



RD ctuol96

Institut d'Evaluation des Stratégies sur  
l'Energie et l'Environnement en Europe

9640588

## La demande d'énergie en 2050

### 1 - INTRODUCTION

Cette note propose une analyse de scénarios contrastés de prospective énergétique à long terme (scénarios IIASA et NOE). Son objet n'est ni de les valider, ni l'inverse. Il ne s'agit pas non plus de proposer un nouveau scénario.

Son objectif est d'élaborer une grille d'analyse des enjeux à long terme, utile pour la prospective qui va être effectuée dans le cadre du Plan.

On tentera donc de :

- décomposer par usage les consommations proposées dans les différents scénarios,
- faire apparaître leurs logiques implicites (techniques, culturelles, sociales ou politiques),
- identifier les modes de vie correspondant aux consommations dans quelques grandes régions du monde (Europe de l'Ouest, Chine, Afrique Subsaharienne).

## **2 - PRESENTATION GENERALE DES SCENARIOS**

Nous allons présenter les caractéristiques principales des scénarios étudiés.

---

### **2.1 - La prospective de l'IIASA**

La prospective élaborée par l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) pour le Conseil Mondial de l'Energie en 1995 est très classique dans sa construction méthodologique de type "top down".

Elle repose sur :

- une décomposition par énergie en intégrant dans les bilans, ce qui est nouveau, les énergies non commerciales (bois, énergies renouvelables) ;
- une analyse de la consommation d'énergie constatée dans la période passée par secteur ;
- une analyse des croissances passées du PIB et de la consommation d'énergie ; il en est tiré un taux d'élasticité ;
- une analyse, à partir de ce taux d'élasticité, pour déterminer si l'amélioration de l'efficacité de l'usage de l'énergie va progresser ou décroître ;
- une analyse de la croissance démographique attendue par grande région du monde (commune à tous les scénarios) ;
- une analyse de la croissance de l'activité économique par grande région du monde et par secteur (valeurs ajoutées exprimées en parité de pouvoir d'achat et en parité de taux de change).

3 scénarios ont été retenus pour les horizons 2020, 2050 et 2100 :

- un scénario de forte croissance (avec réduction significative de l'intensité énergétique) ;
- un scénario de croissance moyenne (avec une faible amélioration de l'intensité énergétique) ;
- un scénario de priorité écologique reprenant la croissance moyenne du scénario précédent et en y associant une forte réduction de l'intensité énergétique et un rééquilibrage Nord-Sud.

### Caractéristiques générales des scénarios IIASA

	Croissance forte A		Croissance moyenne B		Scénario à priorité écologique C	
	2050	2100	2050	2100	2050	2100
Population en milliards	10,1	11,7	10,1	11,7	10,1	11,7
Produit mondial brut en milliers de milliards de \$	100	300	75	200	75	220
Réduction de l'intensité énergétique	moyenne		faible		forte	
Intensité énergétique par unité de PIB en % par an	-1 %	-1 %	-0,7 %	-0,8 %	-1,4 %	-1,5 %
Consommation en énergies primaires en milliards de tep	25	45	20	35	14	21
<b>Ressources disponibles</b>						
▪ fossiles	fortes		moyennes		faibles	
▪ non fossiles	fortes		moyennes		fortes	
<b>Coûts des technologies</b>						
▪ fossiles	faibles		moyens		forts	
▪ non fossiles	faibles		moyens		faibles	
<b>dynamique technologique</b>						
▪ fossiles	forte		moyenne		moyenne	
▪ non fossiles	forte		moyenne		forte	
Contrainte sur émissions de CO <sub>2</sub>	non		non		oui	
Emissions de CO <sub>2</sub> en GtC	9 - 15	7 - 22	10	14	5	2
Taxe sur l'environnement	non		non		oui	
Nombre de variantes	3		1		2	

L'intensité énergétique est sensée décroître d'environ 1% par an, c'est à dire la valeur constatée les années récentes.

Les variantes diffèrent par les parts de marché entre énergies.

### Consommation d'énergie selon les 6 scénarios

En 2020	1990	A1	A2	A3	B	C1	C2
<b>Consommation d'énergie primaire</b>							
Energie primaire en Gtep	9,0	15,4	15,4	15,4	13,6	11,4	11,4
Charbon	2,2	3,7	4,3	2,9	3,4	2,3	2,3
Pétrole	3,1	4,7	4,5	4,3	3,8	3,0	3,0
Gaz naturel	1,7	3,6	3,4	3,8	3,2	3,1	3,0
Nucléaire	0,5	0,9	0,6	1,0	0,9	0,7	0,8
Renouvelables	1,6	2,5	2,6	3,3	2,3	2,4	2,3
Emissions annuelles en GtC <sup>1</sup>	6,0	9,5	10,0	8,2	8,4	6,3	6,3

<sup>1</sup> Les émissions de gaz carbonique sont comptées en milliards de tonnes pour leur contenu en carbone.

En 2050	A1	A2	A3	B	C1	C2
<b>Consommation d'énergie primaire</b>						
Energie primaire en Gtep	24,8	24,9	24,5	19,7	14,2	14,2
Charbon	6,0	8,0	2,2	4,2	1,5	1,4
Pétrole	7,5	4,8	4,5	4,0	2,7	2,5
Gaz naturel	6,0	5,5	8,0	4,6	3,7	3,4
Nucléaire	1,5	1,0	2,8	2,8	0,6	1,7
Renouvelables	4,0	5,7	7,5	4,4	5,5	5,0
Emissions annuelles en GtC	11,7	15,1	9,2	10,0	5,4	5,0

Dans ces scénarios, 11 grandes régions du monde ont été distinguées : Amérique du Nord, Amérique latine, Europe de l'ouest, Europe centrale et orientale, CEI, Afrique du Nord et Moyen-Orient, Afrique Subsaharienne, Chine, Asie du Sud, autres pays d'Asie et de l'Océanie, pays OCDE de l'Asie et du Pacifique.

## 2.2 - Le scénario NOE

Ce scénario constitue une variante dans ses fondements économiques des scénarios élaborés par le Conseil Mondial de l'Energie en 1986. Sur cette base, une nouvelle interprétation de l'intensité énergétique et de l'offre des différentes énergies a été entreprise. Pour affiner l'analyse, 3 grands usages de l'énergie ont été différenciés : la force motrice fixe (moteurs industriels, électroménager), la force motrice mobile (les transports) et la chaleur.

### *Décomposition de la consommation par usage de l'énergie*

	1985	2020		2060	
		CME86	NOE	CME86	NOE
<b>Consommation d'énergie primaire</b>					
Energie primaire en Gtep	7,0	14,0	10,0	21,8	11,5
Charbon	2,1	4,2	2,1	7,0	1,8
Pétrole	2,8	2,6	2,6	2,5	1,7
Gaz naturel	1,4	2,7	2,2	3,8	2,0
Nucléaire	0,3	1,7	0,5	2,9	0,3
Hydraulique	0,4	1,0	1,0	2,1	1,7
Renouvelables	0,6	1,8	1,8	3,5	4,0
<b>Emissions en GtC</b>	6,0		5,5		4,7

Dans ces scénarios, le monde est divisé en 10 grandes régions. Le découpage est proche de celui de l'IIASA. La CEI et l'Europe centrale et orientale sont regroupées. L'Afrique du Sud est séparée de l'Afrique Subsaharienne et intégrée dans les pays de l'OCDE de l'Asie et l'Océanie.

### **3 - COMPARAISON DES SCENARIOS**

Comme on l'a vu, les scénarios présentent des résultats très différents. Il est utile d'établir les similitudes et les différences.

#### ***Consommations d'énergie des différents scénarios***

<b>en 2020</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>B</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>NOE</b>
<b><i>Consommation d'énergie primaire</i></b>							
Energie primaire en Gtep	9,0	15,4	15,4	15,4	13,6	11,4	10,2
Charbon	2,2	3,7	4,3	2,9	3,4	2,3	2,1
Pétrole	3,1	4,7	4,5	4,3	3,8	3,0	2,6
Gaz naturel	1,7	3,6	3,4	3,8	3,2	3,1	2,2
Nucléaire	0,5	0,9	0,6	1,0	0,9	0,7	0,5
Renouvelables	1,6	2,5	2,6	3,3	2,3	2,4	2,8
Emissions annuelles en GtC	6,0	9,5	10,0	8,2	8,4	6,3	5,5

<b>en 2050</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>B</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>NOE</b>
<b><i>Consommation d'énergie primaire</i></b>							
Energie primaire en Gtep	24,8	24,9	24,5	19,7	14,2	14,2	11,2
Charbon	6,0	8,0	2,2	4,2	1,5	1,4	1,9
Pétrole	7,5	4,8	4,5	4,0	2,7	2,5	1,9
Gaz naturel	6,0	5,5	8,0	4,6	3,7	3,4	2,2
Nucléaire	1,5	1,0	2,8	2,8	0,6	1,7	0,3
Renouvelables	4,0	5,7	7,5	4,4	5,5	5,0	5,0
Emissions annuelles en GtC	11,7	15,1	9,2	10,0	5,4	5,0	4,7

## 4 - LES SIMILITUDES

### 4.1 - La prise en compte des évolutions démographiques

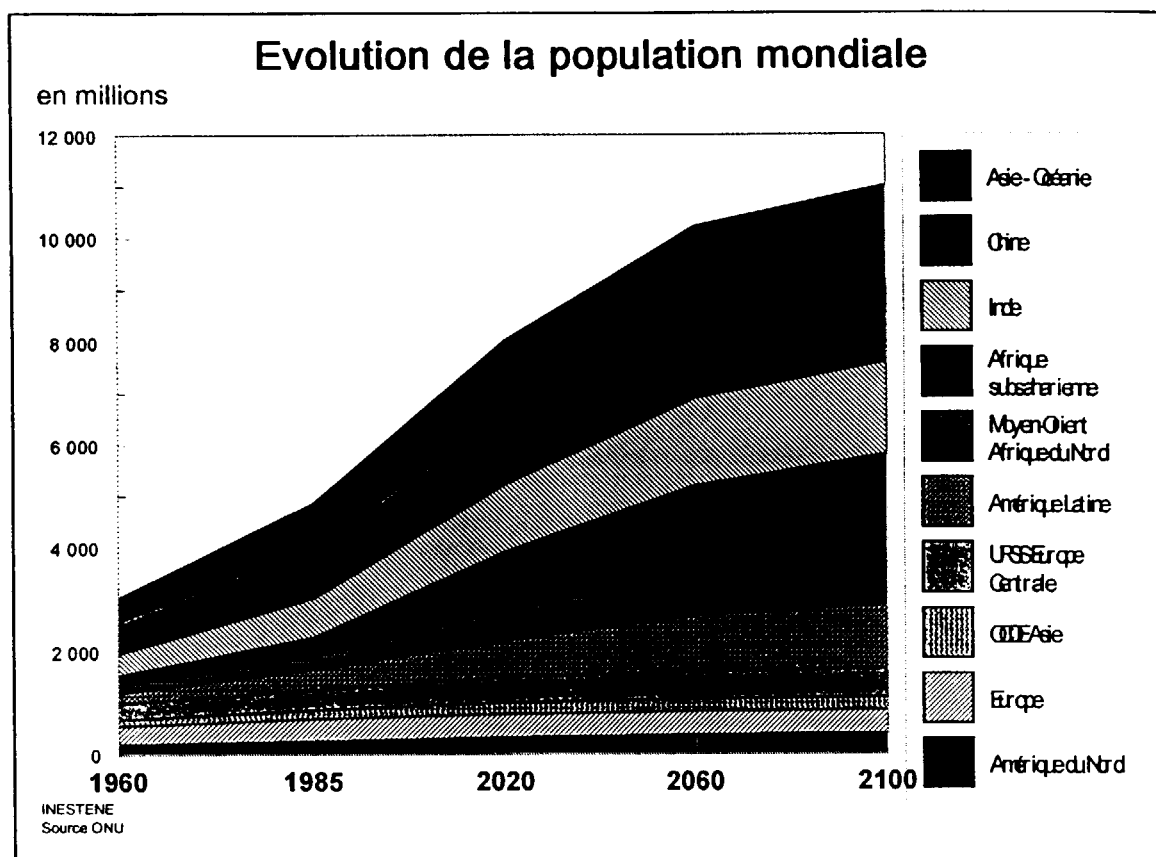
*Evolution de la population mondiale*

Population en millions	1960	1985	2020	2060	2100	croissance démographique entre 1985 et 2060 en %	
						globale	par an
Amérique du Nord	200	265	330	380	400	43	0,47
Europe	360	430	450	450	450	5	0,07
OCDE Asie	125	170	230	240	250	41	0,46
CEI - Europe centrale	310	390	490	530	550	36	0,41
Total pays du Nord	995	1 255	1 500	1 600	1 650	27	0,31
Amérique latine	215	410	710	1 100	1 250	168	1,32
Afrique du Nord - Moyen Orient	145	230	580	800	900	248	1,68
Afrique	195	390	1 140	1 700	2 000	336	1,98
Inde	420	760	1 310	1 700	1 800	124	1,08
Chine	660	1 040	1 360	1 600	1 600	54	0,58
Asie-Océanie	390	760	1 400	1 700	1 800	124	1,08
Total pays du Sud	2 025	3 590	6 500	8 600	9 350	140	1,17
Total monde	3 020	4 845	8 000	10 200	11 000	111	1,09

La croissance démographique va mécaniquement absorber 1,2 % de croissance économique dans les pays du Sud. Ce taux s'élèverait à 2 % pour l'Afrique.

L'étude IIASA prend comme base des hypothèses légèrement supérieures : 10,1 milliards d'habitants en 2050 et 11,7 en 2100. La part des pays du Nord dans la population mondiale passerait de 26 % en 1985 à 16 % en 2060 puis à 15 % en 2100.

Ces scénarios se situent tous dans une logique de stabilisation à long terme de la démographie mondiale, en passant par une période de transition avec doublement par rapport à aujourd'hui.



## 4.2 - Les taux de croissance économique

Dans tous les scénarios, la croissance économique à long terme est comprise entre 2 et 3 %, avec une croissance plus forte dans les pays du Sud que dans les pays du Nord. En pourcentages globaux, tout du moins.

