement concernées par l'analyse précédente. Certes l'évolution des matériaux de base de l'industrie, étudiée précédemment, a une incidence certaine sur la nature, la composition et le poids des produits de consommation qui constituent l'essentiel des marchandises générales, mais cette approche n'est pas suffisante pour caractériser les échanges de produits manufacturés en général.

L'approche sectorielle apparaît impossible ne serait-ce que parce que la composition des trafics de marchandises générales est largement

1- Ce scénario peut être esquissé mais il n'en existe pas, à notre connaissance de version achevée et quantifiée sur le long terme.

inconnue. Seule une approche globale portant sur les échanges industriels peut servir de cadre à une prospective de ces trafics.

Ce constat nous amène à privilégier deux axes :

- . Les trafics de marchandises générales apparaissent jusqu'à présent étroitement corrélés au développement des échanges mondiaux. Cette équation, valable pour la période passée l'est-elle pour l'avenir ? Autrement dit l'hypothèse d'une croissance continue à l'échelle de la planète, fondée sur des échanges également croissant entre pays est-elle possible ? A quel horizon ? Poser la question sous cette forme amène à s'interroger sur la croissance en général, sur ses limites, sur sa répartition géographique. Quel avenir pour la croissance dans les pays développés, dans le tiers-monde ?
- . De quoi seront fait les échanges de marchandises générales ? Le type de développement industriel et les évolutions qualitative de la demande, tant au nord qu'au sud, n'induisent-ils pas, comme on l'a vu précédemment pour les produits de base, des évolutions structurelles fortes dans les productions, consommations et échanges, se traduisant par l'apparition de nouveaux produits, le déclin d'autres, ...

Ces deux questions débordent en réalité largement du seul problème des échanges de produits industriels,.... Elles touchent aux problèmes de développement des activités humaines à l'échelle de la planète, ses limites, etc. Les déterminants à prendre en compte sont de même nature que pour les autres domaines d'activités humaines (énergie, productions vitales). Il faut donc les aborder en cohérence avec les développements antérieurs, ce que nous ferons dans le dernier chapitre de ce volume.

4.6.2. les scénarios

Les marchandises générales constituent la catégorie de trafic la mieux corrélée à la croissance de l'économie mondiale (Cf. Chapitre 2 du volume n° 1).

C'est en effet dans le domaine des échanges de produits industriels "indifférenciés" que la tendance au prolongement des courbes est la plus nette.

C'est bien cette question de la croissance continue des échanges mondiaux, admise par tous les prévisionnistes, qui est au coeur de la problématique.

A quoi ressemble les scénarios tendanciels qui reposent sur une lente et régulière montée des échanges industriels à l'échelle planétaire ? Une synthèse des diverses approches est difficile vu leur diversité. Il nous semble cependant que les quatre scénarios élaborés par le Central Planning Bureau des Pays Bas pour la conférence de L'OCDE de 1991 sur "les perspectives à long terme de l'économie mondiale"¹ représente assez bien, à travers ces différentes variantes, cette famille de scénarios. Nous l'avons présenté dans ses grandes lignes au chapitre 1 (titre 1.4.2), en le désignant par l'abréviation "CPB".

Nous reprendrons rapidement les principaux résultats sous l'angle qui nous intéresse ici, celui des perspectives de croissance du commerce mondial (Cf. tableau et graphiques pages suivantes).

¹- OCDE doc20003

	Am. du Nord	Europe Ouest	Japon	E. Est ex-URSS	Éco dyn. d'Asie	Autres Asie	Moyen Orient	Afriq.	Am. Lat.	MONDE
Scénario 1 : déplacement des pôles économiques										
PIB *	3,4%	1,9%	4,3%	0,4%	7,3%	6,5%	3,6%	2,9%	4,3%	3,4%
Exports *	6,5%	3,4%	7,5%	2,4%	9,7%	8,7%	4,8%	3%	6,4%	5,9%
% échanges mond.	21%	24%	13%	3%	24%	6%	3%	0	5%	100%
Scénario 2 : Renaissance européenne										
PIB *	1,8%	2,8%	3,7%	3,4%	6,2%	4,9%	3,5%	4%	2,8%	3,1%
Exports *	3,1%	5,1%	6,5%	7,3%	8,3%	6,6%	4,6%	5,5%	3,1%	5,6%
% échanges mond.	10%	39%	11%	10%	19%	4%	3%	1%	2%	100%
Scénario 3 : crise mondiale										
PIB *	1,7%	1,8%	3%	0,8%	4,9%	4,2%	2,1%	2,3%	3%	2,2%
Exports *	2,9%	3,2%	5%	2,7%	6,3%	4,3%	2,4%	2,5%	3,5%	3,7%
% échanges mond.	13%	38%	12%	5%	19%	4%	3%	1%	4%	100%
Scénario 4: croissance équilibrée										
PIB *	3,1%	3,2%	3,1%	2,5%	7%	6,1%	3,2%	4,9%	5,6%	3,6%
Exports *	6,1%	6,4%	6%	6,5%	9,8%	8,5%	3,1%	6,6%	8,1%	6,9%
% échanges mond.	15%	39%	7%	6%	20%	5%	2%	1%	6%	100%

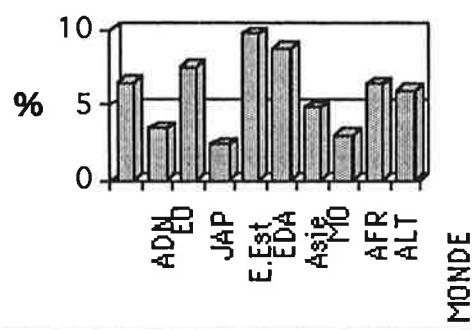
* taux de croissance annuels moyens en % sur la période 1990-2015

Sur les quatre scénarios "CPB", deux sont des scénarios de croissance de l'économie mondiale fondée sur la lutte économique entre les blocs. Dans le premier scénario dit de "déplacement des pôles économiques", c'est l'Asie et dans une moindre mesure l'Amérique qui tirent les échanges mondiaux. L'Europe connaît une croissance ralentie et ceci influe sur le faible développement de l'Afrique et de l'Europe de l'Est. Le libre jeu du marché débouche globalement sur une croissance très forte mais inégale des échanges.

Le second scénario dit de Renaissance européenne, les facteurs d'une forte croissance mondiale sont identiques au précédent (progrès technologique, libre jeu du marché,...), mais la coordination internationale est plus développée et joue en faveur d'un ensemble bien intégré, l'Europe, au détriment (relatif) de l'Asie. La part de l'Europe dans le commerce mondial est plus importante (39% en 2015 au lieu de 24% dans le scénario précédent). Afrique et l'Europe de l'Est en bénéficient (cette dernière étant quasiment intégrée à l'Union Européenne en fin de période) et leur croissance est plus forte (de 5 à 6%).

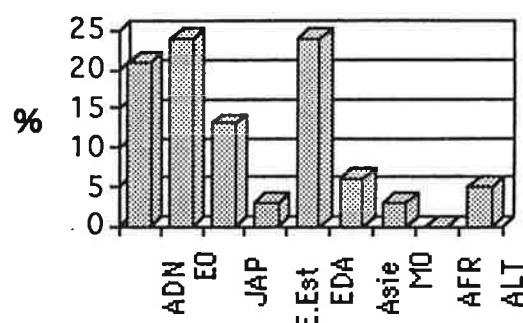
EXPORTATIONS (croiss. annuelle)

Scénario 1

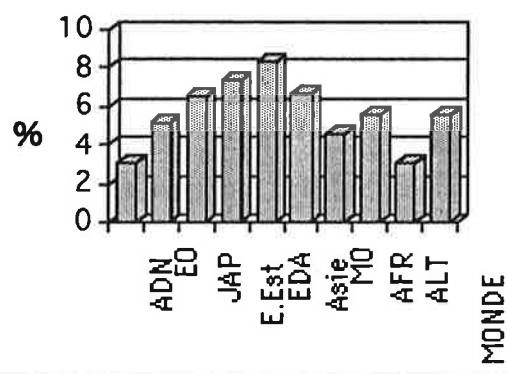


Part dans les échanges mondiaux

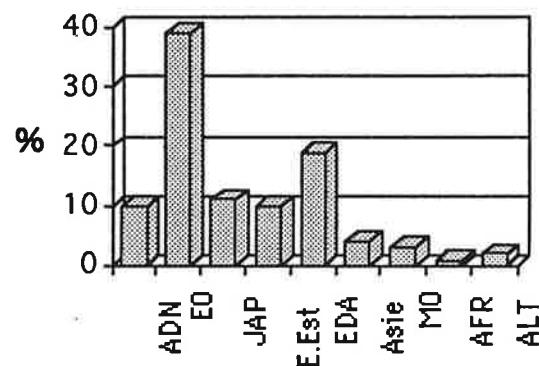
Scénario 1



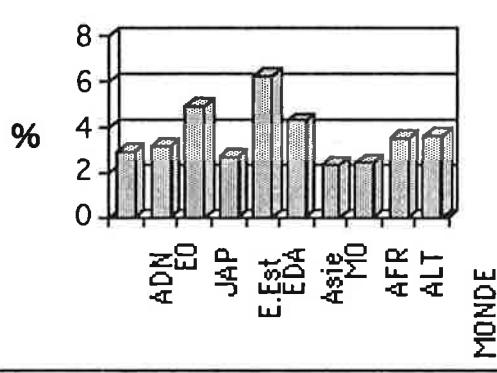
Scénario 2



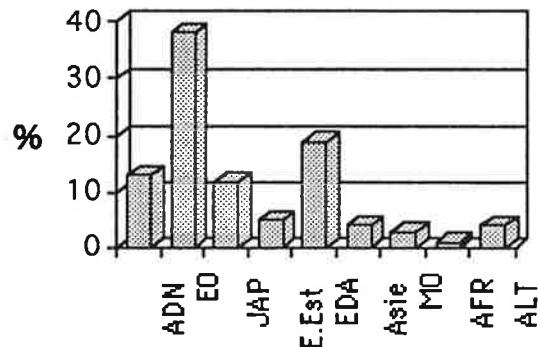
Scénario 2



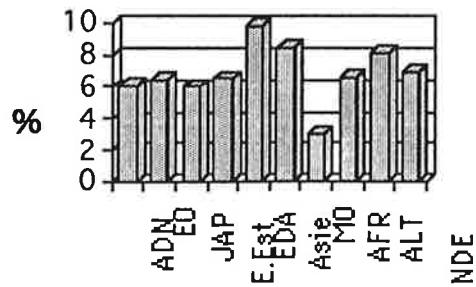
Scénario 3



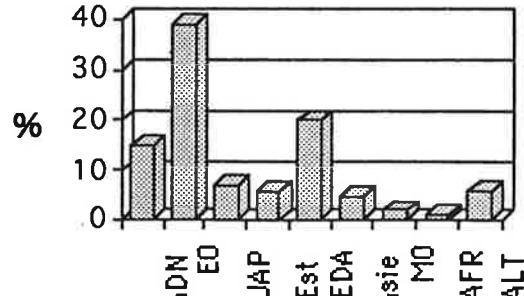
Scénario 3



Scénario 4



Scénario 4



Plusieurs éléments communs aux scénarios sont intéressants à souligner :

La mondialisation de l'économie est bien le phénomène dominant, à la base du développement prévu des échanges. Ceux-ci se développent surtout sur un axe Est-Ouest, sur lequel l'émergence des économies asiatiques dans un cas, le dynamisme de l'Europe dans l'autre, structurent une nouvelle géographie des échanges.