Taux de croissance	1990-2020					2020-2050				
	IIASA A	IIASA B	IIASA C	CME86	NOE	IIASA A	IIASA B	IIASA C	CME86	NOE
Pays industrialisés	2,7	2,4	2,1	1,8	1,8	1,6	1,2	1,1	0,9	0,8
Pays en transition	-0,6	-0,6	-0,6			4,4	2,9	2,9		
Pays en développement	3,7	3,0	3,5	3,0	3,0	2,8	2,4	2,6	1,5	2,4

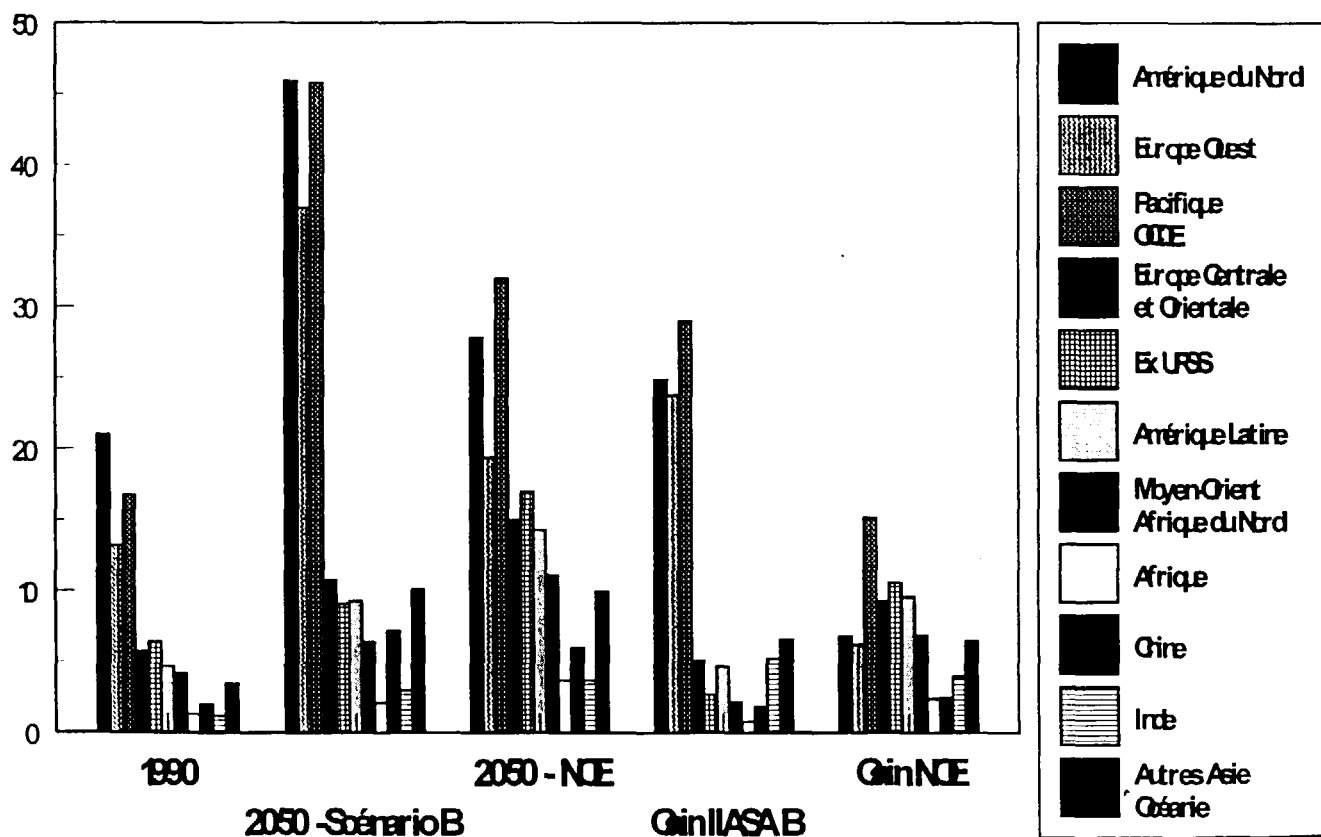
Dans un exercice de prospective à court terme, on peut être tenté d'utiliser des taux de croissance élevés pour faire apparaître des évolutions. Dans des simulations à long terme, la tendance est inverse. Des taux de croissance faibles sur longue période se traduisent par des bouleversements majeurs. Les appréciations quantitatives ne reflètent guère les changements qualitatifs induits.

Toutefois, cet accord sur des taux de croissance faibles sur longue période est trompeuse. Ces écarts de taux de croissance entre les pays du Nord et les pays du Sud, en faveur apparemment de ces derniers, masquent en fait des réalités fort différentes rapportées par habitant compte tenu d'évolutions démographiques extrêmement contrastées.

Pouvoir d'achat par habitant en 1000, \$ 1990 - parité pouvoir d'achat	1990	Scénarios IIASA 2050			NOE 2050	Ecart 2050-1990			
		A	B	C		IIASA B	en % par an	NOE	en % par an
Amérique du Nord	21,0	54,5	45,9	38,8	27,8	24,9	1,3	6,8	0,5
Europe de l'ouest	13,2	45,8	37,0	32,9	19,4	23,8	1,7	6,2	0,6
OCDE Asie	16,8	58,7	45,8	42,8	32,0	29,0	1,5	15,2	1,1
<b>Pays industrialisés</b>	<b>16,4</b>	<b>51,0</b>	<b>41,5</b>	<b>36,5</b>	<b>24,3</b>	<b>25,1</b>	<b>1,6</b>	<b>7,9</b>	<b>0,7</b>
Europe centrale & Orientale	5,7	16,3	10,8	10,9	15,0	5,1	1,1	9,3	1,6
Ex URSS	6,4	14,8	9,1	9,1	17,0	2,7	0,6	10,6	1,7
<b>Pays en transition</b>	<b>6,2</b>	<b>15,2</b>	<b>9,6</b>	<b>9,6</b>	<b>16,4</b>	<b>3,4</b>	<b>0,7</b>	<b>10,2</b>	<b>1,6</b>
Amérique Latine	4,7	10,3	9,3	9,5	14,3	4,6	1,2	9,6	1,9
Nord Afrique-Moyen Orient	4,2	8,0	6,4	6,5	11,1	2,2	0,7	6,9	1,6
Afrique	1,3	2,9	2,1	2,4	3,7	0,8	0,8	2,4	1,8
Inde	1,2	4,0	3,0	3,6	3,7	1,8	1,6	2,5	2,0
Chine	2,0	11,1	7,2	9,5	6,0	5,2	2,3	4,0	2,0
Asie du Sud - Océanie	3,5	13,3	10,1	11,9	10,0	6,6	1,9	6,5	1,8
<b>Pays en développement</b>	<b>2,3</b>	<b>7,3</b>	<b>5,4</b>	<b>6,4</b>	<b>6,7</b>	<b>3,1</b>	<b>1,4</b>	<b>4,4</b>	<b>1,8</b>
<b>Moyenne générale</b>	<b>4,9</b>	<b>12,1</b>	<b>9,2</b>	<b>9,5</b>	<b>9,0</b>	<b>4,3</b>	<b>1,1</b>	<b>4,1</b>	<b>1,0</b>

### Comparaison de l'évolution du PIB par habitant

en milliers de \$ 1990





En valeur absolue, le niveau de vie par habitant des pays du Nord croît près de 6 fois en moyenne que celui des pays du Sud selon l'IIASA. Même dans le scénario NOE, la croissance en valeur absolue des pays du Nord est encore double de celle des pays du Sud. Comment interpréter cette situation ? Il convient d'en effectuer une lecture à la fois mathématique, économique et politique.

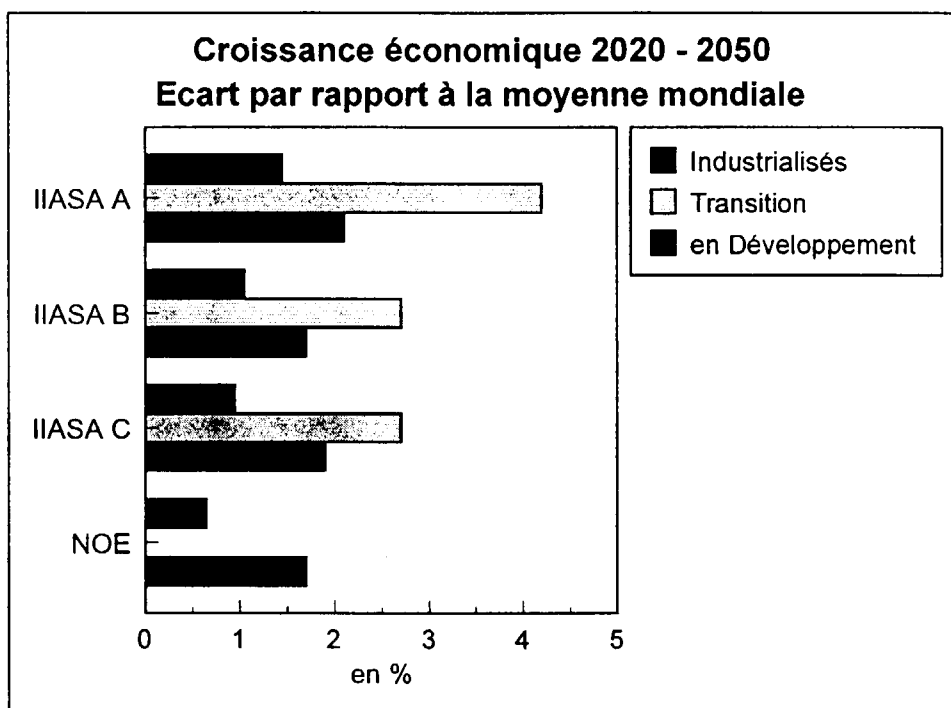
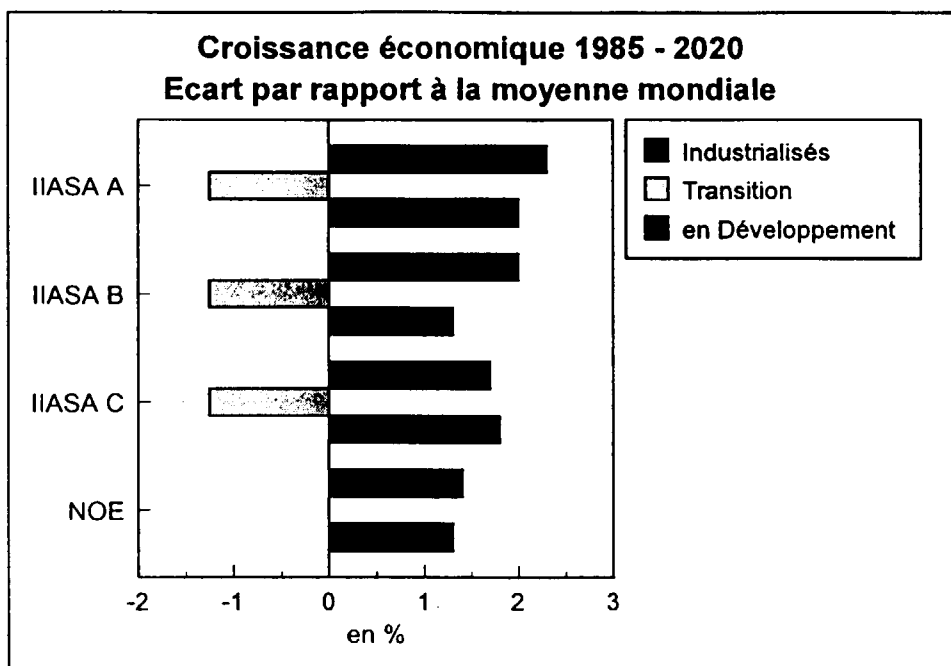
D'abord, sur le long terme, les progressions en pourcentage induisent facilement en erreur. Les progressions géométriques tendent à valoriser les situations de départ même avec des taux de croissance supérieurs pour les pays du Sud. Voilà pour l'explication mathématique.

Surtout, une grande partie de la croissance économique des pays du Sud est compensée par la croissance démographique (1,17 par an en moyenne, 1,98 pour l'Afrique Subsaharienne). Pourtant, sur le long terme la croissance économique est dépendante de la croissance démographique.

Le tableau qui suit reprend celui de la page 6. Le scénario C de l'IIASA, qui est le plus équilibré dans la répartition de la croissance entre le Nord et le Sud, correspond à un taux de croissance moyen de 2,22 % entre 1990 et 2050. La croissance démographique étant en moyenne de 1,09 %, l'accroissement réel de richesse est de 1,13 %.

Taux de croissance	1990-2020				2020-2050			
	IIASA A	IIASA B	IIASA C	NOE	IIASA A	IIASA B	IIASA C	NOE
Pays industrialisés								
Croissance démographique	0,4				0,15			
Taux de croissance des scénarios IIASA et NOE	2,7	2,4	2,1	1,8	1,6	1,2	1,1	0,8
Ecart	2,3	2,0	1,7	1,4	1,45	1,05	0,95	0,65
Pays en transition								
Croissance démographique	0,65				0,2			
Taux de croissance des scénarios IIASA et NOE	-0,6				4,4	2,9		
Ecart	-1,25				4,2	2,7		
Pays en développement								
Croissance démographique	1,7				0,7			
Taux de croissance des scénarios IIASA et NOE	3,7	3,0	3,5	3,0	2,8	2,4	2,6	2,4
Ecart	2,0	1,3	1,8	1,3	2,1	1,7	1,9	1,7

Cette exercice fait apparaître que la croissance économique par habitant reste supérieure d'ici 2020 dans les pays industrialisés à celle des pays en développement tandis que les pays en transition connaissent une croissance nettement négative.



Quel jugement politique porter enfin sur les scénarios ainsi construits ? L'histoire fait apparaître que les pays en phase de décollage connaissent parfois des taux de croissance à deux chiffres alors que les pays développés plafonnent aujourd'hui à des taux de croissance de l'ordre de 2 %. On verra plus loin que les sociétés développées évoluent progressivement vers la satisfaction de besoins de plus en plus immatériels, de moins en moins consommateurs d'énergie et de matières. A l'opposé, l'accroissement de la population des pays du Sud accroît leurs besoins et leur capacité de travail. Il faut se garder d'une vision malthusienne.

Il convient de rappeler que sur longue période, les taux de croissance observés dans l'histoire restent globalement faibles : 2 % dans les pays industrialisés pour les deux siècles depuis la révolution industrielle, et furent bien plus faibles dans les pays du Sud. Comment dans ces conditions ne pas s'interroger sur le risque de surestimation de la croissance dans les pays du Nord. La volonté de bien-faire ne suffit pas à assurer cette évolution. Et ce d'autant plus que le souci d'évoluer vers le développement se traduit par un écart croissant entre pays du Nord et pays du Sud, gros de menaces. On ne peut que noter la contradiction entre une option de développement des échanges au plan mondial, ce qui exige un contexte général de paix, et une aggravation continue des inégalités. Le rapport du PIB par habitant entre un américain du Nord et un africain était de 16,2 en 1990, il passerait dans le scénario B de l'IIASA à 21,9. Dans NOE, ce rapport ne serait plus que de 7,5. N'oublions jamais que la paix découle de la justice (sur très longue période).

En fait, une question lourde se pose : Comment va se répartir la croissance dans le siècle prochain ? Trois hypothèses peuvent être formulées :

- Les pays qui ont bénéficié de la croissance continuent de profiter de leur avance technologique et des termes des échanges économiques.
- Les pays du Sud se développent à tour de rôle, la première vague étant constituée par le Sud-Est asiatique. Même dans cette hypothèse, il n'est pas exclu que les pays du Sud ayant une forte croissance démographique aient un handicap supplémentaire : avoir à constituer les infrastructures rendues indispensables par la croissance démographique, construire leur infrastructure industrielle, et s'implanter dans les marchés mondiaux.
- Le développement économique dans le cadre de l'économie-monde actuel se diffuse.