La mondialisation va de pair avec une délocalisation accélérée de certaines industries (manufacturières notamment) vers l'Asie et dans une moindre mesure vers l'Amérique latine. Une certaine spécialisation de l'économie mondiale en résulterait, qui favoriseraient en retour les échanges de produits manufacturés.

Ainsi, même dans l'hypothèse aujourd'hui assez couramment admise d'une sorte de saturation matérielle des économies développées et d'une dématérialisation de sa croissance, le développement d'autres régions du monde tirerait le commerce mondial pour une période encore longue.

Dans les visions de ce type les plus optimistes (scénario "Renaissance européenne" par exemple), les pays sous-développés finissent par connaître un certain décollage, lié aux phénomènes de délocalisation et au caractère ouvert de la croissance mondiale. Leur rôle reste cependant encore marginal dans les productions industrielles hormis pour les industries de base. Seul compterait véritablement les basculement géographiques Est/Ouest et la plus ou moins grande stabilité des relations internationales.

Les taux de croissance retenus, aussi bien du PIB que du commerce mondial sont comparables à ceux des périodes passées : de l'ordre de 5 à 6 % en moyenne, ce qui représenterait une nette tendance à la reprise, et ce, sur une période longue. Ces taux sont même plus élevés en moyenne que ceux retenus dans les prévisions maritimes analysées précédemment (Cf. chapitre 2 du volume n° 1).

En ce sens ces scénarios représentent plus qu'un simple prolongement de tendances ; Ils reposent sur le postulat que les contraintes actuelles que connaissent les pays développés seront dépassées pour assurer une croissance continue du commerce mondial.

Appliqué au thème des trafics de marchandises générales, ces deux scénarios pourraient schématiquement se traduire ainsi : le scénario 1 déboucherait sur une croissance des trafics identique à celle du commerce mondial (aux alentours de 6%), stimulée par le développement

de la production de l'Asie et par les délocalisations d'industries manufacturières.

Dans le scénario 2, le libre-échange est moins poussé et l'Europe de l'Ouest domine le commerce mondial (39% des échanges mondiaux) ; on peut supposer une plus forte part de trafics intra-régionaux.

Les limites d'une croissance forte de l'économie et des échanges mondiaux sont évidents : les atteintes à l'environnement seraient fortes, les risques de crise économiques se traduisant par un sous-développement chronique du tiers-monde sont également élevés.

C'est l'hypothèse envisagée dans le troisième scénario : celui de la crise.

Deux tendances de fond le caractérisent : une stagnation des échanges mondiaux, la persistance du sous-développement. L'Asie (autre que NPI et Japon) et l'Afrique n'ont aucune chance de trouver une issue positive à l'équation : explosion démographique, pénurie alimentaire, dégradation de l'environnement (désertification, réserves d'eau,...).

Cette situation, qui, que l'on peut, elle aussi considérer comme le simple prolongement des tendances actuelles, mais avec des effets d'amplification conduisant nécessairement à des ruptures.

On assiste ainsi à la montée de blocs antagonistes et les échanges sont faibles. Les prix des produits de base restent à un niveau très bas, accroissant d'autant les problèmes des pays sous-développés. Les pays de l'ex-URSS de leur côté ne se relèvent pas,... Cette situation ne favorise pas des décisions mondiales sur l'environnement qui continue à se dégrader (réchauffement, etc.). Elle favorise par contre la montée des tensions, lentement mais sûrement...

A un moment donné, une perturbation intervient, qui, compte tenu de la fragilité du système, se transforme en "choc systémique". Outre les dimensions politiques voire militaires de la crise, toujours faciles à imaginer, il faut mettre ici l'accent sur ses dimensions écologiques : une grave crise agricole (d'origine climatique par exemple) qui entraînerait les pays sous-développés dans un cycle de dégradation des sols, d'urbanisation et d'émigration sans précédents... ou inversement, une pression démographique sur l'alimentation et l'utilisation des sols qui provoquerait une émigration massive....

Le lien que ce scénario établit entre les variables de base que constituent la démographie, le sous-développement et l'environnement est intéressant. Il montre que la probabilité d'une crise limitée à un

domaine ou à une région du monde est faible. Les répercussions sur l'ensemble de l'économie mondiale sont au contraire mises en lumière par ce scénario. Le développement du tiers monde apparaît donc bien comme une des clés de l'équilibre global.

Autre aspect intéressant à souligner : c'est bien l'absence de décisions et de coordination internationale des années 90 qui sont à la base de la situation de crise, même si celle-ci a des facteurs déclenchants qui n'apparaissent que plus tard.

Il peut sembler curieux que malgré tout le scénario de crise se termine mieux qu'il n'avait commencé. La crise provoque vers 2005-2010 un sursaut international (sur le protectionnisme, l'aide au développement, l'environnement,...). Après une chute de croissance à moins de 1%, le PIB mondial se relève à près de 3% entre 2010 et 2015...

Le quatrième scénario, celui de la "croissance équilibrée" est à l'opposé du précédent. La coordination internationale et le progrès technologique sont à la base d'une croissance non seulement très forte (+3,6% pour le PIB, et près de 7% pour les échanges mondiaux sur la période...), mais surtout mieux équilibrée entre les différents continents.

Les nouvelles technologies et leur transfert systématique, ainsi qu'un bon climat de coopération permettent aux pays du tiers-monde de décoller. Leur développement acquiert un caractère durable et plus respectueux de leur environnement. Ainsi, "même si en 2015 l'économie mondiale n'a pas résolu des problèmes aigus tels que l'effet de serre et l'offre alimentaire mondiale, elle aura certainement accompli des progrès substantiels dans ce sens¹".

Autrement dit, la croissance équilibrée permet sans doute de résoudre les problèmes récurrents qui sont à la base du scénario précédent (crise mondiale),... en les reportant sur la période ultérieure.

Ce scénario met en lumière d'une certaine façon les limites et les impasses auxquelles conduisent peu ou prou tous les scénarios précédents, qui sont des scénarios de croissance. La crise imaginée par les auteurs du scénario 3 a pour effet de bloquer cette croissance, et même s'ils la font suivre (comme il se doit.) d'une reprise, les effets de

¹- OCDE doc20003. page 66

celle-ci sont trop tardifs pour se faire sentir sur la période. On se trouve ainsi involontairement, au niveau des effets, dans un scénario se rapprochant du type Y.

En terme d'échanges et de trafics, ce scénario débouche naturellement sur un développement comparable à celui des années 70 mais fondée sur une meilleure répartition géographique.

4.7. INTERPRÉTATION

En résumé, pour revenir à la logique des scénarios X et Y que nous utilisons pour les autres activités humaines¹, nous avons :

- trois scénarios de type X, les "CPB" n° 1; 2 et 4 de l'OCDE. Ce sont indiscutablement des scénarios dans lesquels la croissance et les relations entre les principaux pays industrialisés dominent, aux dépends des soucis de rééquilibrage mondial et de développement durable.
- deux scénarios de type Y, FFEF et le "CPB" n°3 de l'OCDE. Le premier se classe ainsi parce que c'est un scénario de maîtrise et de reconversion de l'énergie, et sur le plan industriel parce qu'il pose des objectifs de recyclage et d'économies d'énergie croissants. Ce n'est pas pour autant un scénario anti-croissance, cela se sent dans les perspectives de développement industriel, mais ici la priorité est à la "durabilité" du développement. Le second est typique d'une stratégie de croissance achoppant sur l'accumulation des tensions à l'occasion d'un "choc systémique" quelconque, mais qui pour l'exemple est une crise alimentaire d'origine climatique... et ceci nous ramène à un scénario "Y" du domaine des productions vitales, ou plutôt à l'absence (remarquée dans le chapitre précédent) d'un tel scénario.

Un autre point de vue, non pris en compte par les scénarios précédents, manque à ces approches. Ce serait celui d'une approche fondée sur un

¹ voir infra, sous titre 2.5.2, la première définition des scénarios de type "X" et "Y"

développement du tiers-monde différent de celui des pays développés. Partant du constat des impasses auxquelles mènent les scénarios précédents, et surtout des échecs de la plupart des politiques jusqu'ici mises en oeuvre, elle privilégierait la satisfaction des besoins locaux et un développement plus autocentré du tiers-monde. L'industrie manufacturière serait moins tournée vers l'exportation et le rôle des énergies renouvelables serait renforcé grâce à de politiques de recherche et d'incitation fortes. La géographie et la nature des échanges de marchandises en seraient modifiées dans le sens d'un meilleure équilibrage Nord-Sud (plus forte proportion de biens d'équipement vers le Sud notamment).

Nous ne pouvons qu'esquisser une telle vision en l'absence de scénarios précis sur lesquels nous appuyer.

4.8. RETOUR AUX TRAFICS MARITIMES

Nous donnons seulement ici le tableau synoptique des chiffres les plus significatifs des scénarios et des prévisions maritimes analysés dans ce chapitre. Le synthèse sera faite dans le chapitre suivant.

	1990	2000	2005	2015	2030
MINERAIS ET MINÉRAUX					
Fer					
Production	986				
Consommation					
Trafic Drewry	351	379			
Trafic Jamri	379	391	408		
Bauxite					
Production					
Trafic	55	51	52		
Ciment					
Production					
Consommation	939,8				1647
Trafic	42	48	50		
MATÉRIAUX DE BASE					
Acier					
Production	770	772			
Consommation	773				1598
Trafic	109	137	158		
Aluminium					
Production					
Consommation	17,2				59,4
MARCHANDISES GÉNÉRALES					
Exports mondiaux (OCDE)					
Scénario 1				5%	5,90%
Scénario 2					5,60%
Scénario 3					3,70%
Scénario 4					6,90%
Trafics Drewry	659	801			
dont conteneurs	299	441			
Trafics Jamri	450	713	879		

unité : millions de tonnes

tableau de synthèse PROSMAR

Trafics 1990 et 2000 : sources Drewry et JAMRI

Tous les chiffres de 2005 : source JAMRI

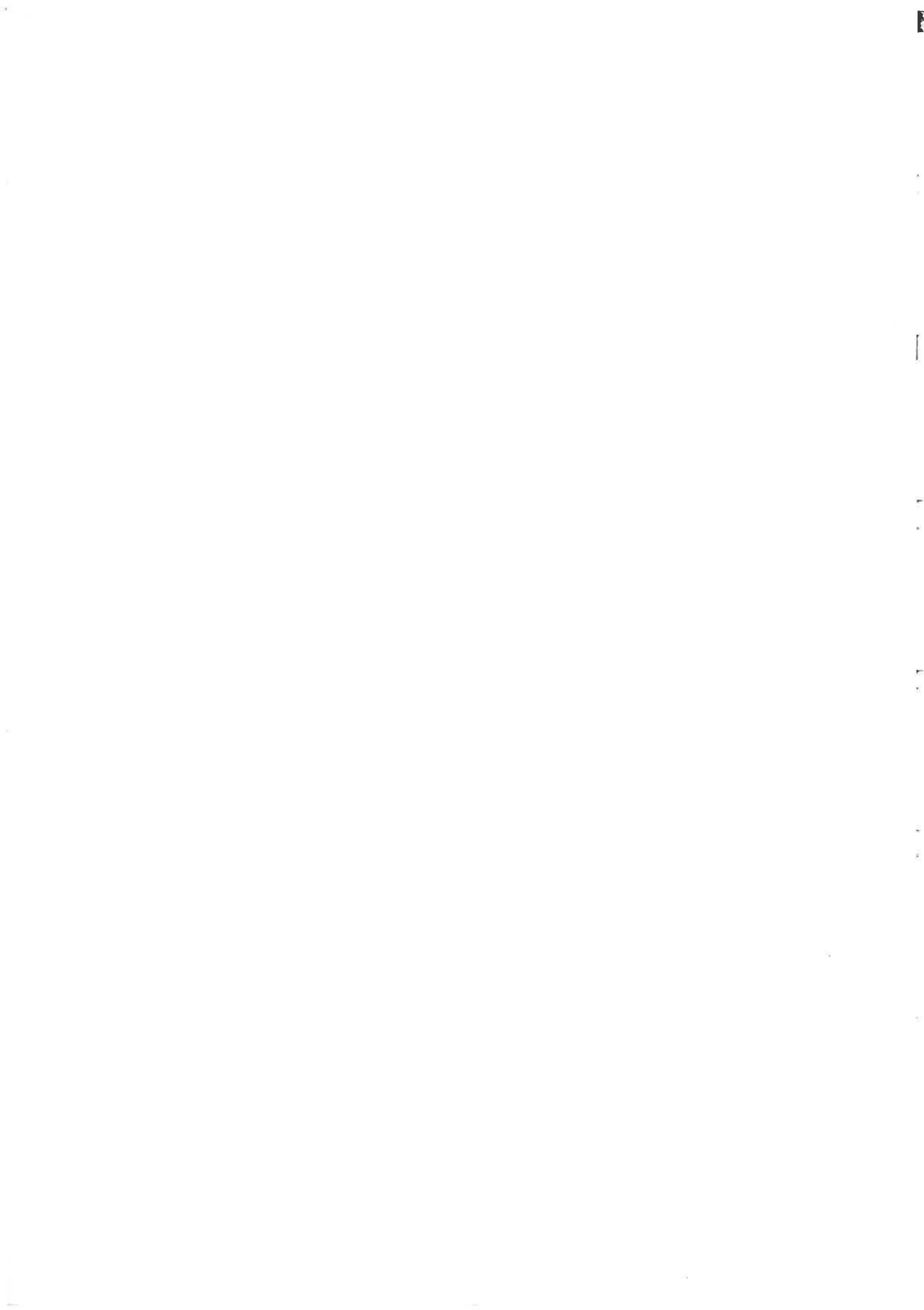
Tous les chiffres de 2015 : source : OCDE (scénarios CPB)

Tous les chiffres de 2030 : SEI "Free Fossil Energy Future"

chapitre 5

SYNTHÈSE ET TRAFICS MARITIMES

5.1.revue des matériaux	147
5.2.perspectives dans les scénarios X.....	151
5.3.perspectives dans les scénarios Y.....	161
5.4.perspectives générales	166



5.1. REVUE DES MATERIAUX

5.1.1. synthèse des scénarios, scénarios de synthèse

L'étude des domaines d'activités nous permet de préciser ce que les scénarios globaux semblaient déjà montrer : Certaines interrogations sur l'avenir deviennent de plus en plus générales : climat, démographie, alimentation, environnement en général... Deux attitudes polarisent les scénarios, la conservatrice et la novatrice pour simplifier, et les polarisent si bien que l'on trouve peu de scénarios intermédiaires. C'est l'étude des scénarios énergétiques, domaine qui est actuellement le plus riche en réflexions sur l'avenir, qui nous a permis de définir ces deux attitudes (voir chapitre 2 - titre 2.5.2) et les deux "familles de scénarios" qu'elles commandent. Nous les avons appelées "X" et "Y". Cette schématisation est apparue ensuite pertinente pour situer les scénarios des autres domaines d'activité. Ceci nous a enfin conduit à définir deux scénarios de synthèse, à partir des éléments de l'ensemble des scénarios globaux et partiels étudiés.

Très schématiquement, le scénario X est celui de la croissance économique, le scénario Y celui du développement écologique. Plus précisément, ils se décrivent comme suit.

Le scénario "X" : retour à la croissance des pays développés, qui aidera à impulser le développement des autres, la prévention des crises écologiques est quelque peu retardée. Au-delà de 2020, c'est vraiment l'inconnu. Dans les scénarios globaux, cette stratégie débouche sur les scénarios de crise majeure entre 2030 et 2040 (modèle World3 de Meadows)¹ après être passé par les scénarios 1, 2 ou 4 de l'OCDE² (développement inégal des trois blocs développés, ou "croissance équilibrée").

Le scénario "Y" : reconversion énergétique prioritaire (mais très progressive dans la première période), croissance mesurée et développement soutenable. Au delà de 2020 la reconversion prend de l'ampleur, c'est la deuxième phase de la transition énergétique qui

¹ scénarios World3 (doc1266), analysés dans le chapitre 1 titre 1.4.. Voir aussi schémas des scénarios dans volume 4 annexe C

² scénarios "CPB" (doc20003), analysés dans le chapitre 1 titre 1.4

aboutit en quelques décennies à la domination des énergies renouvelables. Dans les scénarios globaux ce cheminement passe par le scénario n°4 dit de "petite crise mondiale" de l'OCDE, et se prolonge par les scénarios 11 et 13 de World3, les seuls qui évitent la crise globale des années 2030/2040.

On peut dire que, vu de Sirius, le choix entre les deux chemins semble évident. Vu d'ici et maintenant, il apparaît plutôt que les forces socio-économiques mondiales dominantes courent après le scénario "X", en pensant passer plus tard à quelque chose qui ressemble au scénario "Y" (lequel tend néanmoins à devenir une référence de plus en plus admise).

Nous sommes donc sur un cheminement tendanciel qui n'est ni "X" ni "Y" mais une sorte de scénario "X=>Y" dont tout ce que l'on peut dire est qu'il risque de devenir de plus en plus chaotique, tant que l'indétermination subsiste et que les deux tendances divergent.

Deux chemins aussi franchement divergents ne peuvent probablement tendre l'un vers l'autre sans une succession de crises et de ruptures, dont l'effet des deux chocs pétroliers nous donne une image relativement douce. L'éventualité d'une telle crise avant 2010 est clairement explicitée dans le scénario n°3 de l'OCDE. Il s'agit néanmoins de ruptures relativement mineures, même si elles sont par certains aspects dramatiques, et qui peuvent rapprocher par à-coups les deux chemins.

Les crises des scénarios de World3 sont d'une toute autre nature, ce sont des crises majeures avec un effondrement général des capacités de productions et des populations. Elles surviennent (dans le modèle) après 2030.

En bref, si elles ne sont elles-mêmes pas prévenues, les petites crises préviennent les grandes. La solution de la croissance pour surmonter ou éviter les crises mineures accroît à terme le risque de crise majeure.

5.1.2. domaines et variables globales

Les scénarios de synthèse ainsi définis comportent des éléments quantitatifs dans lesquels nous choisirons les variables à mettre en relation avec les trafics maritimes futurs. Dans chaque grand domaine d'activités les travaux sur le futur utilisent des variables globales, et d'autres plus spécifique du domaine concerné.

les variables globales

Ce sont a priori le climat, la démographie, et l'économie.

Le climat prend la forme de grands modèles dans lesquels on introduit par exemple des gaz à effet de serre pour en ressortir quelques indicateurs tels que température, niveau de la mer... . Nous avons vu que ces modèles, quoique en constant progrès, restent marqués d'une incertitude irréductible.

La démographie est régulièrement projetée et publiée par l'ONU qui semble en avoir seule les moyens. La précision de ces prévisions ne doit pas faire oublier que leur incertitude s'accroît rapidement au delà d'une ou deux générations ; les variations qu'ont subies ces dernières années les prévisions à 2025 en sont l'illustration.

L'économie prend les formes simples du PIB et des taux de croissance, soit globaux, soit appliqués à telle catégorie d'activités, le commerce international par exemple. Ici l'incertitude des prévisions se double de celle de la signification même de l'indicateur, et la variabilité de son contenu réel.

les variables de l'énergie

Les scénarios disponibles dans le domaine de l'énergie intègrent les variables globales climat, économie et démographie, en donnant la prédominance à la première ; plus les variables spécifiques du domaine.

Dans ce domaine d'activités, qui a fait l'objet de nombreux travaux sur le futur, nous disposons de variables de production ou consommation qui sont en relation très directe avec nos trafics. Les ayant regroupées suivant deux scénarios de synthèse X et Y qui se rattachent aux deux familles de scénarios globaux définis plus haut, nous pouvons appuyer dessus les projections de trafic.

Les variables des productions vitales

Dans les scénarios de ce domaine d'activités, la démographie est la variable globale déterminante. L'énergie intervient éventuellement dans sa relation avec le climat, qui influe sur les capacités productives. Les variables économiques jouent un rôle secondaire.

Les variables spécifiques de production, de consommation et d'échange du domaine sont décrites de manière très irrégulière, et leur correspondance avec les trafics est difficile à réaliser. Ici aussi on observe des perspectives d'avenir de type X et Y, mais seul X fait l'objet de scénarios chiffrés à long terme.

Les variables des industries...

On retrouve ici nos trois variables globales mais cette fois l'économie est utilisée comme déterminant, l'énergie devient un facteur productif parmi d'autres, et la démographie apparaît peu. Les variables spécifiques se situent dans des cadres sectoriels qui permettent de les mettre en relation avec les grands trafics, mais la couverture du domaine est très incomplète. Elle est aussi à plus court terme que dans les autres domaines d'activités, ce qui s'explique par la nature des variables utilisées.

La synthèse des scénarios sectoriels ou ayant une composante industrielle fait apparaître ici encore deux types de perspectives bien caractérisées en X et Y.

5.1.3. les trafics maritimes

On peut faire des projections, sans chercher à bâtir un modèle sophistiqué qui ne correspondrait ni à l'état de l'art ni à celui des matériaux. Pour ceci nous allons chercher dans les variables globales et spécifiques celles qui peuvent être en relation avec nos trafics. Nous traiterons les trois domaines d'activités successivement dans les deux scénarios X, puis Y.

Nous ferons systématiquement la comparaison entre le point de passage de ces projections en 2000 ou 2005 et les prévisions de trafic maritime à ces dates, que ces dernières ne dépassent que très exceptionnellement.

La signification de ces projections de trafics, qui aboutissent à un double scénario plein de trous, sera discutée globalement à la fin de ce chapitre.