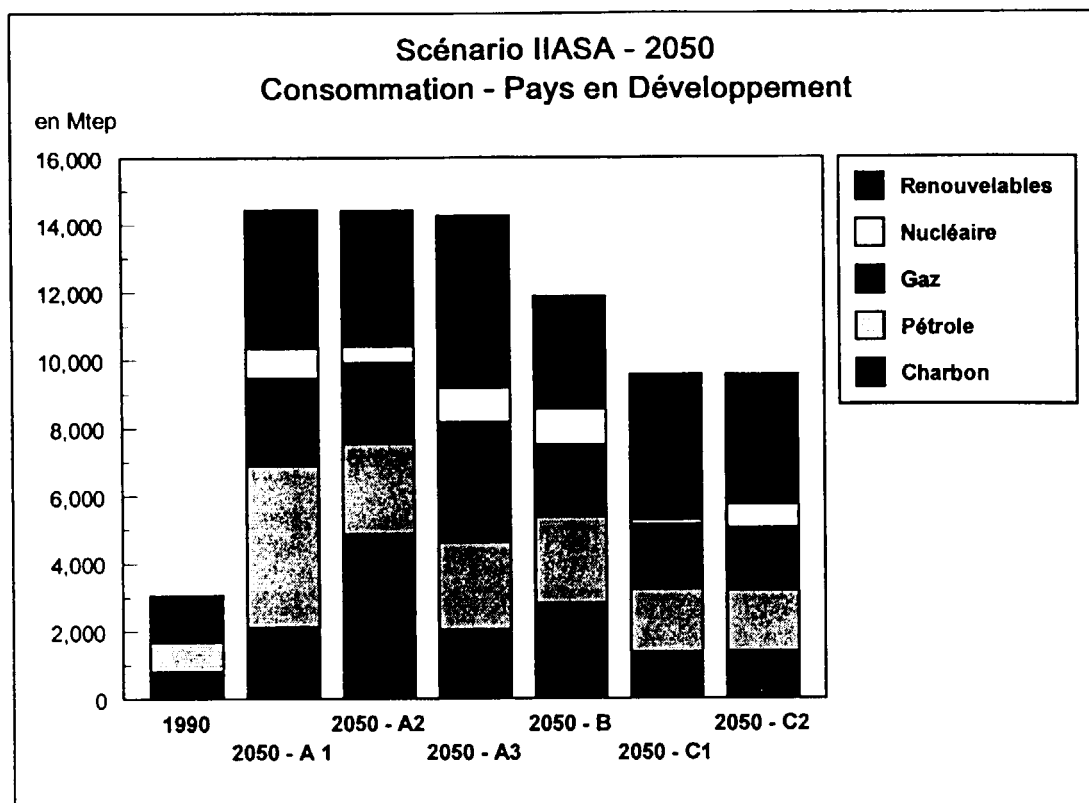
Cette question, contournée dans les scénarios, mérite une étude fouillée. Il faudrait suivre la logique de chacune de ces hypothèses.

### 4.3 - Le niveau de consommation énergétique des pays du Sud

Il découle des taux de croissance qui précèdent, que les consommations d'énergie des pays du Sud restent assez proches dans tous les scénarios. Les consommations moyennes par habitant n'y dépassent jamais 1,7 tep par habitant, soit un peu moins que la consommation d'énergie par habitant de la France de 1960.

<b>Consommation par habitant</b>	<b>2020</b>				<b>2050</b>			
	IIASA A	IIASA B	IIASA C	NOE	IIASA A	IIASA B	IIASA C	NOE
Pays du Nord	5,4	4,7	3,7	3,3	6,8	5,2	3,0	2,3
Pays du Sud	1,4	1,0	0,9	0,8	1,7	1,4	1,1	1,0

Les scénarios de l'IIASA font apparaître une multiplication par 3 à 4,5 de la consommation totale des pays du Sud (pour une multiplication de la population par 2,2).



Mais, on verra plus loin que la signification de cette consommation par habitant en terme de mode de vie varie fortement selon les scénarios compte tenu des intensités énergétiques associées.

#### 4.4 - Les consommations d'hydrocarbures

Selon l'IIASA, les consommations d'hydrocarbures seraient de 160 Gtep en cumulé d'ici 2020 et entre 330 et 400 Gtep d'ici 2060.

Consommation mondiale en Gtep	2020				2050			
	IIASA A2	IIASA B	IIASA C1	NOE	IIASA A2	IIASA B	IIASA C1	NOE
Pétrole	4,5	3,8	3,0	2,6	4,8	4,0	2,7	2,0
Gaz naturel	3,4	3,2	3,0	2,2	5,5	4,5	3,9	2,1
Total	7,9	7,0	6,0	4,8	10,3	8,5	6,6	4,1

Les consommations d'hydrocarbures restent proches de 6 Gtep en 2020 dans la majorité des scénarios. On constate une dépendance continue des transports en pétrole dans tous les scénarios, ce qui implique une sécurité des échanges sur le long terme.

Dans tous les cas, les chocs pétroliers que pourrait connaître le siècle prochain toucheraient pour l'essentiel les transports, ce qui signifie qu'ils mettraient en crise les échanges mondiaux et ralentiraient fortement la croissance économique mondiale.

L'analyse de Benjamin Dessus "une comparaison patrimoniale de scénarios énergétiques contrastés" fait apparaître que les réserves de gaz et de pétrole prouvées et estimées seraient pour l'essentiel épuisées vers 2050 dans le scénario IIASA A. Dans les scénarios IIASA C et NOE, la mise en valeur de ressources non conventionnelles serait reportée vers 2100.

## 4.5 - La production des énergies renouvelables

La production des énergies renouvelables serait comprise entre 2,8 et 2,3 Gtep en 2020 et 5,8 et 4,43 Gtep au milieu du siècle prochain (contre 1,6 Gtep en 1990).

<b>Consommation mondiale des énergies renouvelables en Gtep</b>	<b>2020</b>				<b>2050</b>			
	IIASA A2	IIASA B	IIASA C1	NOE	IIASA A2	IIASA B	IIASA C1	NOE
	2,6	2,3	2,4	2,8	5,7	4,4	5,6	5,0

Les écarts entre les scénarios sont mineurs. On doit s'interroger sur cette unanimité qui contraste avec les divergences profondes actuellement constatées entre les politiques nationales vis à vis des énergies renouvelables. Rappelons que la production des énergies renouvelables reste dans tous les cas pour l'essentiel assurée par l'hydraulique et la biomasse.

Toutefois, cette concordance dans les productions en valeur absolue des énergies renouvelables correspond à des pourcentages très différents des productions énergétiques totales compte tenu du fait que celles-ci varient du simple au double à l'horizon 2050.

### Conclusion sur ces similitudes

L'examen des convergences entre scénarios n'est pas en définitive totalement convaincant. Retenons que :

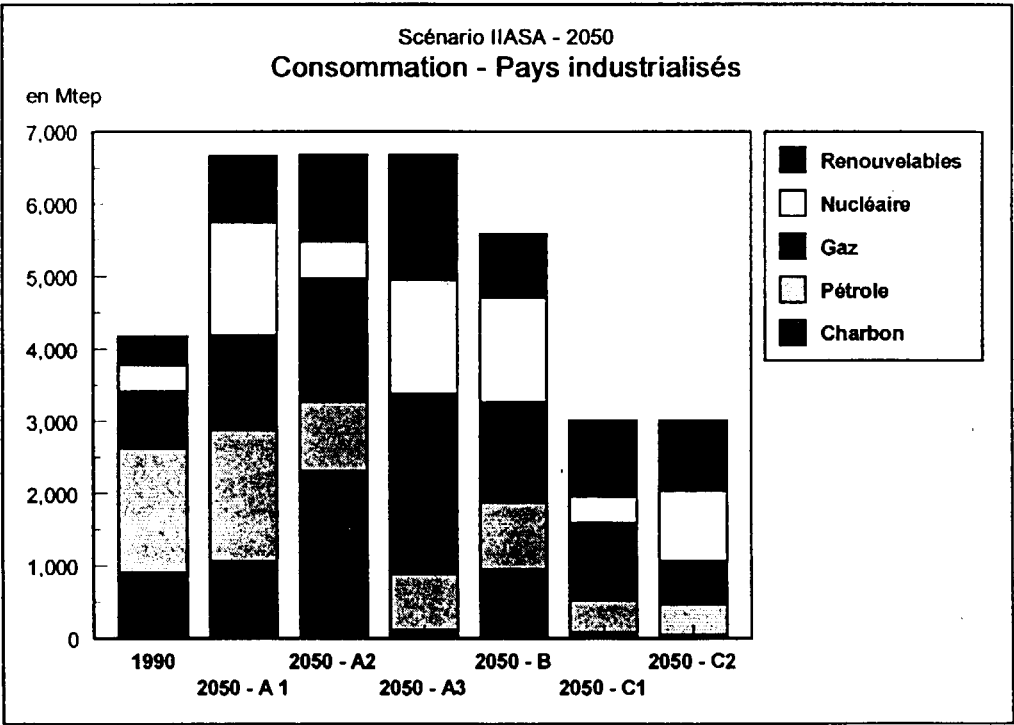
- Une incertitude plus grande doit être affectée aux taux de croissance,
- Les consommations pétrolières seront difficilement compressibles,
- Les contributions des énergies renouvelables ne seront assurées qu'avec des politiques volontaristes.

## 5 - LES DIFFERENCES

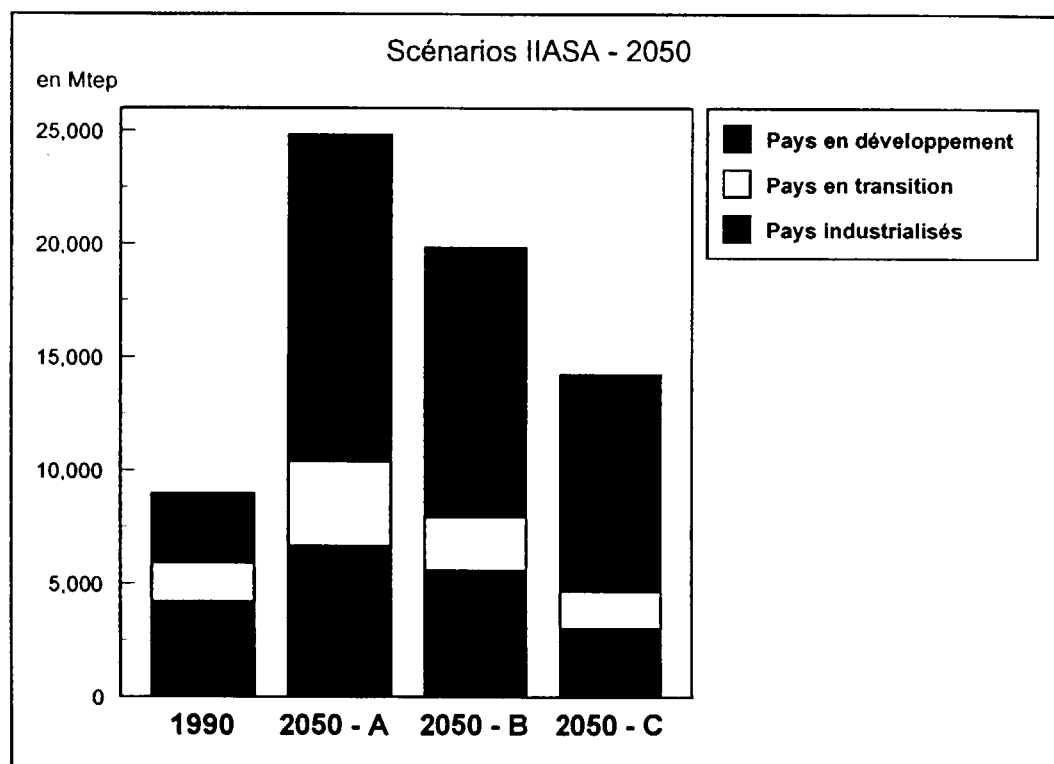
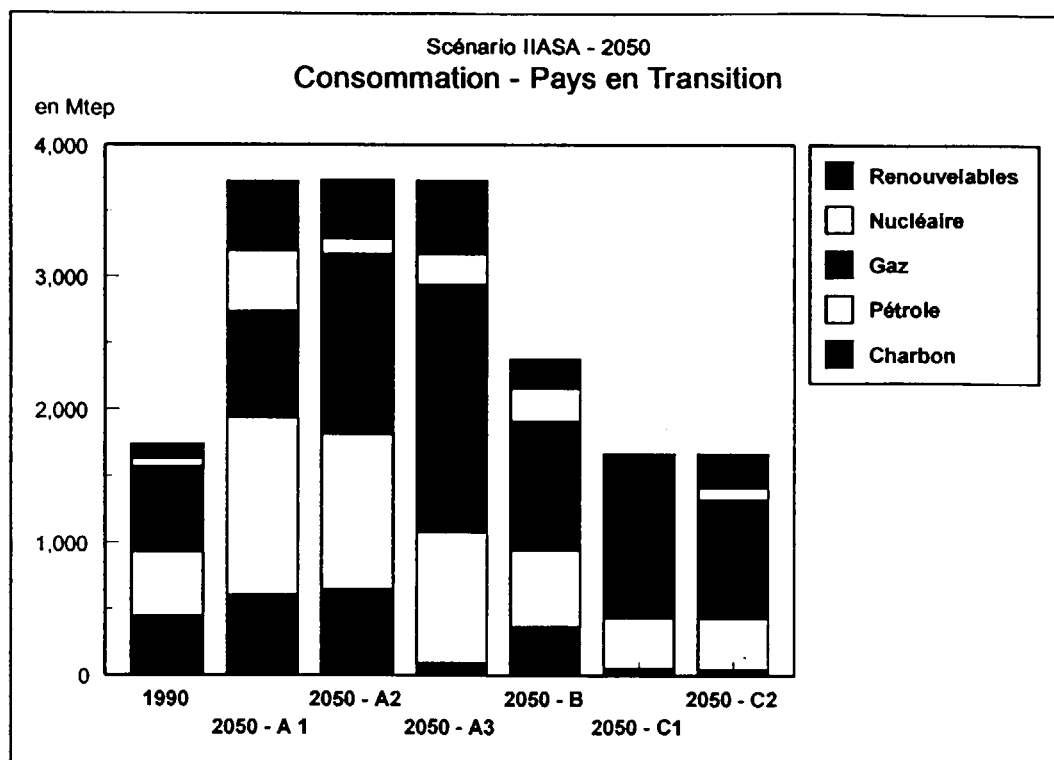
### 5.1 - Le niveau des consommations des pays du Nord

Les consommations énergétiques des pays du Nord divergent davantage entre scénarios que les consommations des pays du Sud. En 2020, les consommations d'énergie varient déjà du simple au double. En 2050, le rapport est de un à trois.

Consommation des pays du Nord en Gtep	1990	2020				2050			
		IIASA A	IIASA B	IIASA C1	NOE	IIASA A2	IIASA B	IIASA C1	NOE
	5,9	8,0	6,9	5,4	4,9	10,4	8,0	4,7	3,6



L'évolution des consommations des pays en transition dans le scénario IIASA A est plus surprenante pour une augmentation du PIB de seulement 60 % par habitant.



Les différences entre scénarios sont contrastées y compris entre les scénarios de l'IIASA.

L'écart entre les scénarios des consommations mondiales les plus contrastés à l'horizon 2050 est de 14 Gtep (entre IIASA A et NOE). L'écart entre les pays riches est de 6 Gtep pour les seuls pays du Nord alors qu'ils ne représenteront alors que 16 % de la population mondiale. Pour situer l'importance de ce chiffre, rappelons qu'il représente environ la moitié de la consommation estimée des pays du Sud, soit de 85 % de la population mondiale en 2050.

Le potentiel d'économie d'amélioration de l'efficacité énergétique est de 55 % dans les pays du Nord contre 34 % dans ceux du Sud (entre le scénario C et le scénario A). Sur le fond, l'IIASA et NOE convergent sur le fait que la majorité des économies d'énergie sont à faire dans le Nord (54 % dans le scénario IIASA C par rapport à IIASA A<sup>1</sup>).

## 5.2 - Les consommations de charbon et d'électricité nucléaire

A l'évidence, les consommations de charbon constituent des termes de bouclage dans les scénarios après affectation du pétrole aux transports, du gaz en grande partie au résidentiel tertiaire et des renouvelables.

Les consommations de charbon et du nucléaire qui sont identifiés comme facteurs de risque et de rejet social ont des consommations significatives dans les scénarios les plus consommateurs.

<b>Consommation mondiale de charbon et de nucléaire en Gtep</b>	<b>1990</b>	<b>2020</b>				<b>2050</b>			
		IIASA A2	IIASA B	IIASA C2	NOE	IIASA A2	IIASA B	IIASA C2	NOE
Nucléaire	0,5	0,6	0,9	0,8	0,5	1,1	2,7	1,8	0,3
Charbon	2,2	4,3	3,4	2,3	2,1	7,8	4,1	1,5	1,9
Total	2,7	4,9	4,3	3,1	2,6	8,9	6,8	3,3	2,2

La production nucléaire ne peut guère décoller d'ici 2020 compte tenu de l'enlisement de la plupart des programmes nucléaires des pays industrialisés et de son impossibilité de développement significatif au Sud pour cause de risque de prolifération militaire. Une éventuelle relance n'aurait d'effet que vers le milieu du siècle.

Le développement du charbon est marqué d'incertitude : d'un côté les ressources à bas coûts sont abondantes, d'un autre côté son développement induirait une émission importante de gaz à effet de serre.

## 5.3 - L'intensité énergétique

En dernier ressort, la divergence majeure entre les scénarios porte sur l'évolution de l'intensité énergétique. Cette divergence exprime :

- d'une part, la perspective de réduction régulière des consommations énergétiques, à condition de service égal, par accroissement continu des rendements sous l'impulsion du progrès technologique,
- d'autre part, l'idée d'un relatif plafonnement des possibilités de réduction de l'intensité énergétique après les progrès récents.

<sup>1</sup> Il faudrait toutefois tenir compte de la différence de taux de croissance entre ces scénarios.



Cette divergence est d'autant plus vive que l'absence d'analyse précise en terme d'usage social des consommations ne permet pas de trancher à partir de données objectives.

Le scénario NOE présente une intensité énergétique en forte réduction dans les pays industrialisés, au point qu'elle devient deux fois plus faible que celle des pays en développement. Le développement se fait au Nord en direction de services peu consommateurs en énergie, tandis que les pays du Sud s'équipent en infrastructures lourdes.

### **Intensité énergétique**

<i>en \$ 1980 - parité pouvoir d'achat</i>	<b>1960</b>	<b>1985</b>	<b>Scénarios CME (1986)</b>		<b>Scénario NOE</b>	
			<b>2020</b>	<b>2050</b>	<b>2020</b>	<b>2050</b>
Amérique du Nord	0,79	0,60	0,47	0,43	0,26	0,17
Europe	0,44	0,39	0,34	0,31	0,20	0,14
OCDE Asie	0,50	0,40	0,30	0,28	0,18	0,1
CEI, Europe centrale	0,77	0,91	0,71	0,67	0,50	0,24
Amérique Latine	0,45	0,38	0,33	0,33	0,30	0,23
Afrique du Nord - Moyen Orient	0,17	0,38	0,42	0,43	0,35	0,25
Afrique	0,87	0,75	0,58	0,63	0,50	0,34
Inde	0,50	0,46	0,38	0,41	0,32	0,28
Chine	0,93	0,48	0,32	0,59	0,28	0,25
Asie du Sud - Océanie	0,32	0,35	0,24	0,28	0,24	0,22

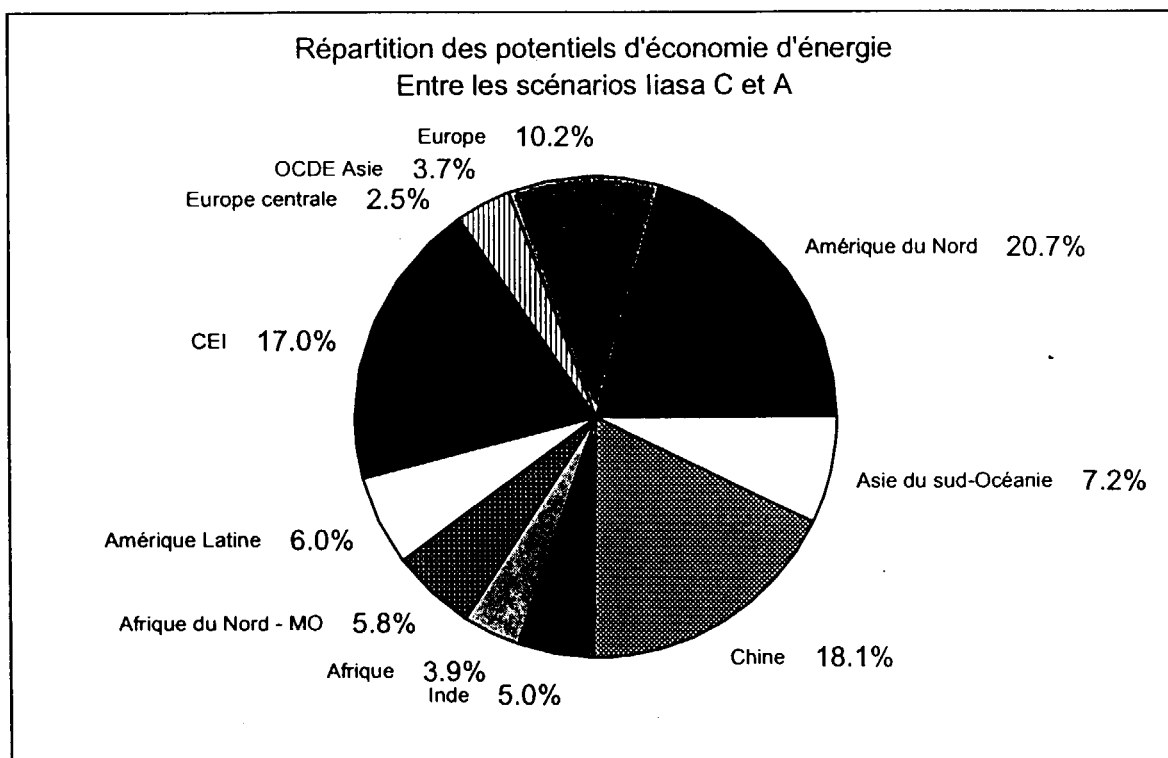
La réduction de l'intensité énergétique du scénario NOE se fonde sur une analyse de la production du travail. Celle-ci suit une pente régulière de 2,5 à 3 % par an.

### **Consommations d'énergie par habitant**

<i>en tep</i>	<b>1990</b>	<b>2020</b>				<b>2050</b>				<b>2100</b>
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>NOE</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>NOE</b>	<b>NOE</b>
Amérique du Nord	7,8	8,8	8,2	5,3	4,7	9,8	8,4	3,7	3,1	1,7
Europe	3,4	4,1	3,7	2,9	2,5	4,8	3,9	2,6	1,8	1,3
OCDE Asie	3,8	4,5	4,0	3,1	2,6	5,2	4,1	2,6	1,9	1,4
Europe centrale	2,7	3,1	2,4	2,3	3,3	4,2	3,2	2,3	2,4	1,7
CEI	4,9	5,3	3,8	3,9		7,9	4,9	3,4		
Amérique Latine	1,4	1,7	1,7	1,5	1,4	2,4	2,2	1,7	1,4	1,3
Afrique du Nord - Moyen Orient	1,3	1,5	1,5	1,4	1,1	2,2	1,8	1,5	1,3	1,3
Afrique	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	1,0	0,8	0,8	0,6	0,8
Inde	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	1,0	0,8	0,7	0,6	0,9
Chine	0,8	1,5	1,2	1,1	1,0	2,3	1,8	1,3	1,2	1,3
Asie du Sud - Océanie	1,0	1,8	1,5	1,4	0,9	2,7	2,2	1,7	1,0	1,2
Monde	1,7	1,9	1,7	1,4	1,3	2,5	2,0	1,4	1,1	1,3

Les consommations unitaires de l'Amérique du Nord, des pays OCDE de l'Asie et de la CEI sont particulièrement contrastées entre les scénarios (notamment entre ceux de l'IIASA) alors que les consommations de l'Europe de l'Ouest, inférieures, restent proches.

	Ecart entre les scénarios IIASA Cet A	
	en Gtep	en %
Amérique du Nord	2 185	20,7
Europe	1 080	10,2
OCDE Asie	389	3,7
Europe centrale	267	2,5
CEI	1 796	17,0
Amérique Latine	634	6,0
Afrique du Nord - Moyen Orient	609	5,8
Afrique	410	3,9
Inde	532	5,0
Chine	1 912	18,1
Asie du Sud - Océanie	760	7,2
Monde	10 574	100



L'ex URSS, l'Europe Centrale et Orientale et l'Amérique du Nord qui représenteront en 2050 8,9 % de la population mondiale, constituent à eux seuls 40,2 % des potentiels d'économies d'énergie (soit 1,4 fois la consommation énergétique des pays en développement en 1990).

Par rapport au scénario CME 86, le scénario NOE ambitionne de réaliser 350 Gtep d'économies d'énergie d'ici 2060 (9,4 Gtep en 2060).

Pour situer l'ampleur des économies d'énergie attendues, il convient de rappeler que les économies d'énergie cumulées réalisées dans le monde entre 1973 et 1985 ont été de 8 Gtep, soit 0,7 Gtep/an.

## 5.4 - Le niveau des émissions de gaz à effet de serre et la production de déchets nucléaires

	1990	2020						
		IASA A1	IASA A2	IASA A3	IASA B	IASA C1	IASA C2	NOE
Emissions de carbone en GtC	6,0	9,5	10,0	8,2	8,4	6,3	6,3	5,5
Emissions cumulées en carbone en GtC		232,5	292,5	273,0	249,0	220,5	189,0	177,0
Production de déchets nucléaires en Mt	0,04							0,23

	2050						
	IASA A1	IASA A2	IASA A3	IASA B	IASA C1	IASA C2	NOE
Emissions de carbone en GtC	11,7	15,1	9,2	10,0	5,4	5,0	4,7
Emissions cumulées en carbone en GtC	318,0	376,5	261,0	276,0	175,5	169,5	153,0
Production de déchets nucléaires en Mt							0,43

Une division par deux, voire par trois, des émissions entre 2020 et 2050 entre scénarios contrastés permet une réduction lente du volume cumulé additionnel de CO<sub>2</sub> émis.

Le scénario NOE aboutit aux concentrations de carbone dans l'atmosphère suivantes :

Concentration de carbone en ppmv	1990	2020	2050
	345	385	423

### **Emissions annuelles de carbone en 2050**

en milliards de tonnes	<b>1 990</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>B</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
Amérique du Nord	1 437	1 816	2 681	1 384	1 545	390	382
Europe de l'ouest	922	917	1 257	453	724	406	232
Asie OCDE	364	361	378	210	218	100	83
Pays industrialisés	2 722	3 094	4 317	2 047	2 487	895	697
Europe de l'Est	273	368	356	229	251	144	105
Ex URSS	988	1 614	1 968	1 471	1 058	687	695
Pays en transition	1 261	1 981	2 324	1 700	1 309	831	800
Afrique Subsaharienne	126	780	708	307	625	427	486
Moyen Orient-Afrique du Nord	245	1 067	1 284	1 192	1 052	738	777
Amérique Latine	279	977	763	469	777	428	430
Chine	711	2 390	3 789	2 245	2 322	1 198	1 024
Inde	191	605	1 005	732	809	554	490
Autre Asie du Sud-Est	195	789	929	545	626	349	303
Pays en développement	1 727	6 606	8 477	5 489	6 211	3 695	3 510
Monde	5 710	11 681	15 117	9 236	10 006	5 421	5 007

- L'écart maximal entre les émissions prévues au sein des scénarios de l'I IASA est de 1 à 3.
- Le scénario C2, le plus attentif à l'effet de serre, présente les résultats suivants :
  - les pays du Nord (industrialisés et en transition) peuvent réduire leurs émissions par rapport à 1990 de 2486 milliards de tonnes,
  - cela est supérieur à l'augmentation des émissions des pays du Sud pour assurer leur développement (+1783 milliards de tonnes). Cela signifie que l'enjeu de l'effet de serre se situe davantage au Nord qu'au Sud.
- On peut encore préciser l'analyse : la réduction possible des émissions par l'Amérique du Nord et l'Europe de l'Est (Centrale + ex URSS) est de 1516 milliards de tonnes.
- Les technologies du développement du Sud sont pour l'essentiel mises en place au Nord.