5.2. PERSPECTIVES DANS LES SCÉNARIOS X

5.2.1. dans le domaine de l'énergie

les variables des scénarios

Selon le scénario de synthèse X

	1990	2000	2010	2020
productions				
charbon	2303	2648	3285	3814
pétrole	2917,5	3558	4248	4532
gaz naturel	1698,5	1973	2785	3561
tous fossiles	6919	8179	10318	11907
toutes énergies	8289	9127	11478	16008

millions de tonnes d'équivalent pétrole

projection des trafics énergétiques

En leur supposant une croissance égale à celle des productions correspondantes

projection des trafics

trafic maritime - X	1991	2000	2010	2020
pétrole brut	1430	1744	2083	2222
produits énergétiques liquides	279	340	406	434
gaz de pétrole liquéfié	37	45	53	57
gaz naturel liquéfié	57	66	93	119
charbon vapeur	136	157	194	226
charbon à coke	121	139	172	200
tous fossiles	2060	2491	3001	3258

millions de tonnes d'équivalent pétrole

projection des trafics en tonnes

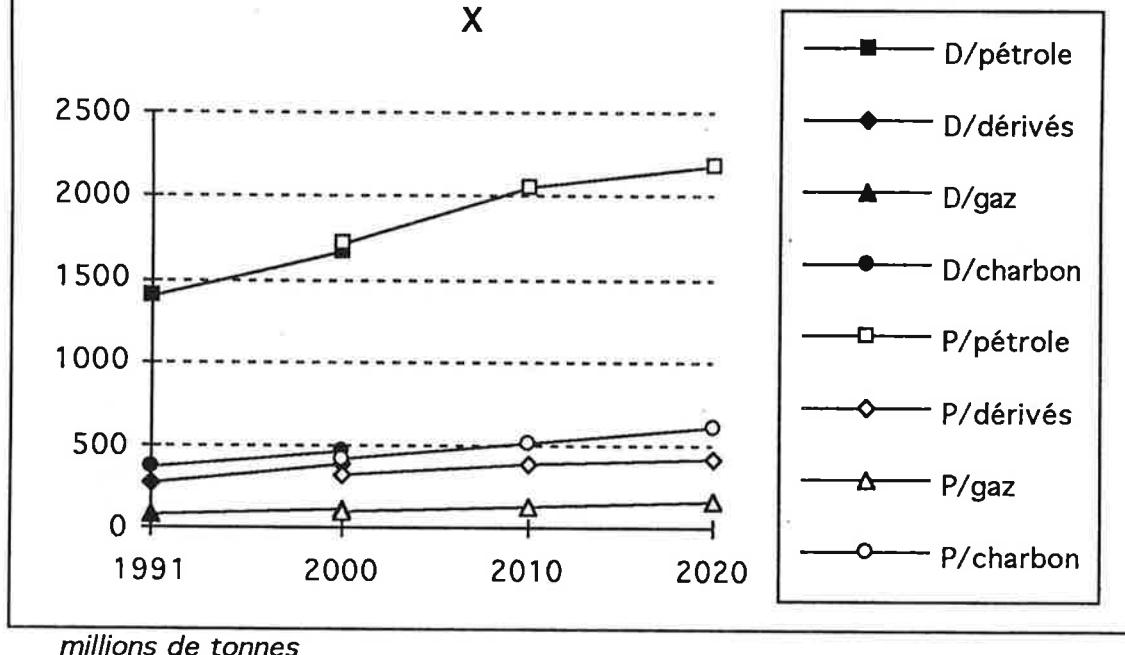
trafic maritime - X	1991	2000	2010	2020
pétrole brut	1405	1713	2046	2183
produits énergétiques liquides	271	330	394	421
gaz de pétrole liquéfié	34	41	49	52
gaz naturel liquéfié	53	61	86	110
charbon vapeur	194	224	277	323
charbon à coke	173	199	246	286
tous fossiles	2130	2568	3098	3375

millions de tonnes

comparaison entre ces projections et les prévisions maritimes

	1991	2000	2010	2020
Drewry/pétrole brut	1405	1675		
Drewry/dérivés liquides	271	398		
Drewry/gaz liquéfié	87	126		
Drewry/charbon,	367	469		
Proj./pétrole brut		1713	2046	2183
Proj./dérivés énergétiques		330	394	421
Proj./gaz		102	135	162
Proj./charbon		423	523	609

prévisions (D/) et projections (P/) de type X



discussion du résultat

La continuité entre les prévisions Drewry et les projections que nous avons réalisées est assez remarquable. La comparaison confirme que les prévisions de trafics de base sectorielle sont bien dans la logique d'un scénario de type "X".

5.2.2. dans le domaine des productions vitales

les variables des scénarios

Les projections de type "X" des variables du domaine sont celles du seul scénario de la FAO¹. Les scénarios du travail dit "BLS2060"², qui ne concernent que les céréales et ont à notre avis surtout une valeur d'exercice, ont été laissés de côté.

projection des variables

	1988/90 Pays en développ.	2010 Pays développés	1988/90 Pays développés	2010 Monde	1988/90 Monde	2010 Monde
populations	4045,9	5835,2	1248,9	1369,7	5296,8	7208,6
CEREALES						
production céréales	847	1314	850	1028	1698	2342
consommation céréales	931	1476	791	866	1721	2342
balance nette céréales	-90	-162	92,6	162	2,6	0
AUTRES PRODUITS						
production huiles/oléag. (2)	44,8	86,9	nd	nd		
viande - production	64	143	105	113	169	256
lait - production	147	248	280	285	427	533
lait - consommation	164	273	263	260	427	533
INTRANTS						
consommation d'engrais (3)	36,8	78,8	157,3		194,1	
<i>quantités en millions de tonnes, sauf indication contraire.</i>						
<i>(2) - millions de tonnes d'équivalents-huile (3) sauf Chine - millions de tonnes d' élément contenu</i>						

projection des trafics agricoles et alimentaires

Les trafics maritimes sont projetés en se fondant sur les projections des variables du tableau précédent, suivant les règles explicitées ci-dessous.

- céréales : moyenne de l'augmentation du déficit en céréales des pays en développement et de l'augmentation globale de la production mondiale
- huiles et graisses : augmentation production
- autres vracs : comme la population
- autres MG (diverses, conteneurs, petits vracs) : comme la population

¹ analysées dans le chapitre 3 titre 3.6.1 (doc1293 et 1294)

2 - id - doc1309

vrac gazeux=>engrais : comme la production d'engrais des pays en développement sur le total (stagnation des pays développés)

vrac liquide=>engrais : comme la production d'engrais des pays en développement sur le total (stagnation des pays développés)

phosphates bruts : prolongation Drewry

autres engrais : comme la production d'engrais des pays en développement sur le total (stagnation des pays développés)

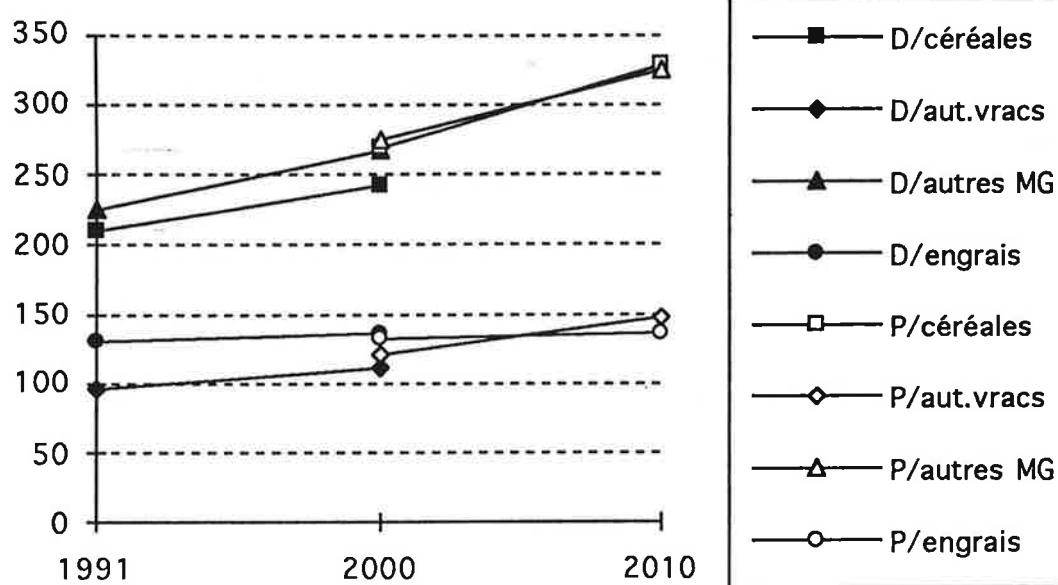
projection des trafics - détail

	1991	2000	2000	2010
	drewry	drewry	projections sur scénario FAO	
céréales	210	243	269	328
huiles et graisses	19	27	27,5	36
autres vracs	77	85	94	111
autres MG (diverses, conteneurs, petits vracs)	225	267	274,5	324
vrac gazeux=>engrais	10,8	15	11,8	12,8
vrac liquide=>engrais	13,2	15,5	14,2	15,2
phosphates bruts	30,8	23,7	23,7	16,6
autres engrais	75,1	82,9	83,1	91,1
total	660	759	797	934

comparaison entre ces projections et les prévisions maritimes

	1991	2000	2000	2010
Drewry/céréales	210	243		
Drewry/aut.vracs	96	112		
Drewry/autres MG	225	267		
Drewry/engrais	129,9	137,1		
Proj./céréales			269	328
Proj./aut.vracs			121,5	147
Proj./autres MG			274,5	324
Proj./engrais			132,8	135,7

prévisions (D/) et projections (P/) en X



projection des trafics forestiers

L'hypothèse de la FAO étant "le commerce ... une croissance proportionnelle à l'augmentation de la consommation cumulée" (doc1294 p.183), nous appliquons cette règle aux trafics.

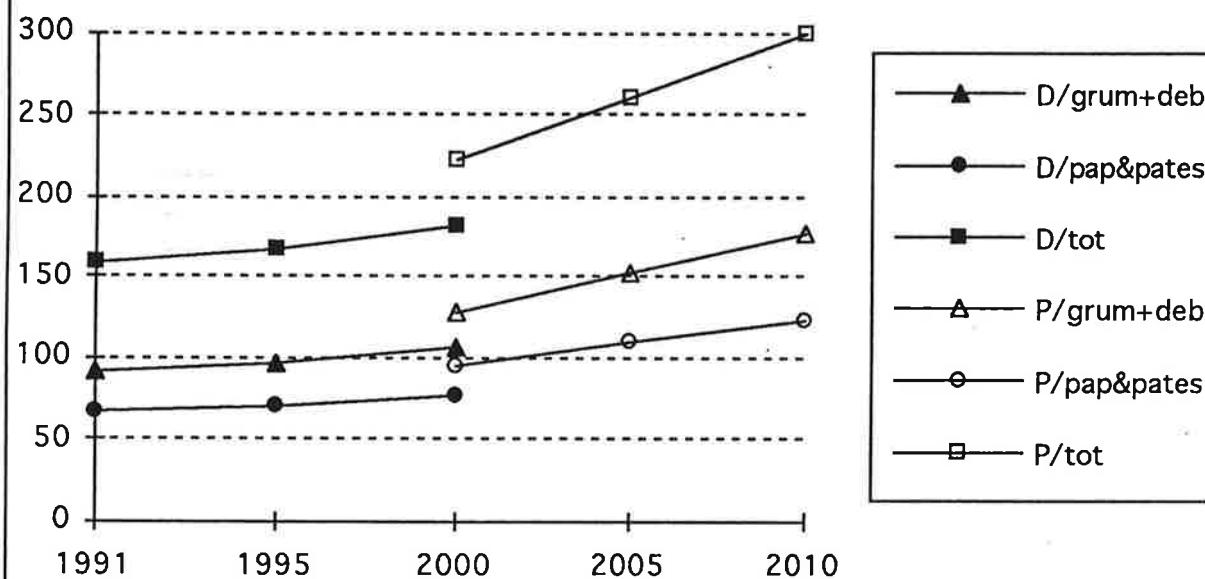
projection des trafics - détail

	1991	1995	2000	2010
Drewry/bois en grumes	37,9	35,9	33,5	
Drewry/bois débités et produits en bo	42,7	47,6	55,9	
Drewry/papiers, pâtes et bois à pâte	67	70	75,8	
Drewry/bois de chauffage, charbon de	11,5	13,1	15,9	
Proj/bois en grumes			49	62
Proj/bois débités et produits en bo			78	115
Proj/papiers, pâtes et bois à pâte			95	123
Proj/bois de chauffage, charbon de			13	15

présentation graphique projections/prévisions drewry

	1991	1995	2000	2010
Drewry/bois en grumes, débités et div	92,1	96,6	105,3	
Drewry/papiers, pâtes et bois à pâtes	67	70	75,8	
Drewry/total	159,1	166,6	181,1	
Proj/bois en grumes, débités et div			127	177
Proj/papiers, pâtes et bois à pâtes			95	123
Proj/total			222	300

prévisions (D/) et projections (P/) en X
(produits forestiers)



discussion des résultats

Comme dans le domaine énergétique, les tendances des prévisions maritimes du domaine des productions vitales sont très cohérentes avec celles des projections fondées sur les variables du scénario de la FAO. Ce sont bien celles de scénarios de type X.