### **Emissions de carbone 2050 par habitant**

en kg de carbone	1 990	A1	A2	A3	B	C1	C2
Amérique du Nord	5 078	5 017	7 406	3 823	4 268	1 077	1 055
Europe de l'ouest	2 124	1 853	2 540	915	1 463	820	469
Asie OCDE	2 528	2 439	2 351	1 419	1 473	676	561
Pays industrialisés	3 169	3 079	4 296	2 037	2 475	891	694
Europe de l'Est	2 202	2 610	2 525	1 624	1 780	1 021	745
Ex URSS	3 419	4 086	4 982	3 724	2 678	1 739	1 759
Pays en transition	3 053	3 696	4 336	3 172	2 442	1 550	1 493
Afrique Subsaharienne	258	449	408	177	360	246	280
Moyen Orient-Afrique du Nord	907	1 155	1 390	1 290	1 139	799	841
Amérique Latine	643	1 164	909	559	926	510	513
Chine	572	1 205	1 910	1 132	1 170	603	516
Inde	169	265	440	321	355	2 429	215
Autre Asie du Sud-Est	456	1 051	1 237	726	834	465	403
Pays en développement	433	7 758	9 955	6 446	4 702	4 339	412
Monde	1 085	1 162	1 503	919	995	539	498

- La population mondiale augmentant de 91% entre 1990 et 2050, l'émission par habitant doit quasiment être divisée par deux pour maintenir constant le niveau d'émission de 1990 pour l'ensemble de l'activité humaine. Niveau de 1990 qui est déjà nettement excessif.
- Le scénario C2 de l'Iiasa réduit de 12% le niveau d'émission de 2050 par rapport à 1990.
- Les objectifs de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> imposent de parvenir à un niveau d'émission par habitant inférieur à une demi tonne. Le niveau actuel de la France est de 1,8 tonne par habitant.

## **6 - FAIRE APPARAÎTRE LES LOGIQUES IMPLICITES DES SCENARIOS**

Les scénarios à long terme ont souvent des attendus communs : présenter une vision attrayante de l'avenir, gommer les conflits sociaux et décrire une société apaisée. Ils font néanmoins référence explicitement aux conflits que peuvent traverser les relations internationales. Une croissance forte est associée à un accès facile aux hydrocarbures.

Notre objectif n'est pas de critiquer cette règle du genre mais d'en révéler les bases effectives et d'en rendre possible l'analyse collective.

De fait, deux visions du monde s'opposent, celle du scénario IIASA A et celle du scénario NOE. Le scénario IIASA C est, dans une certaine mesure, intermédiaire.

---

### **6.1 - Le développement par l'abondance énergétique**

#### **✓ Les attentes**

- Assurer une croissance économique importante par un approvisionnement énergétique satisfaisant,
- tabler sur une dynamique technologique forte à long terme.

#### **✓ Les contradictions**

Très vite, le scénario IIASA A bute sur des contradictions :

- comment assurer le développement des pays du Sud avec une croissance économique qui bénéficierait surtout aux pays à taux de natalité faible ?
- comment garantir un accès facile aux combustibles fossiles si leur consommation s'accroît très vite ? et comment maintenir des prix bas des énergies si la pression sur les ressources devient très forte au delà de 2020 ?
- comment garantir un développement des échanges au plan mondial et donc une croissance économique soutenue si les inégalités Nord-Sud s'accroissent ?
- comment faire face aux tensions environnementales qui découleront d'une forte consommation de combustibles fossiles (effet de serre mais aussi pollutions locales notamment au Sud) ?
- l'attente de développement technologique s'appuie en final surtout sur une offre abondante d'énergie.

---

## 6.2 - Le développement par la sobriété

### ✓ **Les attentes**

- Permettre le développement des pays du Sud par des progrès dans le sens de l'efficacité énergétique et éviter une trop forte absorption de capitaux et de devises par le système énergétique.
- Réduire la pression sur les ressources de combustibles fossiles pour repousser au delà de 2050 la mise en valeur des ressources les plus chères.
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre.

### ✓ **Les contradictions**

Le souci d'une croissance plus durable et mieux partagée dans les scénarios IIASA C et NOE ne règle pas toutes les incertitudes :

- Comment assurer une croissance forte dans les pays du Sud ?
- Comment garantir un progrès continu de l'efficacité énergétique ?
- Comment financer des technologies sobres et propres pour les pays du Sud déjà très endettés ?

---

## 6.3 - Une voie médiane ?

Des scénarios intermédiaires apparaissent difficiles à construire. Trois questions restent ouvertes :

### ✓ **La répartition de la croissance**

- Les scénarios ont en effet en commun de partir d'une option volontariste en faveur des pays du Sud en prenant comme base une croissance moyenne du Sud double de celle du Nord entre 2020 et 2050.
- Les écarts entre les scénarios sont ensuite très importants. Les scénarios IIASA A et B font apparaître une évolution très défavorable pour l'Asie du Sud et l'Afrique Subsaharienne. Le scénario NOE répartit mieux la croissance. Le scénario C constitue une hypothèse intermédiaire.
- Trois questions sont donc ouvertes :
  - Quelle croissance ?
  - Quelle répartition de la croissance ?
  - Quel contenu de la croissance ?

### ✓ **L'évolution de la consommation par habitant**

Trois logiques ressortent des scénarios :

- La consommation énergétique par habitant continue à croître régulièrement (IIASA A et B),
- L'amélioration de l'efficacité énergétique se traduit par un rapprochement des consommations énergétiques autour de 1,5 tep par habitant (NOE). Les pays du Sud,

engageant leur développement, doivent réaliser rapidement des infrastructures lourdes et ont donc une consommation par habitant supérieure aux pays du Nord.

- Le scénario C de l'IIASA fait converger les consommations vers celles de l'Europe d'aujourd'hui.
- Il faudra analyser ces différentes hypothèses.

### ✓ ***Les tensions sur l'énergie et l'environnement***

Si les tensions sur l'énergie et sur l'environnement se confirment fortes, le scénario B de l'IIASA ne réduit guère les contraintes par rapport au scénario IIASA A.



## **7 - PROGRESSER AU PLAN DES METHODES**

---

### **7.1 - Vers une nécessaire analyse du développement en terme d'usages**

De ce qui précède résulte la nécessité d'une analyse de la consommation d'énergie en terme d'usages. Seule cette approche est de nature à vérifier si le développement s'accompagne ou non d'une réduction de l'intensité énergétique, à préciser le contenu de la croissance des pays du Nord (avec quelle proportion de "dématérialisation" de l'économie). Cette approche permettra de mieux comprendre le contenu des consommations par habitant décrites dans les scénarios pour les pays du Sud.

---

### **7.2 - Les limites d'une prospective linéaire**

Fonder une prospective à long terme sur la base des tendances actuelles présente des biais méthodologiques plus graves que lorsqu'il s'agit de prospectives à court terme.

Bien que les pays développés connaissent aujourd'hui des taux de croissance faibles, leurs effets à long terme peuvent être importants. En 55 ans, une croissance économique annuelle de 2 % induit une multiplication par trois du PIB. Toute la difficulté consiste donc à appréhender les modes de vie qui correspondent à ces chiffres.

L'analyse de l'IIASA rencontre les limites de la prospective linéaire. Un raisonnement qui porte globalement sur un secteur déterminé ne peut appréhender les multiples facteurs qui relient consommation d'énergie et croissance économique. Trop de technologies différentes, de mouvements de substitutions, de changements de la nature même de la production, d'évolutions des comportements entrent en jeu. Dans ces conditions, les élasticités proposées sont à la fois invérifiables et inutiles pour la décision politique puisque non reliées à des choix technologiques, institutionnels ou sociaux.

---

### **7.3 - La prise en compte de taux de saturation**

Aucun scénario ne prend en compte spécifiquement des taux de saturation des besoins existants. Cela impliquerait une analyse aussi détaillée dans les scénarios mondiaux que ce qui existe au niveau national.

Faute de cette analyse, les scénarios prennent en compte des élasticités entre consommation énergétique et PIB sans pouvoir en distinguer le contenu en usages et en technologies.

Sur la base d'une décomposition par usage, il est possible de construire des courbes logistiques, correspondant soit à des situations de saturation, soit à des phases de développement rapide.

# DECOMPOSITION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE PAR USAGE

L'analyse qui précède fait apparaître que les modes de décomposition habituels des consommations énergétiques ne sont pas pertinents sur le long terme.

Le processus de développement n'est pas linéaire entre secteurs d'activité d'une part, et les évolutions des procédés et du progrès technique modifient fortement le contenu énergétique du PIB, d'autre part.

Dans ce contexte, nous avons adopté l'approche suivante :

- Elaborer une grille de décomposition des consommations selon des catégories d'usages simples, à la fois aisément recomposables et significatives, en reconstituant le passé, le présent et simulant une prospective.
- Identifier pour chaque catégorie d'usage, un lien avec l'activité économique globale et les phases de développement.
- Réinterpréter les scénarios élaborés sur ces bases et, si possible, relever des correctifs qui pourraient être pris en compte dans les scénarios du Plan pour l'horizon 2020.

Les scénarios de l'IIASA ne sont mentionnés que sous quatre formes d'énergie finale : l'électricité, les combustibles solides, les combustibles liquides et une rubrique autre (gaz, chauffage urbain et hydrogène). Ces catégories décrivent davantage l'offre que la demande.

Le scénario NOE donnent une première décomposition.

## *Décomposition de la consommation d'énergie*

	1985	2020		
		CME	NOE	(CME-NOE) *100/CME
Force motrice fixe	1 590	3 590	2 390	33
Force motrice mobile	1 420	3 130	2 190	30
Chaleur	4 670	7 270	5 520	24
Total	7 680	13 990	10 100	27

Les écarts apparaissent assez constants entre formes d'énergie entre les deux scénarios. Malheureusement, cette analyse ne porte que sur 2020.

## *Reconstituer des catégories d'usage*

Faute de disposer d'une description des usages clairement comparables dans les scénarios étudiés, nous avons élaboré une grille à la fois simple, représentative de la vie quotidienne et transposable à des pays de situations différentes.

### **Grille de description des usages**

<b>Rubrique</b>	<b>Contenu</b>	<b>Remarques</b>
<b>Alimentation</b>	Engrais, agriculture, agro-alimentaire, froid, cuisson dans le secteur résidentiel et la restauration (tertiaire)	On ne pourra inclure les transports de marchandises de cette chaîne alimentaire faute de sources.
<b>Confort thermique dans le résidentiel</b>	Chauffage, climatisation et eau chaude sanitaire	Cette rubrique correspond au confort lié au bâti
<b>Electroménager blanc et éclairage</b>	Eclairage, lave-linge, lave-vaisselle, petit électroménager	
<b>Electronique de loisirs</b>	Télévision, informatique de loisirs, magnétoscope...	
<b>Confort thermique dans le tertiaire</b>	Chauffage, climatisation, éclairage des locaux et public	Viabilisation des bâtiments du tertiaire indépendamment de leur destination.
<b>Usages électriques spécifiques dans le tertiaire</b>	Ascenseurs, informatique, télécommunications, équipements professionnels ...	Tous les "procédés" tertiaires.
<b>Produits industriels de base</b>	Acier, ciment, non ferreux, papier, verre, chimie de base...	Hors agro-alimentaire et engrais
<b>Industries manufacturières</b>	Biens d'équipement et biens de consommation	Construction mécanique, électrique, aérienne, navale, véhicules de transports terrestres et textile, travail du cuir, caoutchouc, transformation des matières plastiques, imprimerie...
<b>Transport des personnes</b>		Cette rubrique inclut à la fois les déplacements des ménages et les déplacements professionnels faute de pouvoir les séparer
<b>Transport des marchandises</b>		On distinguera les transports internationaux notamment les soutes pétrolières

### **Identifier les besoins en cours de saturation**

La décomposition qui précède va permettre de distinguer l'infléchissement de certains usages dont la consommation énergétique connaîtrait un plafonnement.

### **Calibrer les nouvelles tendances de consommation**

A l'inverse, d'autres consommations connaissent des croissances soutenues voire vont émerger compte tenu des développements technologiques.

- L'informatique et la télématique : la question est de mesurer l'impact en consommation d'énergie de cet énorme enjeu d'équipement,
- Apprécier les évolutions technologiques dans le tertiaire,
- L'évolution de la mobilité des personnes ,
- L'explosion des échanges internationaux de marchandises.

# ANALYSE DE QUELQUES ZONES GEOGRAPHIQUES TYPE

## La France

Un bilan énergétique a été reconstitué pour les années 1960, 1973 et 1995 qui inclut les consommations de bois non commerciales <sup>1</sup>.

### Consommations par énergie finale

1 960	Charbon	Pétrole	Gaz	Electricité	Renouve- lables	Total
Sidérurgie	10,4	0,7	-1,5	1,4		11,0
Industrie	9,0	6,2	0,8	7,8	1,0	24,8
Résidentiel-tertiaire	12,3	4,1	1,2	3,4	14,0	35,0
Résidentiel	10,5	2,9	0,8	1,9	13,0	29,0
Tertiaire	1,9	1,2	0,4	1,5	1,0	6,0
Agriculture		1,1				1,1
Transports	2,0	10,4	0,1	0,8		13,3
<b>Total 1960</b>	<b>33,7</b>	<b>22,5</b>	<b>0,6</b>	<b>13,4</b>	<b>15,0</b>	<b>85,2</b>
<b>1 973</b>						
Sidérurgie	9,6	2,3	-0,3	2,6		14,2
Industrie	2,6	21,8	3,5	16,1	0,2	44,2
Résidentiel-tertiaire	5,5	31,9	5,5	12,4	11,0	66,3
Résidentiel	5,1	22,0	4,3	6,4	10,0	47,8
Tertiaire	0,4	9,9	1,2	6,0	1,0	18,4
Agriculture		2,9		0,2		3,1
Transports		31,0		1,4		32,4
<b>Total 1973</b>	<b>17,7</b>	<b>89,9</b>	<b>8,7</b>	<b>32,7</b>	<b>11,2</b>	<b>160,2</b>
<b>1995 - Bilan provisoire</b>						
Sidérurgie	5,0	0,1	0,1	2,3		7,5
Industrie	2,1	8,2	10,1	25,2	1,0	46,5
Résidentiel-tertiaire	1,0	17,5	17,2	47,3	9,0	92,0
Résidentiel	0,8	11,9	12,4	25,1	9,0	59,3
Tertiaire	0,2	5,6	4,7	22,2	0,0	32,7
Agriculture		2,3	0,2	0,6	0,0	3,1
Transports		46,5		1,9		48,4
<b>Total 1995</b>	<b>8,1</b>	<b>74,6</b>	<b>27,5</b>	<b>77,3</b>	<b>10,1</b>	<b>197,5</b>

<sup>1</sup> En 1995, la consommation de bois était de 9,5 Mtep en incluant les consommations non marchandes (source Ceren) alors que les bilans publiés par le Ministère de l'Industrie n'en incluent que 2.

Les consommations d'énergie finales sont comptées selon les équivalences françaises en vigueur, c'est à dire en fonction des quantités d'énergie primaire nécessaires à leur production.

La population française est passée en 1960 de 45,46 millions d'habitants à 51,9 en 1973 puis à 57,9 en 1995.

La décomposition qui suit est complétée d'une présentation des tendances futures des besoins (sans, à ce stade, tenir compte des évolutions des consommations unitaires).

## **Alimentation**

Il est particulièrement intéressant de reconstituer une "chaîne alimentaire" complète de l'agriculture, à la cuisson en passant par l'industrie agro-alimentaire, la production d'engrais et le froid.

### **Décomposition de la consommation d'énergie**

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Fabrication d'engrais	0,31	2,45	2,05	Légère réduction
Agriculture	1,10	6,02	3,08	Stabilité
Industries agro-alimentaires	2,19	4,03	5,44	Légère croissance
Froid	0,55	1,44	4,30	Stabilité
Cuisson	3,65	2,54	6,78	Légère croissance
Total	7,80	16,48	21,65	Stabilité

En 35 ans, la consommation d'énergie pour l'alimentation a été multipliée par 3. Une analyse plus poussée devrait prendre en compte les exportations agro-alimentaires françaises.

Les évolutions constatées sur la période s'avèrent complexes et méritent une réflexion approfondie :

- La consommation d'engrais décline maintenant (en utilisation en agriculture avec de meilleurs dosages et en consommation spécifique à la production),
- La consommation de l'agriculture décline. Elle est maintenant fortement mécanisée, le nombre d'exploitation se réduisant, la productivité énergétique s'accroît.
- La consommation accrue de l'agro-alimentaire découle de la sophistication des produits vendus.
- La croissance du froid domestique provient de la croissance de la taille des réfrigérateurs et de la diffusion des congélateurs. Les taux d'équipement étant proches de la saturation, les consommations ne devraient plus guère se modifier.
- La croissance de la consommation de la cuisson découle davantage du tertiaire que du domestique (sophistication des modes de cuisson : micro-ondes). Les améliorations de la cuisson électrique incitent à penser que les évolutions seront maintenant modérées.

## Le résidentiel

### ✓ Le confort thermique domestique

Cette catégorie recouvre le confort d'hiver (chauffage) et confort d'été (climatisation) et la production d'eau chaude sanitaire.

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Chauffage	22,35	37,70	37,95	Stabilité
Eau chaude sanitaire	1,50	3,98	6,18	Stabilité
Climatisation	0,00	0,00	0,00	Forte croissance
Total	23,9	41,7	44,1	Stabilité

Pour ces usages, il est aisé d'identifier des niveaux de saturation des besoins :

- La croissance du nombre des ménages et de la taille moyenne des logements neufs sont compensés par les effets de la réglementation thermique dans le neuf et les investissements d'isolation.
- La croissance de la consommation d'eau chaude sanitaire correspond à une amélioration du confort. Tous les ménages ont maintenant l'eau chaude.

Il n'y a guère d'incertitudes sur ces évolutions.

Il est par contre difficile d'identifier l'engouement possible en faveur de la climatisation dans le résidentiel.

Mais les consommations unitaires étant faibles, la consommation d'énergie pour le confort des logements est maintenant stabilisée.

### ✓ Le lavage, l'éclairage et le petit électroménager

Cette rubrique inclut l'éclairage, les lave-linge, les lave-vaisselle, les sèche-linge, les aspirateurs, les fer-à-repasser et les autres petits équipements électroménagers.

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Lave-linge, lave vaisselle et petit électroménager	0,40	0,91	2,11	Légère croissance
Eclairage	0,76	0,71	3,03	Légère croissance
Total	1,16	1,62	5,14	Légère croissance

La consommation des lave-linge devrait se réduire (le taux d'équipement est proche de 100%). La diffusion des lave-vaisselle et les sèche-linge se poursuit et soutiendra une petite croissance des consommations.

Les consommations de l'électroménager restent faibles. Les consommations de l'éclairage connaissent elles une croissance régulière (mode des halogènes). Elles ne représentent que 10% des consommations totales de l'habitat.

## ✓ **L'électroménager brun**

Cette rubrique comprend les téléviseurs, les HiFi, les radios, les magnétoscopes, l'informatique domestique, les consoles de jeux...

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Electroménager brun	0,22	1,13	1,26	Forte croissance

Les consommations ont peu progressé compte tenu de la réduction des consommations spécifiques des téléviseurs depuis 20 ans. La tendance devrait nettement s'inverser :

- Les téléviseurs haute définition devraient dans un premier temps avoir des consommations en forte hausse,
- La vogue de l'informatique domestique, des jeux vidéos et du multimédia devrait se traduire par une forte vague d'équipement des ménages.
- La multiplication des appareils équipés de veille induit des consommations en "ruban" faibles mais régulières.

Les consommations vont fortement croître mais restent quantitativement très modestes.

## ✓ **Les consommations domestiques**

Au total les consommations liées au confort, à l'électroménager blanc et brun ne devraient pas connaître une croissance supérieure à la démographie. Entre 1973 et 1995, elle a connu une baisse de 0,1 %.

## **Le tertiaire**

### ✓ **Le confort thermique et l'éclairage**

Cette rubrique inclut le chauffage, la climatisation, l'eau chaude sanitaire et l'éclairage dont les consommations évolueront sur le long terme en fonction des surface tertiaires.

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Chauffage	3,96	11,72	14,79	Croissance régulière
Eau chaude sanitaire	0,14	0,94	3,33	Croissance régulière
Eclairage public et des locaux	1,52	1,67	6,77	Légère croissance
Climatisation	0,00	0,00	0,00	Forte croissance
Total	5,62	14,33	24,89	Croissance régulière

La croissance régulière de l'activité tertiaire va mécaniquement se traduire par une croissance des consommations. Les entreprises du tertiaire sont moins soucieuses de leur consommation d'énergie que les ménages ou les industries tandis que les réglementations thermiques ne sont pas aussi efficaces que dans le résidentiel.

### ✓ **Les services spécifiques du tertiaire**

Cette rubrique regroupe tous les usages tertiaires dont les consommations sont proportionnelles à l'activité : informatique, caisses enregistreuses, télécommunication, équipements techniques hospitaliers, matériel de recherche... Les consommations de ce type étaient quasi inexistantes en 1960. Les consommations croissent fortement.

	1973	1995	Evolution future probable
Usages spécifiques du tertiaire	3,53	5,61	Croissance forte

L'évolution de ces consommations est difficile à estimer pour le long terme.

## **L'industrie**

### ✓ **Les produits industriels intermédiaires**

Cette rubrique ne comprend ni l'agro-alimentaire ni la production d'engrais.

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Sidérurgie	11,00	14,20	7,50	Décroissance
Industries de base	20,29	28,57	30,10	Stabilité
Total	31,29	42,77	37,60	Stabilité

Les consommations d'énergie pour les produits de base ont baissé de 12% depuis 1973. Cette phase de réduction devrait maintenant connaître un palier car des secteurs à forte intensité énergétique se développent : chimie de base, papier, verre et viennent contrebalancer la décroissance des consommations nécessaires à la production d'acier ou de ciment.

### ✓ **Les produits industriels d'équipement et de consommation**

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Industries manufacturières	2,00	9,15	8,93	Croissance régulière

La consommation d'énergie des industries manufacturières est faible. La décroissance enregistrée depuis 1973 devrait laisser la place à une légère croissance.



## **Les transports**

Le scénario NOE mentionne une part de la force motrice mobile dans la consommation d'énergie qui passerait de 18% à 22% de 1985 à 2020.

	1960	1973	1995	Evolution future probable
Transport des personnes	8,25	16,94	29,54	Croissance soutenue
Transport des marchandises	5,05	15,46	18,89	Croissance soutenue
Total	13,30	32,40	48,43	Croissance soutenue

### **✓ Le transport des personnes**

Les consommations unitaires des véhicules se sont nettement réduites entre 1973 et la fin des années 80 pour atteindre en France 7 litres aux 100 km tous types de parcours confondus. La consommation du transport des personnes a été multipliée par 3,5 en 35 ans. Le trafic croissant à un rythme supérieur à la croissance économique, les consommations devraient croître régulièrement. Une forte incertitude porte sur l'explosion possible des déplacements très longue distance.

### **✓ Le transport des marchandises**

La croissance du transport des marchandises a été faible entre 1973 et 1995 compte tenu de la réduction de la consommations des soutes pétrolières (5 Mtep en 1973, 3 Mtep en 1995).

Le trafic marchandises tend fortement à croître tiré par trois évolutions différentes :

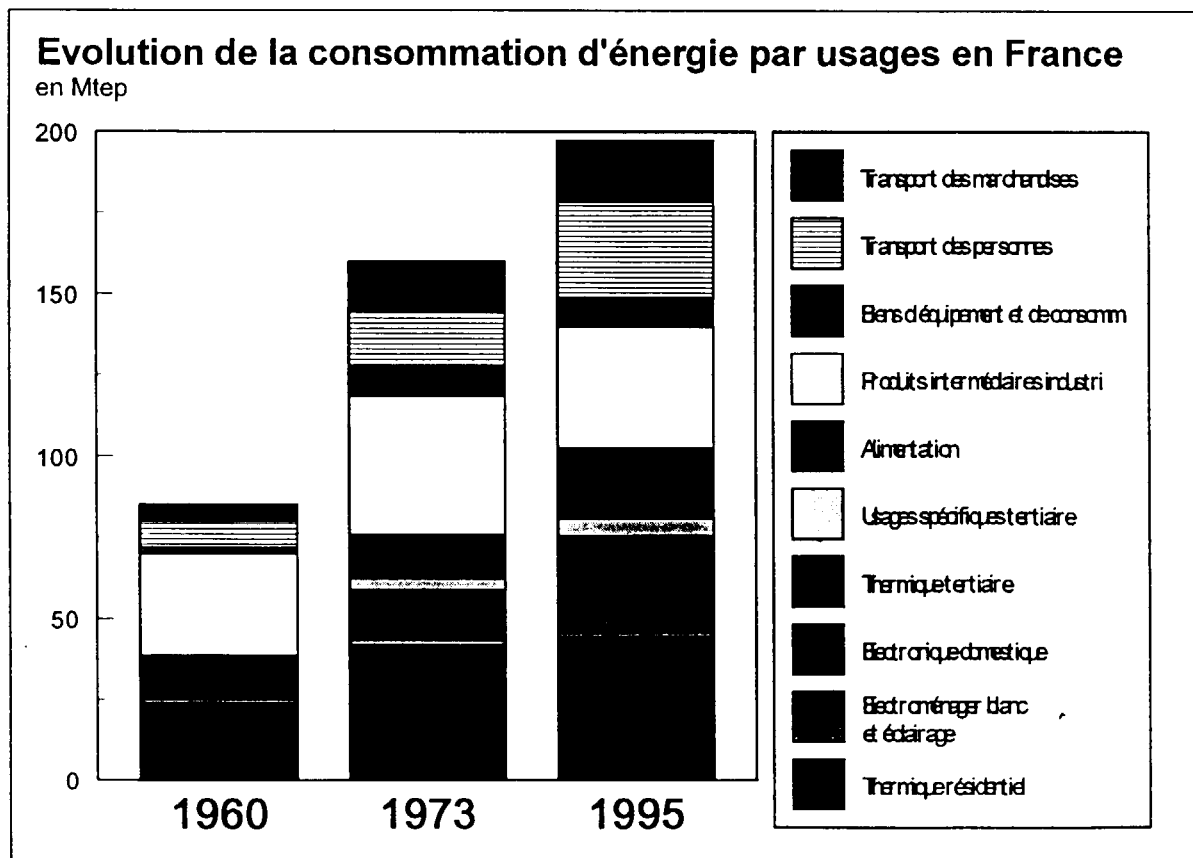
- la croissance des échanges internationaux longue distance (par camion et par bateau),
- le développement du flux tendu qui fait suite à un allongement des chaînes logistiques industriels notamment à l'échelle de l'Union Européenne,
- l'augmentation du camionnage et des dessertes urbaines assurées par des véhicules de moins en moins pleins.

Une analyse fine associerait les trafics de pondéreux aux industries de base.

Le tableau qui suit détaille les évolutions.

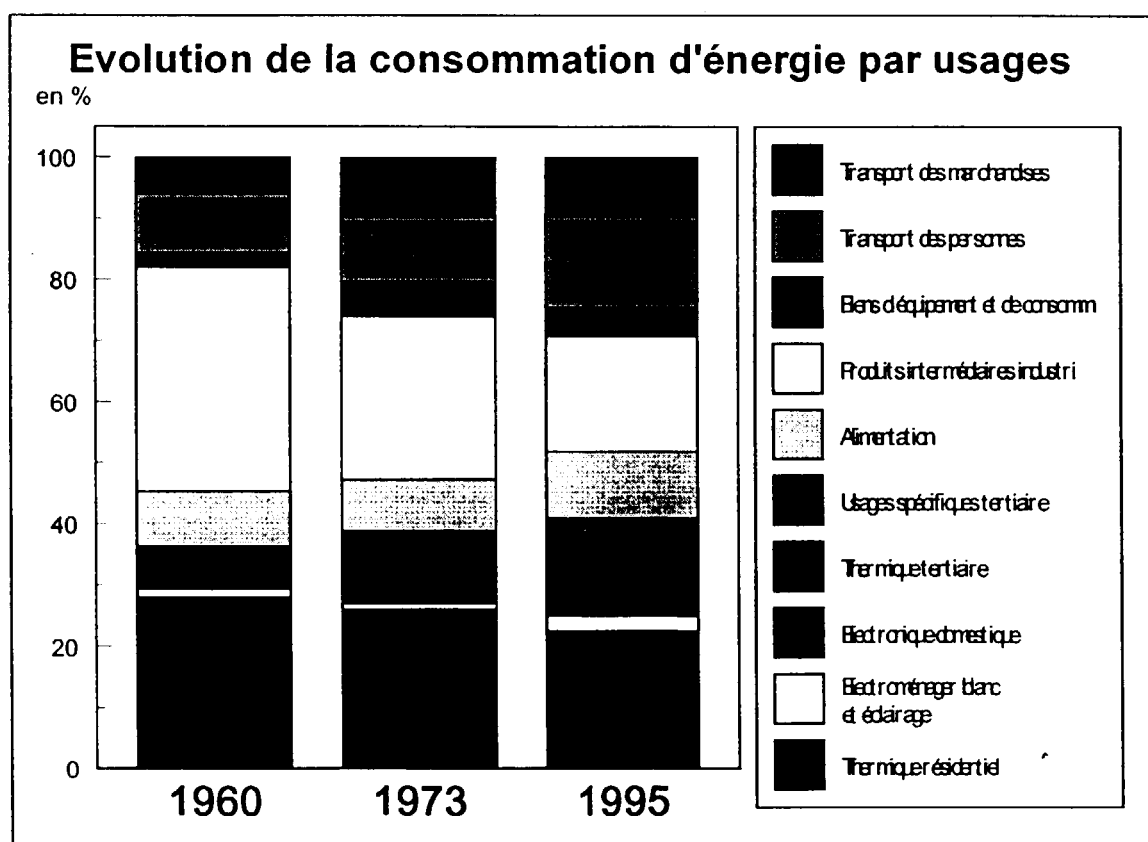
### Evolution 1960 - 1995

en Mtep	1960	en %	1973	en %	1995	en %	(73-60) /60	(95-73) /73	(95-60) /60
Confort thermique résidentiel	23,84	28	41,68	26	44,13	22	74	5	85
Electroménager blanc et éclairage	1,16	1	1,62	1	5,14	3	39	217	343
Electroménager brun résidentiel	0,22	0	1,13	1	1,26	1	413	11	472
<b>Habitat</b>	<b>25,22</b>	<b>30</b>	<b>44,43</b>	<b>28</b>	<b>50,53</b>	<b>26</b>	<b>76</b>	<b>14</b>	<b>100</b>
Chauffage et climatisation tertiaire	5,63	7	14,32	9	24,89	13	154	73	342
Usages spécifiques de l'activité tertiaire	0,00	0	3,53	2	5,39	3	0	52	0
<b>Tertiaire</b>	<b>5,63</b>	<b>7</b>	<b>17,85</b>	<b>11</b>	<b>30,28</b>	<b>15</b>	<b>217</b>	<b>70</b>	<b>438</b>
<b>Alimentation</b>	<b>7,75</b>	<b>9</b>	<b>13,56</b>	<b>8</b>	<b>21,65</b>	<b>11</b>	<b>75</b>	<b>59</b>	<b>179</b>
Production intermédiaire industrielle	31,29	37	42,77	27	37,60	19	36	-12	20
Biens d'équipement et consommation	2,00	2	9,15	6	8,93	5	357	-2	346
<b>Industrie</b>	<b>33,29</b>	<b>39</b>	<b>51,92</b>	<b>32</b>	<b>46,53</b>	<b>24</b>	<b>56</b>	<b>-10</b>	<b>40</b>
Transports des personnes	8,25	10	16,94	11	29,54	15	105	74	258
Transports des marchandises	5,05	6	15,46	10	18,89	10	206	22	274
<b>Transports</b>	<b>13,30</b>	<b>16</b>	<b>32,40</b>	<b>20</b>	<b>48,43</b>	<b>25</b>	<b>144</b>	<b>49</b>	<b>264</b>
<b>Total</b>	<b>85,19</b>		<b>160,16</b>		<b>197,42</b>		<b>88</b>	<b>23</b>	<b>132</b>