Pour l'ensemble des productions agricoles et alimentaires et engrains, la concordance est étroite. En ce qui concerne les produits forestiers, les prévisions de la FAO sont supérieures à celles des maritimes, qui

pourtant semblent déjà optimistes¹. Indépendamment des questions de méthodes, qui privilégient la croissance de la consommation, on peut se demander si la FAO ne se résigne pas à la liquidation d'une grande part du reste des forêts tropicales au profit de l'agriculture. Ce choix doit peser lourd, car la croissance des productions alimentaires à laquelle parvient la FAO provient en partie d'une augmentation des surfaces cultivées que l'on voit mal comment expliquer autrement. Il ne paraît pas clairement explicité dans l'ouvrage.

¹ Les facteurs limitant les productions tropicales sont énoncés dans les prévisions de Drewry, mais leur effet reporté en fait après 2000 (voir chapitre 2 du premier volume titre 2.3.1).

5.2.3. dans le domaine des industries

les variables des scénarios

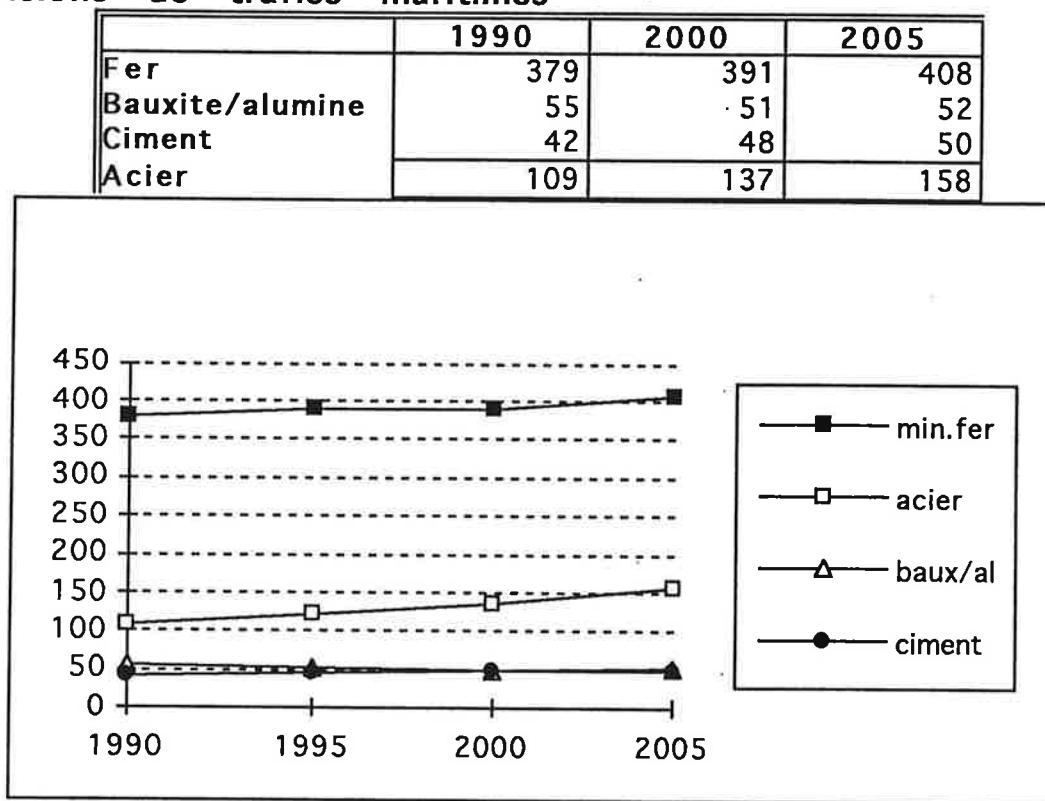
Les projections de type "X" des variables du domaine sont celles des scénarios "CPB" de l'OCDE¹. Ces travaux nous donnent des taux de croissance moyens des échanges mondiaux jusqu'en 2015 dans 4 corps d'hypothèses

- scénario 1 : déplacement des pôles économiques 5,9%
- scénario 2 : renaissance européenne 5,6%
- scénario 3 : crise mondiale (voir scénarios Y) 3,7%
- scénario 4 : croissance équilibrée 6,9%

projection des trafics de matières premières minérales et demi-produits

Nous n'avons trouvé aucun scénario à long terme susceptible de nous fournir une base de projection de type "X" des trafics de matières premières minérales. La seule base est donc constituée par les prévisions maritimes.

prévisions de trafics maritimes



sources : Drewry et Jamri

millions de tonnes

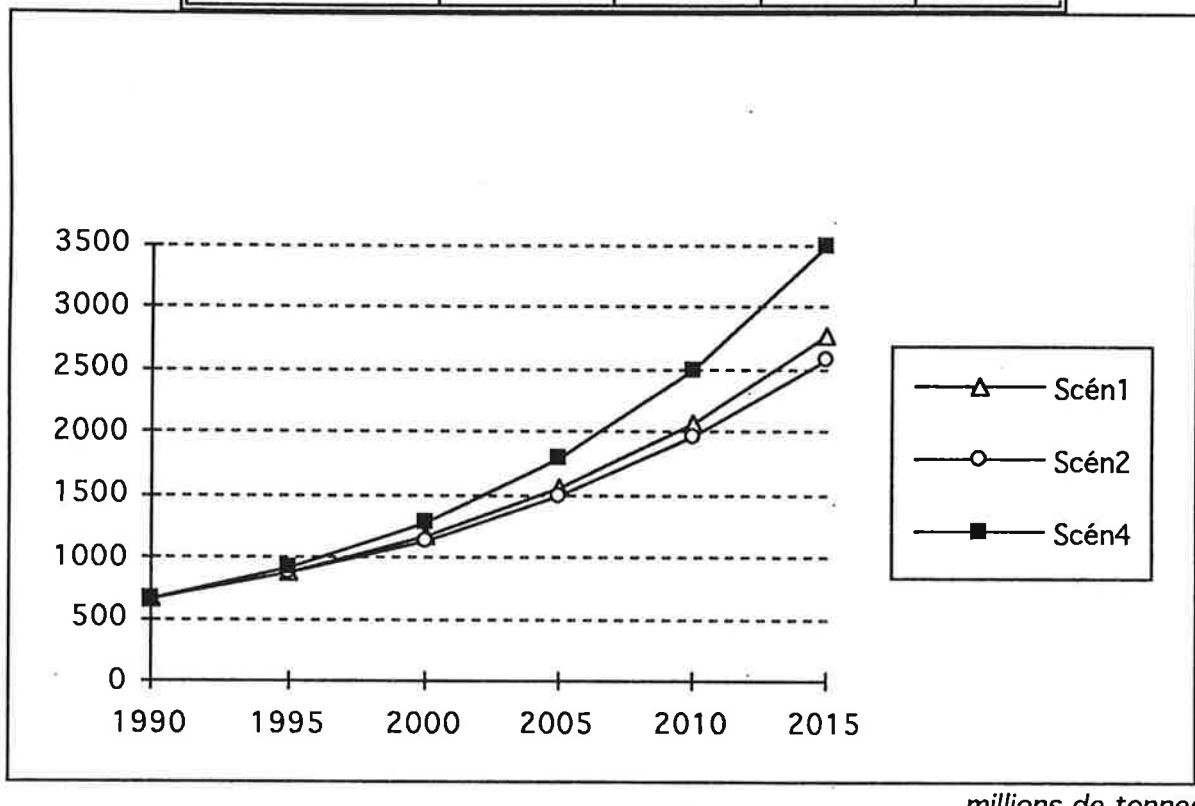
¹ analysées dans le chapitre 4 titre 4.6.1 (doc20003)

projection des trafics industriels de marchandises générales

Nous appliquerons les taux de croissance des échanges aux trafics industriels de marchandises générales. La part des conteneurs, en prolongeant la tendance du taux de conteneurisation de Drewry, pourrait y atteindre 70% en 2015.

projections "X" trafics industriels marchandises générales

	1990	2000	2005	2015
Scénario 1	659	1169	1557	2 762
Scénario 2	659	1136	1492	2 573
Scénario 4	659	1284	1792	3 494



discussion du résultat

Nous sommes bien dans des scénarios "X" de croissance non contrainte. Dans le scénario apparemment idéal de "croissance équilibrée" l'augmentation des trafics atteint un niveau tout à fait extraordinaire, mais ce scénario nous semble être extrêmement improbable, introduit là peut-être seulement pour compenser (psychologiquement) l'introduction d'un scénario (n°3) de crise mondiale. Ce dernier sera examiné dans le cadre des scénarios Y, auquel nous pensons pouvoir le rattacher.

Les prévisions de marchandises générales de Drewry et JAMRI ne sont pas présentées ici, car elles aussi nous paraissent être dans la logique d'un scénario de type "Y".

5.3. PERSPECTIVES DANS LES SCÉNARIOS Y

5.3.1. dans le domaine de l'énergie

projection des variables

Selon le scénario de synthèse Y

production - Y	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
charbon	2303	2177	2054	1847	1521	1204	973
pétrole	2918	2642	2483	2292	1914	1530	1302
gaz naturel	1699	2112	2315	2184	1841	1556	1411
tous fossiles	6919	6931	6853	6323	5277	4290	3685
toutes énergies	7931	8928	9815	10542	11208	12157	13494

millions de tonnes d'équivalent pétrole

projection des trafics

En leur supposant une croissance égale à celle des productions en équivalent pétrole

trafic maritime - Y	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
pétrole brut	1430	1295	1217	1123	938	750	638
produits énergétiques liquides	279	253	237	219	183	146	124
Gaz de pétrole liquéfié	37	34	31	29	24	19	17
Gaz naturel liquéfié	57	71	78	73	62	52	47
Charbon vapeur	136	129	121	109	90	71	57
Charbon à coke	121	114	108	97	80	63	51
tous fossiles	2060	1896	1792	1650	1377	1101	934

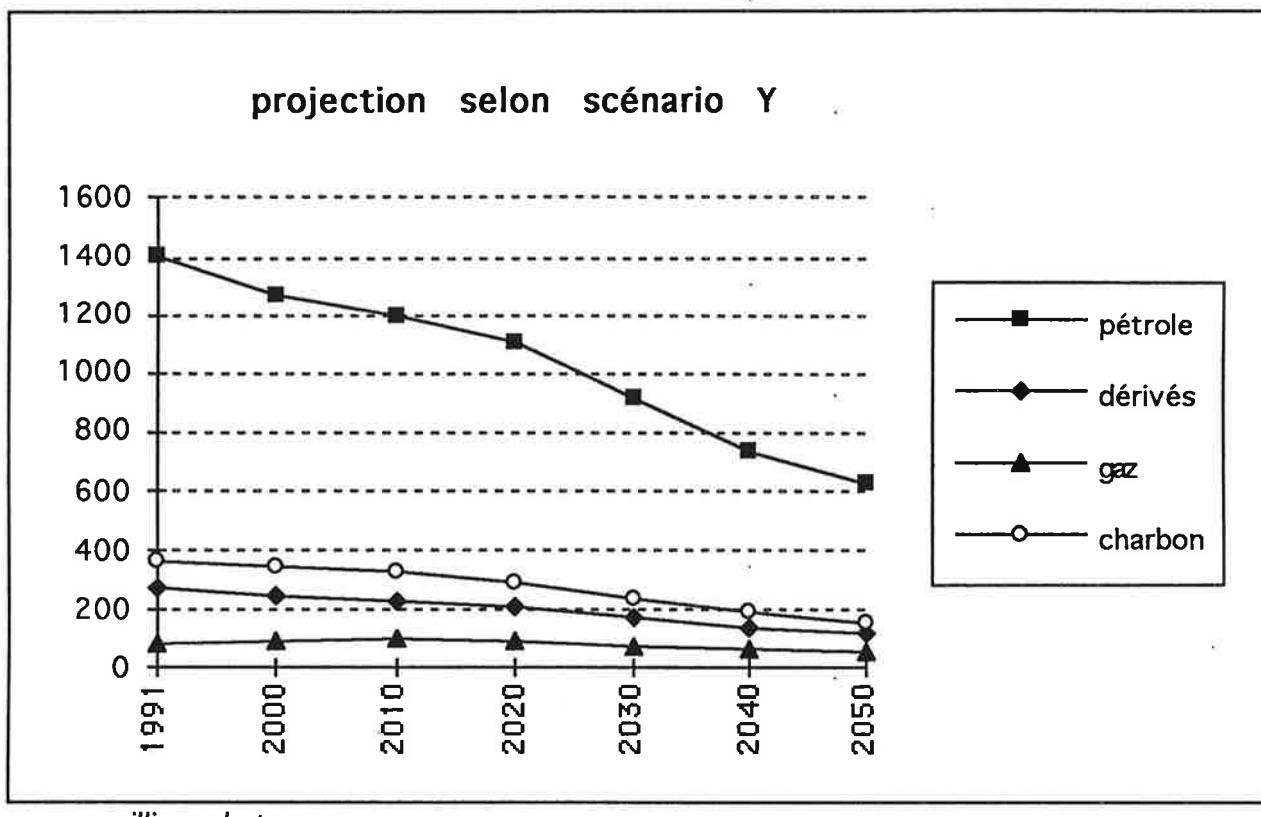
millions de tonnes d'équivalent pétrole

en quantités physiques

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
pétrole brut	1405	1272	1195	1103	921	737	627
produits énergétiques liquides	271	246	230	213	178	142	120
Gaz de pétrole liquéfié	34	31	28	27	22	17	16
Gaz naturel liquéfié	53	66	72	68	57	48	44
Charbon vapeur	194	184	173	156	129	101	81
Charbon à coke	173	163	154	139	114	90	73
tous fossiles	2130	1962	1852	1706	1421	1135	961

millions de tonnes d'équivalent pétrole

(graphique page suivante)



discussion du résultat

En l'an 2000, cette projection n'atteint au total que 75% du total des prévisions de DREWRY. Un tel écart sur une période de 10 ans illustre bien la divergence des scénarios de synthèse, qui ne fera que s'accroître par la suite.

Les trafics nouveaux sont des gaz (hydrogène, méthane) et des liquides (méthanol, éthanol...). Ils commencent à intervenir massivement à partir de 2025 (scénario RIGES). Nous n'en avons pas évalué les quantités physiques.

5.3.2. dans le domaine des productions vitales

aucun scénario de type Y ne nous permet de faire des projections de trafic

5.3.3. dans le domaine des industries

projection des variables

Les projections de type "Y" des variables du domaine sont de deux sources :

- celles du scénario FFEF, qui nous donne des niveaux de consommation acier, aluminium et ciment pour 2030, ainsi que d'hypothèses concernant le taux de recyclage (acier et aluminium pour 2030).
- celles du scénario CPB n°3 de l'OCDE, qui nous donne un taux de croissance moyen des échanges mondiaux jusqu'en 2015 de 3,7%

	1990	2000	2030
Fer			
Production	986		1023
Ciment			
Production	940		1647
Acier			
Production	770	772	1598
Recyclage	30% à 50%		50%
Aluminium			
Production	17		59
Recyclage	20- 50%		50%
Ratio	16%		32%
Aluminium/Bauxite			

unité : millions de tonnes

chiffres de 2015 : source : OCDE "CPB" - doc20003

chiffres de 2030 : source : SEI "FFEF" - doc1223

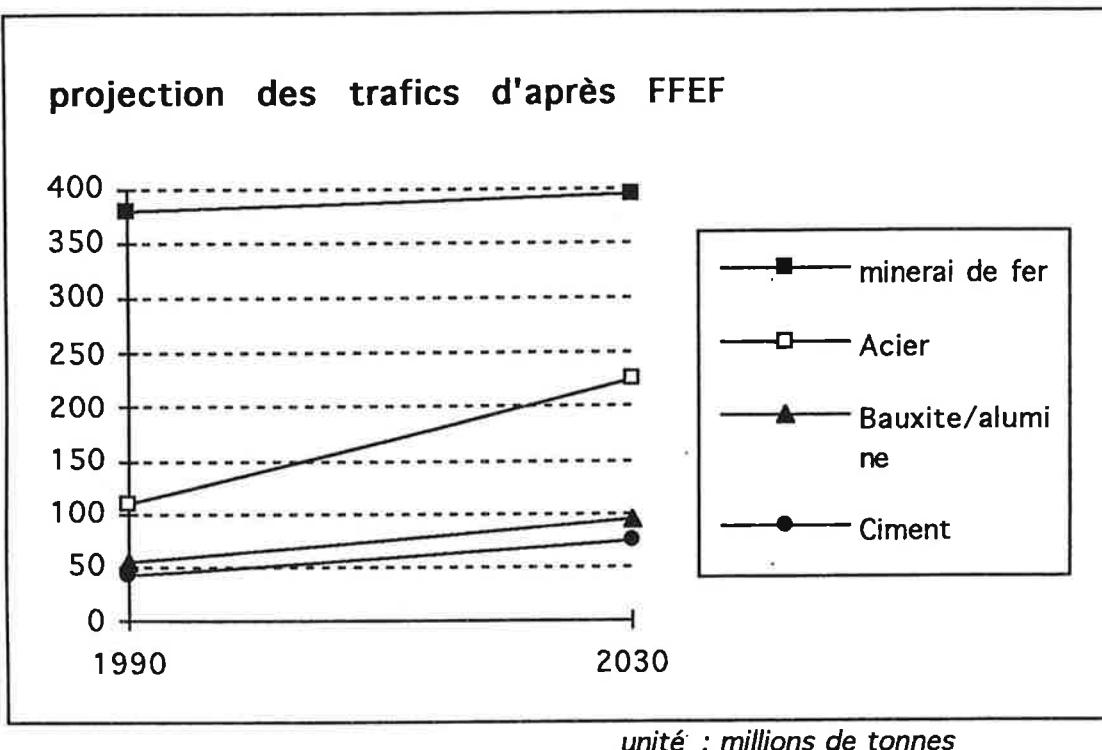
projection des trafics de matières premières minérales et demi-produits

projections d'après FFEF

	1990	2030
mineraï de fer	379	393,2
Acier	109	225,3
Bauxite/alumine	55	94,97
Ciment	42	73,58

unité : millions de tonnes

(graphique page suivante)



Fer : Stagnation de la production et des trafics sur 90-2030 dues au taux de recyclage d'une part, à la baisse de la consommation d'autre part, et ce malgré un doublement de la consommation mondiale

Bauxite : La consommation d'aluminium est multipliée par 3,4 mais la production de bauxite (et les trafics) n'augmenterait que de 1,7.

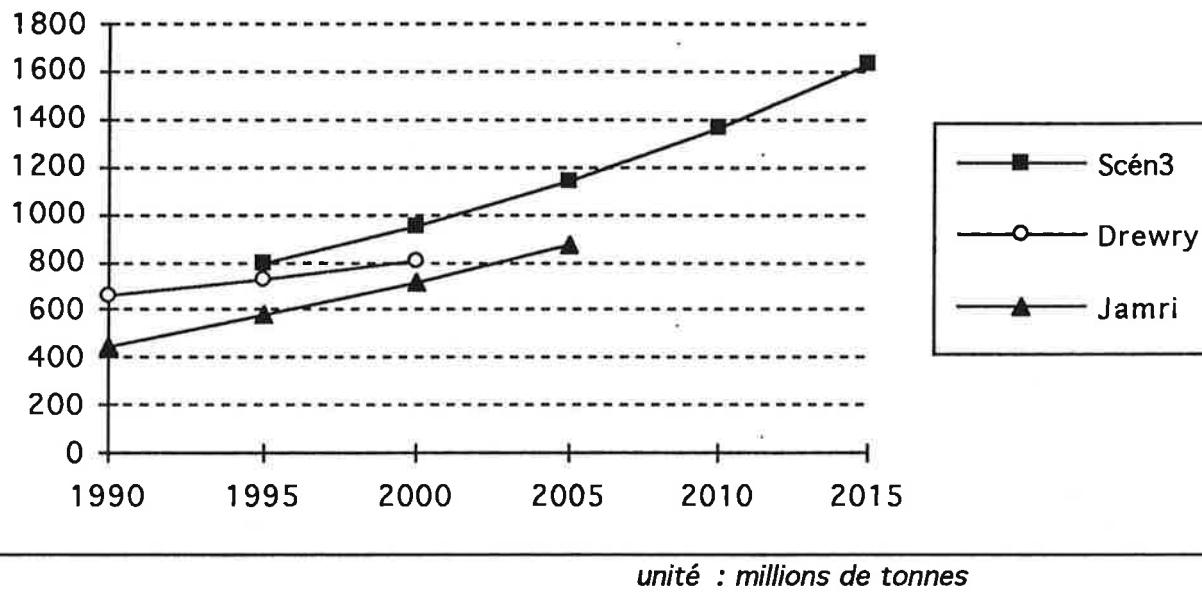
projection des trafics industriels de marchandises générales

Nous appliquerons le taux de croissance des échanges du scénario CPB 3 (3,7%, voir infra sous 5.2.3) aux trafics de marchandises générales. L'ensemble des prévisions collectées et des projections que nous venons de faire est donné par le tableau et graphique suivant.

prévisions et projections marchandises générales

	1990	2000	2005	2015
Scénario3				
Drewry	659	801		
...dont conteneurs	299	441		
Jamri	450	713	879	

projections Y des trafics industriels de marchandises générales



discussion du résultat

Pour les marchandises générales, les prévisions DREWRY et JAMRI sont bien dans la dynamique du seul scénario classé Y que nous avons pu utiliser. Nous l'expliquons par le fait qu'il ne s'agit pas ici de prévisions à base sectorielle, mais de l'application de taux de croissance relativement prudents¹.

1 On remarquera que le taux de croissance de Drewry est inférieur à celui de JAMRI, mais à partir d'un tonnage initial supérieur. Nous n'avons pas trouvé l'explication de ce phénomène.