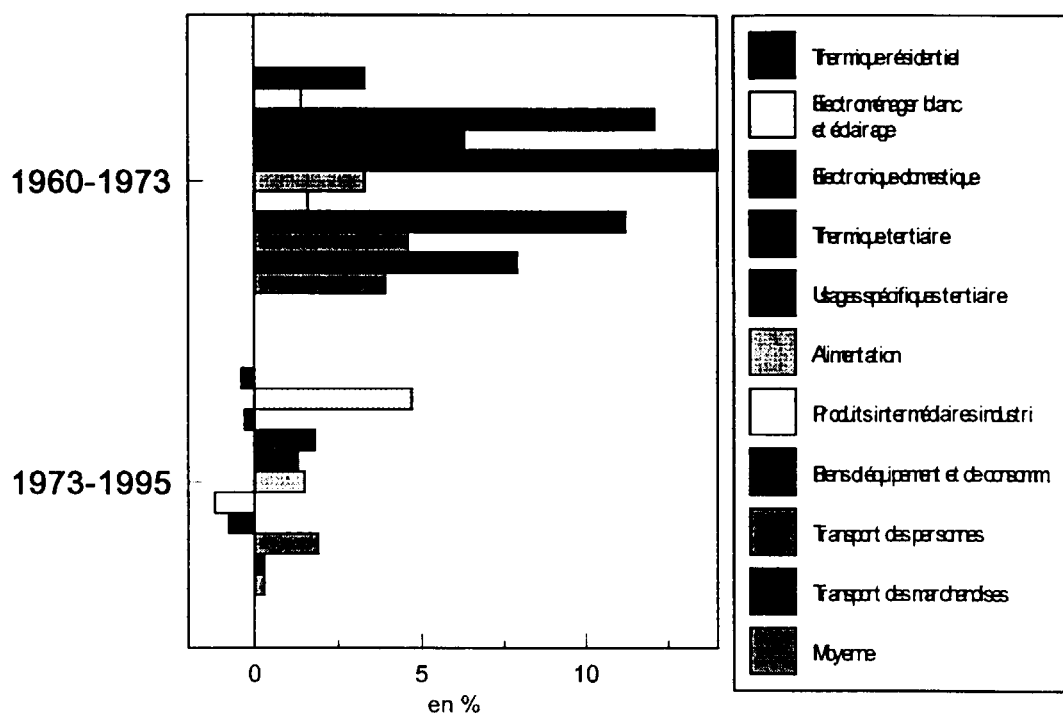


## Consommation par habitant

en kilo équivalent pétrole par habitant	1960	1973	1995	73*100 /60	par an	95*100 /73	par an	(95-60) /60	par an
Confort thermique résidentiel	524	803	736	153	3,3	91	-0,4	140	1,0
Electroménager blanc et éclairage	26	31	86	119	1,4	277	4,7	330	3,5
Electroménager brun résidentiel	5	22	21	440	12,1	95	-0,3	420	4,2
<b>Habitat</b>	555	856	843	154	3,4	98	-0,1	152	1,2
Chauffage et climatisation tertiaire	124	276	415	222	6,3	150	1,8	334	3,5
Usages spécifiques de l'activité tertiaire	1	68	90	6 800		132	1,3	9 000	
<b>Tertiaire</b>	125	344	505	275	8,1	146	1,7	404	4,1
<b>Alimentation</b>	170	261	361	153	3,3	138	1,5	212	2,2
Production intermédiaire industrielle	688	824	627	119	1,6	76	-1,2	91	-0,3
Biens d'équipement et de consommation	44	176	149	400	11,2	84	-0,8	338	3,5
<b>Industrie</b>	732	1 000	776	136	2,4	77	-1,1	106	0,2
Transports des personnes	181	326	492	180	4,6	150	1,9	271	2,9
Transports des marchandises	111	298	315	268	7,9	105	0,3	283	3,0
<b>Transports</b>	292	624	807	213	6,3	129	1,2	276	3,0
<b>Total</b>	<b>1 874</b>	<b>3 085</b>	<b>3 292</b>	<b>164</b>	<b>3,9</b>	<b>106</b>	<b>0,3</b>	<b>175</b>	<b>1,6</b>



## Evolution de la consommation d'énergie par usages



	1995	Emissions de CO2
	en kilo équivalent pétrole	en kilos de carbone
Confort thermique résidentiel	736	304
Electroménager blanc hors froid et cuisson	36	0
Eclairage	50	0
Electroménager brun résidentiel	21	0
<b>Habitat</b>	<b>843</b>	<b>304</b>
Chauffage et climatisation tertiaire	415	186
Usages spécifiques de l'activité tertiaire	90	10
<b>Tertiaire</b>	<b>505</b>	<b>196</b>
<b>Alimentation</b>	<b>361</b>	<b>192</b>
Production intermédiaire industrielle	627	266
Biens d'équipement et consommation	149	92
<b>Industrie</b>	<b>776</b>	<b>358</b>
Transports des personnes	492	458
Transports des marchandises	315	293
<b>Transports</b>	<b>807</b>	<b>751</b>
<b>Total</b>	<b>3 292</b>	<b>1 801</b>

Cette présentation en pourcentages fait clairement apparaître plusieurs évolutions :

✓ **La régression de la consommation d'énergie pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude sanitaire et la production des produits industriels de base**

De 70% en 1960, ces postes de consommation sont passés à 53% en 1995. La croissance par habitant de ces usages soumis à concurrence ont augmenté de 38% en 35 ans (0,9% par an).

Ces postes de consommation constituent les infrastructures lourdes des sociétés industrielles : viabilisation des bâtiments et production industrielle de base. La croissance économique française ne s'accompagne plus d'une croissance de ces postes.

✓ **Les consommations spécifiques de l'électricité pour des usages proches de la saturation**

Dans cette catégorie, on retiendra l'électroménager blanc, l'éclairage, l'alimentation, la production industrielle manufacturière. Leur croissance par habitant a été de 157% depuis 1960 (1,6% par an). Cette croissance devrait nettement se ralentir.

✓ **Les consommations spécifiques de l'électricité pour les nouveaux usages**

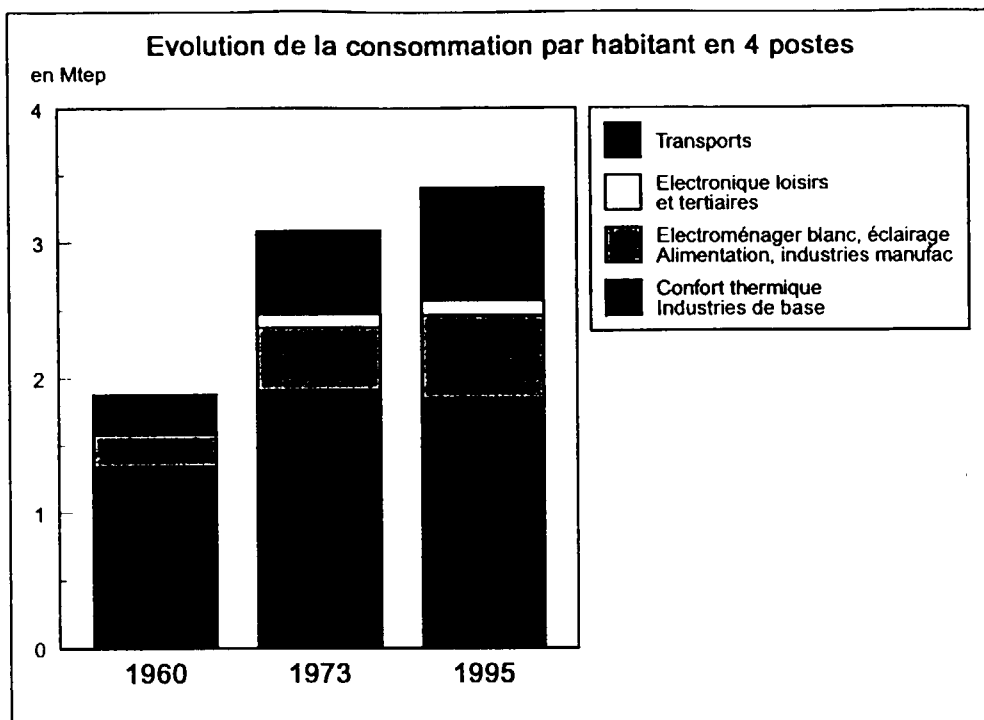
Cette catégorie comprend l'électronique de loisirs et les consommations d'électricité spécifique dans le tertiaire. Ces consommations étaient inexistantes en 1960. Ce poste ne représente toujours que 3,3 % de la consommation d'énergie finale en 1995. Ces activités vont pourtant absorber une part croissante de l'équipement en biens durables des ménages et concerner à l'horizon 2020 les 3/4 des emplois en France.

✓ **Les incertitudes sur les consommations des transports**

La croissance de la consommation des transports par habitant depuis 1960 a été de 191% (2,2% par an).

Globalement, la croissance de la consommation énergétique par habitant a été de 1,73 % par an.

Usages	Consommation par habitant	1960	1973	1995
<b>Infrastructures lourdes</b>	Confort thermique et produits industriels de base	1,34	1,90	1,84
<b>Equipements légers en saturation</b>	Electroménager, blanc, éclairage, alimentation, industries manufacturières	0,24	0,47	0,62
<b>Equipements légers en développement</b>	Electronique de loisirs, usages spécifiques tertiaires	0,00	0,09	0,12
<b>Déplacements</b>	Transports des personnes et des marchandises	0,29	0,62	0,84
Total		1,87	3,09	3,41



Si le contenu de la croissance économique française est portée dans les décennies qui viennent par les services tertiaires, l'équipement des ménages en électronique et les télécommunications, il est tout à fait possible que la consommation d'énergie croisse peu. Même sans efforts soutenus de maîtrise de l'énergie.

Il est aussi possible que la croissance des transports (internationaux comme quotidiens) se traduise par une consommation de plus d'une tep par habitant et par an à cette seule fin.

### ***Evolution possible des consommations d'énergie par habitant***

Une projection sommaire intégrant les potentiels connus d'économie d'énergie et un développement des nouveaux usages au prorata de l'activité économique attendue dans les usages d'électronique grand public et de l'activité tertiaire.

Cette présentation est effectuée hors toute contrainte de parc. Il est fait l'hypothèse d'utiliser les meilleures techniques pour assurer les besoins actuels de la société française sur la base d'équipements neufs (parc immobilier compris).

Le nombre de personnes par ménage est compté à 2,4.

Cet exercice ne constitue qu'un exemple afin de situer grossièrement les performances possibles.

## Evolution possible de la consommation énergétique par habitant en France

### Base 1995

en kilo équivalent pétrole	1995	Service possible en 1995 avec les meilleures techniques existantes	Remarques
Confort thermique résidentiel	736	300	A structure de bâti existant avec isolation, 50% de gain sur l'eau chaude gaz.
Electroménager blanc hors froid et cuisson	36	25	Meilleurs équipements du marché
Eclairage	50	20	Lampes basse consommation pour les points lumineux les plus utilisés
Electroménager brun résidentiel	21	15	Optimisation des systèmes de veille
<b>Habitat</b>	843	360	
Chauffage et climatisation tertiaire	415	200	Mise aux normes thermiques de l'habitat neuf
Usages spécifiques de l'activité tertiaire	90	40	Réduction des consommations de veille
<b>Tertiaire</b>	505	240	
<b>Alimentation</b>	361	250	50% de gain sur le froid et la cuisson (-27).
Production intermédiaire industrielle	627	450	Economie d'énergie et recyclage des matériaux
Biens d'équipement et consommation	149	130	
<b>Industrie</b>	776	580	
Transports des personnes	492	250	13000 km/2,4 soit 5400 km avec une voiture à 4 litres aux 100
Transports des marchandises	315	200	Réduction de la puissance des camions, transport combiné rail-route...
<b>Transports</b>	807	450	
<b>Total</b>	3 292	1 880	

## LA CHINE

L'exercice effectué pour la France pourrait être recoupé avec d'autres cas. Malheureusement, le traitement statistique effectué exige des données plus détaillées que ce qui figure dans la littérature internationale.

Cette première présentation permet néanmoins de tirer des conclusions intéressantes.