5.4. PERSPECTIVES GÉNÉRALES

Dans ce qui précède, nous avons effectué des projections de trafics maritimes, en tant que résultantes des scénarios. Le tableau suivant récapitule ces projections, selon la famille de scénarios X ou Y

5.4.1. tableau X des trafics maritimes

Ce premier tableau est suffisamment rempli pour que l'on soit tenté de le compléter par quelques inter et extrapolations. Nous discuterons ensuite de la signification de ces projections.

tableau X des prévisions et projections de trafics maritimes

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	
pétrole brut	1405	1540	1713	1879	2046	2114	2183	
dérivés liquides	271	334,5	330	362	394	407	421	
gaz liquéfié	87	106,5	102	118	135	148	162	
charbon	368	395,5	423	473	523	566	609	
céréales	210	239,5	269	298,5	328	367	410	
huiles et graisses	19	23,25	27,5	31,75	36	42	50	
autres vracs	77	85,5	94	102,5	111	122	133	
MGagroalim	225	249,8	274,5	299,3	324	355	389	
vrac gaz=>engrais	10,8	12,9	15	13,4	11,8	12,3	12,8	
vrac liq=>engrais	13,2	14,35	15,5	14,85	14,2	14,7	15,2	
phosphates bruts	30,8	27,25	23,7	23,7	23,7	20,15	16,6	
autres engrains	75,1	79	82,9	83	83,1	87,1	91,1	
bois en grumes	37,9	35,9	33,5	47,75	62	70	79	
bois déb. et produits	42,7	47,6	55,9	85,45	115	147	189	
papiers, pâtes, bois	67	70	75,8	99,4	123	143	167	
bois de feu et charb	11,5	13,1	15,9	15,45	15	16	17	
min.eraï de fer	379	385	391	408	418	429	439	
bauxite/alumine	55	53	51	52	51	50	49	
ciment	42	45	48	50	53	56	60	
acier	109	123	137	158	179	202	229	
MGindus	659	906	1153	1525	2097	2668	3529	
total	4195	4787	5385	6127	7060	7908	9073	

unité : millions de tonnes

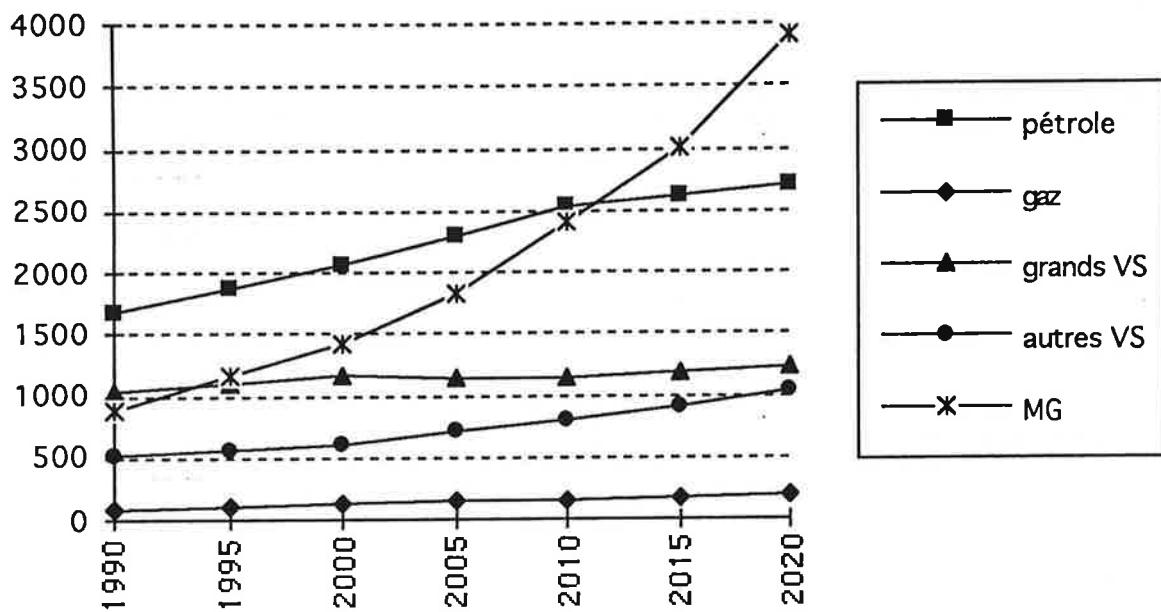
les chiffres en italique sont interpolés, ceux en italique gras sont extrapolés

tableau X réduit et graphique

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	taux
pétrole	1676	1874,5	2073	2305,5	2538	2623,5	2709	1,61%
gaz	87	106,5	126	142	158	174	190	2,64%
grands VS	1029,8	1092,25	1154,7	1151,7	1142,7	1181,15	1223,6	0,58%
autres VS	518,2	557,6	604	703,55	801,1	906,1	1032,1	2,32%
MG	884	1155,75	1427,5	1824,25	2420,5	3023	3918	5,09%
total	4195	4787	5385	6127	7060	7908	9073	2,60%

unité : millions de tonnes

projection selon les scénarios X



5.4.2. tableau Y des trafics maritimes

A la différence du précédent, ce tableau a trop de lacunes pour que l'on puisse le compléter. Il contient néanmoins 80% des tonnages transportés par mer, mais les 20% manquant ont une importance qualitative essentielle. Ils contiennent en effet l'ensemble des trafics du domaine des productions vitales.

tableau Y des prévisions et projections de trafics maritimes

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	taux
pétrole brut	1405	1272	1195	1103	921	737	627	-1,34%
dérivés liqu.	271	246	230	213	178	142	120	-1,35%
gaz liquéfié	87	97	100	95	79	65	60	-0,62%
charbon	368	347	327	295	243	191	154	-1,44%
min.fer	379	383	386	390	393,2			0,09%
bauxite/alum	55	63	72	83	94,97			1,37%
ciment	42	48	56	64	73,58			1,41%
acier	109	131	157	188	225,3			1,83%
MGindus	659	947	1385					3,70%
autres trafics	820							
total	4195							

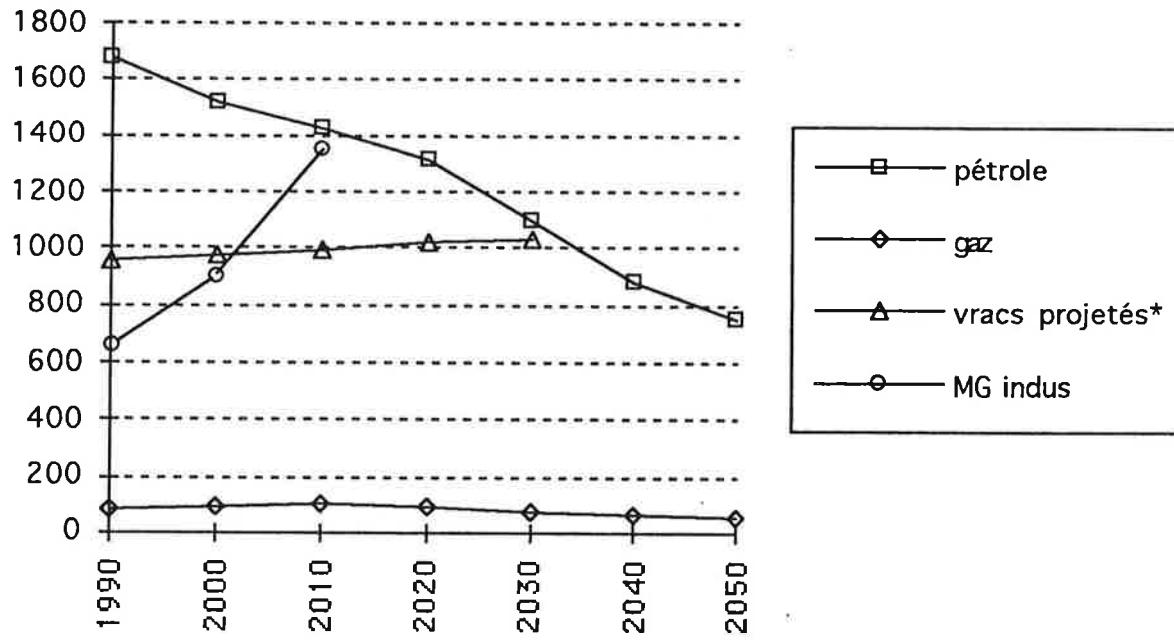
unité : millions de tonnes

tableau Y réduit et graphique

	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
pétroles	1676	1518	1425	1316	1099	879	747
gaz	87	97	100	95	79	65	60
autres vracs projetés*	953	972	998	1020	1030		
MG industrielles	659	947	1385				

* charbon, minerai de fer, bauxite/alumine, ciment, acier

projection selon les scénarios Y

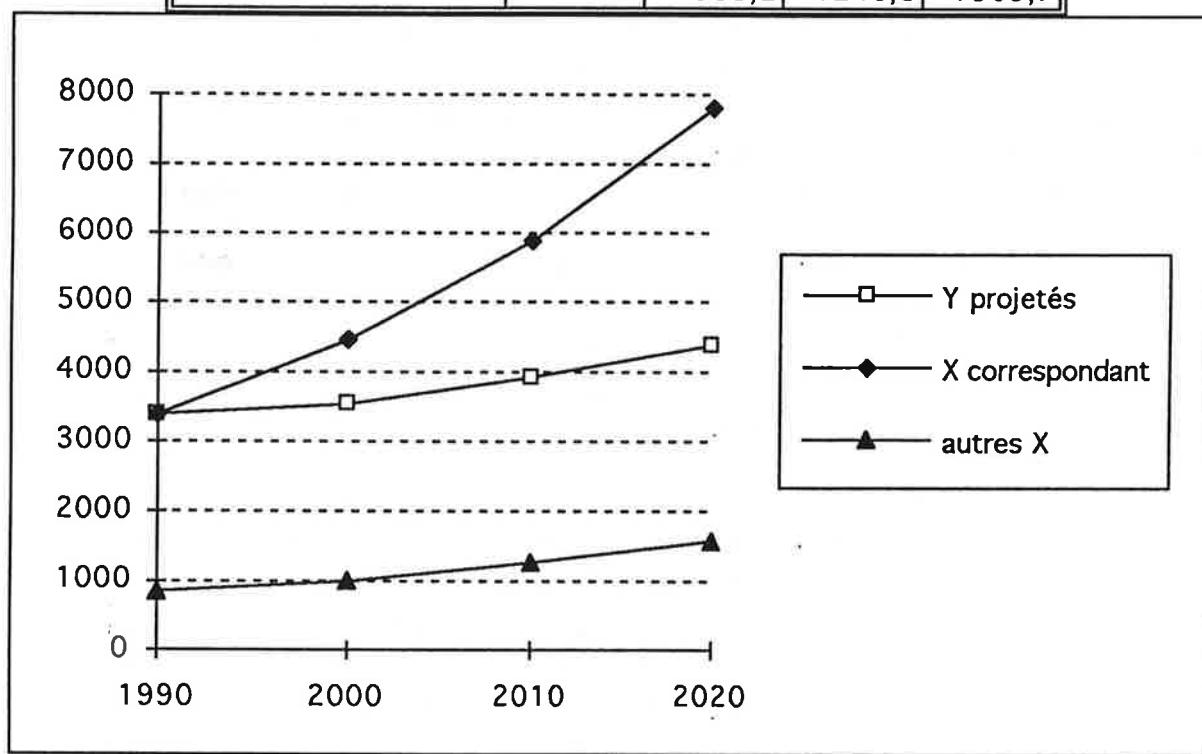


5.4.3. tableau XY des trafics maritimes

Nous pouvons maintenant représenter ensemble les projections de trafic selon les scénarios X et Y. Le tableau des Y n'étant pas complet, nous avons représenté les X correspondant aux mêmes trafics, et à part les autres trafics X non projetés en Y. La diminution des nombre de trafics représentés oblige à arrêter le graphique en 2020.

comparaison des projections X et Y

	1990	2000	2010	2020
Y projetés	3375	3534	3908	4390
X correspondant	3375	4439	5877	7814
autres X	820	983,2	1246,8	1569,7



unité : millions de tonnes

5.4.4. interprétation

La vision chiffrée que nous venons de donner des trafics du XXI^e siècle n'est, répétons le, que le reflet, la traduction en termes de transport maritime des scénarios plus globaux que nous avons exploités.

Cette vision se divise avant même le début du siècle prochain en deux branches divergentes, dont il n'est pas question de prendre la médiane. Les hyper-scénarios X et Y sont la projection d'un débat de société, auquel

les processus naturels planétaires vont apporter dans les temps qui viennent quelques précisions intéressantes. Il y a entre l'inertie de X et l'attraction de Y une tension qui peut se résoudre par étapes de plusieurs manières : soit par des choix anticipateurs (plus ou moins bien calculés), soit par des chocs systémiques tels que celui du scénario n°3 de l'OCDE, soit par ces collapsus dont World3 nous donne quelques images spectaculaires (Cf. Volume 4, Annexe C). Les trois peuvent évidemment se combiner.

Quelle sont dans cette situation les probabilités respectives des deux branches, auxquelles nous avons accrochées nos projections de trafics ? Elles sont aussi faibles l'une que l'autre. D'un côté la poursuite à l'identique (cheminement X) ne peut que se heurter à des obstacles croissants. De l'autre la prise en compte précoce¹ des questions de l'environnement planétaire futur (chemin Y) s'amorce difficilement. Donc le second scénario n'est pas vrai parce que la réalité actuelle nous en écarte, le premier ne le sera pas longtemps parce qu'il est insoutenable.

Nous avons d'un côté un cheminement durable mais pas commencé, de l'autre un chemin suivi mais pas durable. Ce qui fait la dimension du problème est la forte divergence des deux chemins, que montrent bien les chiffres présentés. Si l'angle était faible, on pourrait imaginer que l'un rejoigne l'autre, mais ce n'est pas le cas.

Si on suit les scénaristes X, on doit respecter les mécanismes socio-économiques d'abord et on ne peut que suivre les tendances en cherchant à les infléchir. Mais si l'on en croit les scénaristes Y, on ne peut attendre que les réalités planétaires se chargent de nous ramener sur leur chemin - car ce chemin sera devenu impraticable. Plus longtemps on reste sur X, plus Y devient difficile à rejoindre, d'où des crises et évolutions brutales de réajustement. Et plus on parvient à conjurer ces crises sans s'éloigner de X, plus on s'en prépare de plus graves , etc.

¹ précoce par rapport aux temps qui viennent, mais sur bien des points cette prise en compte est déjà tardive, voire complètement dépassée...

CONCLUSION



Ce qui suit résume l'ensemble des deux phases de la recherche, sur trois plans : celui des moyens, celui des perspectives générales, et celui des trafics maritimes. Pour ces derniers, nous ne reviendrons pas ici sur les perspectives quantitatives que nous avons développées dans le dernier chapitre.

LES OUTILS ET LES MATERIAUX

Nous avons pu aller jusqu'à la mise en service d'une organisation informatisée, la "base de connaissance", qui nous a permis d'intégrer jusqu'à la fin les travaux les plus récents - et qui permettra de continuer à le faire si l'effort de recherche est poursuivi. C'est le premier résultat concret, la constitution d'un instrument permettant une mise à jour et un traitement en continu des données et travaux extérieurs. Il resterait à boucler le système sur un modèle, qui systématiserait en partie le traitement final. En l'état actuel, la production des résultats a encore trop le caractère d'une d'expertise qualitative.

Les principales lacunes tiennent cependant à l'insuffisance des travaux sur le futur que nous avons pu utiliser. Notre objet n'était pas d'inventer nous-mêmes l'état du monde au siècle prochain, mais de faire la synthèse et l'interprétation, du point de vue maritime, des travaux existants. Ceux-ci sont incomparablement plus nombreux et plus riches que ceux que nous avions recensés il y a 2 ans, au terme de la première étape exploratoire de la recherche. La situation est de ce point de vue très évolutive.

LES SCÉNARIOS GÉNÉRAUX

Nous avons résumé le résultat par rapport à deux familles de scénarios, très contrastés, que nous avons appelé "X" et "Y". Il n'y a pratiquement pas de scénarios intermédiaires. Le premier groupe est celui qui respecte le mieux les mécanismes et tendances actuelles. Il fait généralement l'impasse sur les ruptures auxquelles ces tendances peuvent mener. De ce fait, sa crédibilité décroît très vite dans le temps. Le second prend en compte la nécessité de certaines mutations, ce qui le rend plus cohérent et crédible à long terme ; en revanche, on ne voit pas se dessiner le début du chemin.

Deux scénarios aussi contradictoires ne peuvent se réaliser simultanément dans l'avenir. Le scénario le plus crédible à court terme étant le plus insoutenable à long terme, il faudra bien dans le moyen terme qu'il tende vers autre chose. L'alternative, jusqu'à preuve contraire, est représenté par le second. La divergence s'accentuant dans

le temps, il faudra pour tenter de s'en rapprocher des ajustements d'autant plus forts qu'ils seront tardifs.

Le type de scénario le plus acceptable à long terme est le second, mais on n'en voit pas les chemins à court terme. Peut-on le rejoindre à partir du seul chemin immédiat crédible, qui est du premier type ? Malgré les ajustements et mutations évoqués ci-dessus, ou à cause d'eux, on a peu de chances de rejoindre cette image lointaine par ce chemin tortueux. On arrivera forcément à autre chose. Les deux scénarios ne représentent donc pas une classique "fourchette" de probabilités. Il résulte de cet exercice de logique une incertitude globale qui ne tient qu'en partie au principe d'imprévisibilité de l'avenir. Elle est aussi, peut-être surtout, l'expression d'une situation réellement incertaine, où la conscience de choix majeurs à faire existe, mais pas celle des moyens ni du temps de ces choix. Et il ne s'agit pas (ou pas seulement) d'une discussion d'ordre philosophique, mais d'une situation concrète où les déséquilibres que nous avons analysés amèneront par force les changements sur lesquels l'anticipation volontaire n'aura pas été faite à temps. En plus, il faut bien rappeler que la mesure claire des moyens n'est pas prise, celle de leur délai non plus.

LES TRAFICS MARITIMES¹

Les trafics dans tout ceci sont imprévisibles, et fluctuent entre les deux tendances sans s'accrocher durablement à l'une ou à l'autre. Les deux branches (X et Y) des projections que nous avons pu faire sont aussi improbables l'une que l'autre, leur médiane ne l'est pas moins. C'est la fluctuation entre les deux attractions qui paraît le chemin le plus probable. Imaginons, dans ces évolutions plus ou moins chaotiques entre X et Y, le devenir des principaux trafics...

Certains trafics semblent avoir de bonnes possibilités de croissance. C'est le cas des produits industriels manufacturés en général, qui n'échapperont pas pour autant aux fluctuations des crises. Le gaz liquéfié, naturel d'abord, relayé plus tard par l'hydrogène, semble avoir de solides perspectives de développement devant lui.

D'autres risquent soit d'être sévèrement bridés, soit de subir des chocs et décrues brutales si on les laisse sans contraintes. C'est le cas des combustibles fossiles (gaz naturel exclu), et des bois tropicaux.

¹ Les chiffres de trafics correspondant à ce qui suit sont donnés plus haut sous le titre 5.4, notamment dans les tableaux et graphiques de synthèse des pages 161 à 164.

L'évolution du reste, céréales, produits alimentaires, engrais, matières premières minérales, est avant tout incertaine. L'incertitude vient plus particulièrement de l'offre pour les produits agro-alimentaires, de la demande pour les matières minérales, des deux côtés pour les engrais. Elle vient aussi dans tous les cas des probables mesures de protection de l'environnement, tant locales que générales, dont le stade embryonnaire laisse difficilement prévoir jusqu'où elles iront.

Plus globalement, il est difficile de situer une prévision de trafic entre les scénarios X et Y, puisque seuls les premiers sont suffisamment décrits quantitativement pour permettre une vue d'ensemble. En fin de compte, les scénarios de type X sont les seuls qui s'appuient sur des chiffres permettant une projection globale des trafics à l'horizon 2020, mais nous estimons cette projection tout à fait improbable à cet horizon.

Ce diagnostic mitigé sur les trafics futurs reflète très concrètement l'incertitude générale dont nous avons exposé précédemment les causes.

in fine

En conclusion de conclusion, cette recherche a un double produit : un outil et un diagnostic. Un diagnostic sur les trafics futurs, un outil pour le poser et l'entretenir. L'outil a été conçu pour durer, le diagnostic est par nature précaire. L'un pourrait être alimenté et entretenu, l'autre complété et mis à jour en continu.



BIBLIOGRAPHIE
des ouvrages cités dans ce volume

(pour une bibliographie plus complète se reporter au volume n°3)

NOTRE AVENIR A TOUS				
BRUNDTLAND	1988	MONTRÉAL	COCHISE	122
ENERGIE POUR UN MONDE VIVABLE				
GOLDEMBERG et autres	1990	PARIS	WISE-Paris	330
ENERGY POLICIES AND THE GREENHOUSE EFFECT - VOLUME ONE : POLICY APPRAISAL				
GRUBB	1990		WISE-Paris	323
WORLD RESOURCES 1990-91				
	1990	OXFORD	WISE-Paris	259
OUTLOOK FOR TRADE AND OCEAN SHIPPING OF FOREST PRODUCTS				
DREWRY	1991	LONDRES	ITHAQUE	195
OUTLOOK FOR TRADE AND OCEAN SHIPPING OF FOREST PRODUCTS				
DREWRY	1991	LONDRES	ITHAQUE	103
HALTE A LA CROISSANCE				
MEADOWS et autres	1972	PARIS	COCHISE	421
2100 RECIT DU PROCHAIN SIECLE				
GAUDIN	19se		ITHAQUE	2006
TOWARDS A FOSSIL FREE ENERGY FUTURE - THE NEXT ENERGY TRANSITION				
LAZARUS et AL.	1993	Boston	WISE-Paris	1223
EXPLOITER LA TERRE				
YOUNG	1992	PARIS	COCHISE	766
BEYOND THE LIMITS				
MEADOWS et autres	1992	Londres	WISE-Paris	1266
ENERGIE POUR LE MONDE DE DEMAIN				
	1993		WISE-Paris	1285
RENEWABLE ENERGY				
JOHANSSON et autres	1993	WASHINGTON	WISE-Paris	1286
WORLD ENERGY OUTLOOK				
	1993	PARIS	WISE-Paris	1288
AGRICULTURE : HORIZON 2010				
	1993	ROME	WISE-Paris	1293
AGRICULTURE 2010/FORETS				
	1993	ROME	WISE-Paris	1294
POTENTIAL IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON WORLD FOOD SUPPLY				
ROSENZWEIG et PARRY	1994		WISE-Paris	1309
THE INTERNATIONAL OIL TANKER MARKET				
DREWRY	1994	LONDRES	PROSPEC	20002
TENDANCES DE L'ECONOMIE MONDIALE				
	1992	PARIS	PROSPEC	20003

*critères de sélection ouvrages cités dans le volume n°2
(mots-clés ou autre)*

PERSPECTIVES A LONG TERME DE L'ECONOMIE MONDIALE
ANDRIEU et autres 1992 PARIS PROSPEC 20004

TRADING IN LNG AND NATURAL GAZ 1992 LONDRES PROSPEC 20006