### *Consommation énergétique de la Chine*

en Mtep	1985	1988	1989	1990
Total énergie primaire	506	614	639	651
Agriculture et pêche	26	31	31	32
Extraction	38	46	49	51
Industrie charbonnière, coke	24	29	31	33
Industrie pétrolière et raffinage	22	22	23	24
Electricité, vapeur, eau chaude	17	22	24	26
Agro-alimentaire	16	21	22	22
Textile	19	24	25	25
Papier carton	9	10	11	11
Chimie et pharmacie	56	71	77	77
Sidérurgie	50	62	66	70
Non ferreux	9	11	12	13
Mécanique	27	30	30	30
Matériaux de construction	53	66	67	64
Construction	9	8	9	8
Transports	24	29	30	30
Tertiaire productif	5	7	8	8
Tertiaire non productif	16	21	22	23
Vie quotidienne	88	102	103	104

### *Décomposition simplifiée*

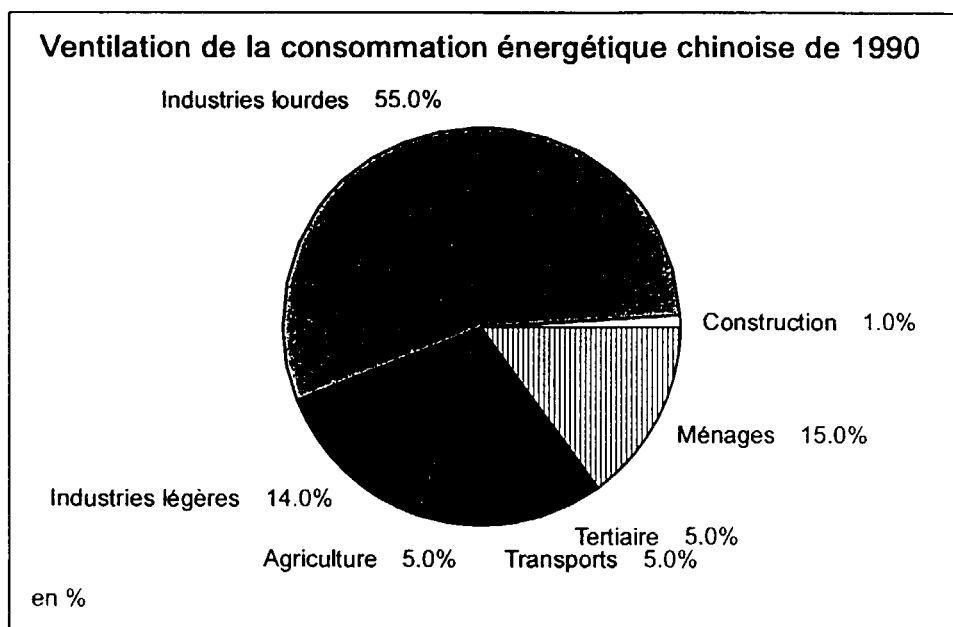
	1985	1988	1989	1990	1990 en %
Industries lourdes	271	328	346	355	55
Industries légères	67	88	90	91	14
Agriculture et pêche	26	31	31	32	5
Construction	9	8	9	8	1
Transports	24	29	30	30	5
Tertiaire	21	28	30	31	5
Vie quotidienne	88	102	103	104	15
Total	506	614	639	651	



Si l'on ajoute l'industrie lourde, le secteur de la construction et une partie de la consommation des ménages qui correspond au chauffage et à la production d'eau chaude, l'on doit atteindre les 65% de la consommation d'énergie, tout comme la France de 1960.

L'agriculture, l'agro-alimentaire, le froid et la cuisson ont une part qui probablement approche les 20%

Par contre, les transports d'une part et les consommations spécifiques de l'électricité de l'habitat et du tertiaire ne franchissent ni l'un ni l'autre le seuil des 5%.



La consommation d'énergie de l'ensemble de l'industrie continue de croître plus vite que les autres secteurs consommateurs.

### **Consommation par habitant**

en kilo équivalent pétrole	1985	1988	1989	1990
Industries lourdes	261	307	322	327
Industries légères	64	82	84	84
Agriculture et pêche	25	29	29	29
Construction	9	7	8	7
Transports	23	27	28	28
Tertiaire	20	26	28	28
Vie quotidienne	85	96	96	96
Total	487	574	595	599

La Chine ayant déjà effectué en grande partie sa transition démographique voit sur la période récente la consommation énergétique par habitant augmenter, faiblement mais régulièrement.

***Prospective concernant la Chine***

	<b>1990</b>	<b>2020</b>					<b>2050</b>				
		<b>IIASA A</b>	<b>IIASA B</b>	<b>IIASA C</b>	<b>CME 86</b>	<b>NOE</b>	<b>IIASA A</b>	<b>IIASA B</b>	<b>IIASA C</b>	<b>CME 86</b>	<b>NOE</b>
Population	1 242	1 714					1 984				
PIB	2 438	9 652	6 611	8 771			21 930	14 181	18 807		
Consommation d'énergie primaire	945	2 530	2 102	1 829	843	1 320	4 400	3 549	2 568		1 680
Chaleur					582	911					
Force motrice fixe					135	211					
Force motrice mobile					126	198					

# CONCLUSION

La comparaison des différentes prospectives fait apparaître de différences sur trois plans : méthodologiques, politiques et techniques.

## ✓ *Les différences méthodologiques*

Une différence méthodologique se traduit par des écarts énormes au niveau des résultats. Il s'agit du mode de prise en compte de la croissance économique par rapport à la croissance démographique.

L'absence de décomposition par usages rend difficilement appréhendables les consommations à long terme.

## ✓ *Les différences politiques*

Les écarts entre consommations par habitant des pays industrialisés, des pays en transition et des pays en développement se traduisent par un paradoxe. Les scénarios s'inscrivent tous dans une logique de mondialisation de l'économie, de croissance soutenue dans ce contexte et d'accès facile aux ressources énergétiques alors que la croissance des inégalités fait plutôt craindre un accroissement des tensions dans le monde.

Deux issues sont possibles devant ce paradoxe :

- une croissance économique plus soutenue des pays du sud,
- une plus grande sobriété des usages de l'énergie qui accroît les possibilités de confort des niveaux de vie décrits.
- 

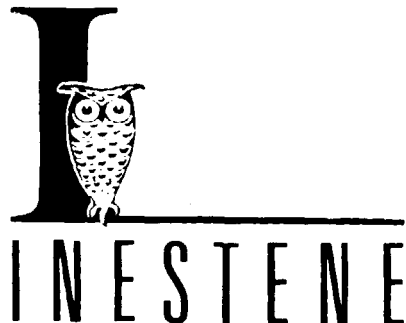
## ✓ *Les différences de perception des évolutions techniques futures*

Les scénarios font apparaître de profondes divergences sur l'évolution des techniques dans les décennies à venir. Elles portent en fait sur deux aspects indépendants :

- le contenu de la croissance des pays industrialisés (à fort contenu en matière premières et en énergie ou davantage orientée vers la communication et la culture).
- l'amélioration possible de l'efficacité énergétique des usages traditionnels tant dans les pays développés que dans les pays du sud.

# SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION	1
2 - PRESENTATION GENERALE DES SCENARIOS	2
2.1 - La prospective de l'IIASA	2
2.2 - Le scénario NOE	4
3 - COMPARAISON DES SCENARIOS	5
4 - LES SIMILITUDES	6
4.1 - La prise en compte des évolutions démographiques	6
4.2 - Les taux de croissance économique	7
4.3 - Le niveau de consommation énergétique des pays du sud	11
4.4 - Les consommations d'hydrocarbures	12
4.5 - La production des énergies renouvelables	13
5 - LES DIFFERENCES	14
5.1 - Le niveau des consommations des pays du Nord	14
5.2 - Les consommations de charbon et d'électricité nucléaire	16
5.3 - L'intensité énergétique	16
5.4 - Le niveau des émissions de gaz à effet de serre et la production de déchets nucléaires	19
6 - FAIRE APPARAÎTRE LES LOGIQUES IMPLICITES DES SCENARIOS	20
6.1 - Le développement par l'abondance énergétique	20
6.2 - Le développement par la sobriété	21
6.3 - Une voie médiane ?	21
7 - PROGRESSER AU PLAN DES METHODES	23
7.1 - Vers une nécessaire analyse du développement en terme d'usages	23
7.2 - Les limites d'une prospective linéaire	23
7.3 - La prise en compte de taux de saturation	23
DECOMPOSITION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE PAR USAGE	26
LA FRANCE	28
LA CHINE	40
CONCLUSION	43



Institut d'Evaluation des Stratégies sur  
l'Energie et l'Environnement en Europe

## **La demande d'énergie en 2050**

### **INTRODUCTION**

Cette note présente les éléments nécessaires à l'élaboration d'un corps d'hypothèses cohérentes qui servira à l'élaboration de la prospective énergétique dans le cadre du Plan.

Ces déterminants sont issus de l'étude de deux exercices de prospective énergétique :

- \* la prospective réalisée par l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) pour le Conseil Mondial de l'Energie en 1995, c'est une prospective classique de type "top down" qui comprend six scénarios ;
- \* le scénario NOE constituant une variante, dans ses fondements économiques, des scénarios élaborés par le Conseil Mondial de l'Energie en 1986.

Nous avons réalisé pour cela un travail de :

- \* décomposition par usage des consommations proposées dans les scénarios,
- \* dégagement de leurs logiques implicites (techniques, culturelles, sociales ou politiques),
- \* identification des modes de vie correspondant aux consommations dans quelques grandes régions du monde (Europe de l'Ouest, Chine, Afrique Subsaharienne).

La finalité de cette analyse est de proposer une méthode de définition des hypothèses de prospective tenant compte des fondements de la demande de chaque type d'énergie.

### **PRESENTATION GENERALE DES SCENARIOS**

Les caractéristiques principales des scénarios étudiés sont présentées ci-dessous.

#### **La prospective de l'IIASA**

La prospective de l'IIASA pour le Conseil Mondial de l'Energie en 1995 repose sur l'analyse de :

- \* la décomposition par énergie de la consommation ; fait nouveau, les bilans intègrent les énergies non commerciales (bois, énergies renouvelables) ;

- \* la consommation d'énergie par secteur durant les années antérieures ;
- \* l'évolution du PIB, de la consommation et de l'élasticité PIB-consommation d'énergie ;
- \* l'efficacité de l'utilisation de l'énergie en observant l'élasticité PIB-consommation d'énergie ;
- \* la croissance démographique attendue par grande région du monde (commune à tous les scénarios) ;
- \* l'évolution de l'activité économique par grande région du monde et par secteur (valeurs ajoutées exprimées en parité de pouvoir d'achat et en parité de taux de change).

Trois scénarios ont été élaborés pour les horizons 2020, 2050 et 2100 :

- \* un scénario de forte croissance (avec réduction significative de l'intensité énergétique) ;
- \* un scénario de croissance moyenne (avec une faible amélioration de l'intensité énergétique) ;
- \* un scénario de priorité écologique reprenant la croissance moyenne du scénario précédent et en y associant une forte réduction de l'intensité énergétique et un rééquilibrage Nord-Sud.

Chaque scénario est constitué de une à trois variantes se différenciant par les parts de marché entre les énergies. Les résultats de six scénarios notés A1, A2, A3, B, C1 et C2 sont présentés plus loin.

Ces scénarios distinguent 11 grandes régions dans le Monde : Amérique du Nord, Amérique latine, Europe de l'ouest, Europe centrale et orientale, CEI, Afrique du Nord et Moyen-Orient, Afrique Subsaharienne, Chine, Asie du Sud, autres pays d'Asie et de l'Océanie, pays OCDE de l'Asie et du Pacifique.

## **Le scénario NOE**

Ce scénario constitue une variante, dans ses fondements économiques, des scénarios élaborés par le Conseil Mondial de l'Energie en 1986. Sur cette base, une nouvelle interprétation de l'intensité énergétique et de l'offre des différentes énergies a été entreprise. Pour affiner l'analyse, trois grands usages de l'énergie ont été différenciés : la force motrice fixe (moteurs industriels, électroménager), la force motrice mobile (les transports) et la chaleur.

Dans ce scénario, le monde est divisé en dix grandes régions (découpage proche de celui de l'IIASA : la CEI, l'Europe centrale et orientale sont regroupées tandis que l'Afrique du Sud est séparée de l'Afrique Subsaharienne et intégrée dans les pays de l'OCDE de l'Asie et de l'Océanie).

## **COMPARAISON DES SCENARIOS**

Ces scénarios présentent des résultats très différents. Il apparaît ainsi utile d'établir les éléments explicatifs des similitudes et des différences.

## **Consommations d'énergie des différents scénarios**

en 2020	A1	A2	A3	B	C1	C2	NOE
<b>Consommation d'énergie primaire</b>							
Energie primaire en Gtep	9,0	15,4	15,4	15,4	13,6	11,4	10,2
Charbon	2,2	3,7	4,3	2,9	3,4	2,3	2,1
Pétrole	3,1	4,7	4,5	4,3	3,8	3,0	2,6
Gaz naturel	1,7	3,6	3,4	3,8	3,2	3,1	2,2
Nucléaire	0,5	0,9	0,6	1,0	0,9	0,7	0,5
Renouvelables	1,6	2,5	2,6	3,3	2,3	2,4	2,8
Emissions annuelles en GtC	6,0	9,5	10,0	8,2	8,4	6,3	5,5

en 2050	A1	A2	A3	B	C1	C2	NOE
<b>Consommation d'énergie primaire</b>							
Energie primaire en Gtep	24,8	24,9	24,5	19,7	14,2	14,2	11,2
Charbon	6,0	8,0	2,2	4,2	1,5	1,4	1,9
Pétrole	7,5	4,8	4,5	4,0	2,7	2,5	1,9
Gaz naturel	6,0	5,5	8,0	4,6	3,7	3,4	2,2
Nucléaire	1,5	1,0	2,8	2,8	0,6	1,7	0,3
Renouvelables	4,0	5,7	7,5	4,4	5,5	5,0	5,0
Emissions annuelles en GtC	11,7	15,1	9,2	10,0	5,4	5,0	4,7

## **Les similitudes**

Les déterminants communs aux deux exercices de prospective sont :

- \* la démographie,
- \* la croissance économique,
- \* la consommation énergétique des pays du Sud,
- \* la consommation des hydrocarbures,
- \* la production des énergies renouvelables.

## **La prise en compte des évolutions démographiques**

La démographie est un élément essentiel de tout exercice de prospective. Sa croissance absorbe mécaniquement 1,2% de la croissance économique dans les pays du Sud (et même 2% pour l'Afrique).

Les différents scénarios se situent tous dans une logique de stabilisation à long terme de la démographie mondiale, en passant par une période de transition avec doublement de la population par rapport à aujourd'hui. Cependant l'étude IIASA prend comme base des hypothèses légèrement supérieures à celles de NOE : 10,1 milliards d'habitants en

2050 et 11,7 en 2100. La part des pays du Nord dans la population mondiale passerait de 26 % en 1985 à 16% en 2060 puis à 15% en 2100.

## **Les taux de croissance économique**

Dans tous les scénarios, la croissance économique annuelle à long terme est comprise entre 2 et 3%. Celle-ci est plus soutenue dans les pays du Sud que dans les pays du Nord.

Il convient de remarquer que dans une prospective à court terme l'utilisation de taux de croissance élevés fait mieux apparaître les évolutions de la demande d'énergie. Par contre, des taux de croissance faibles sur longue période cachent les bouleversements majeurs survenant durant celle-ci. De fait, les appréciations quantitatives ne reflètent guère les changements qualitatifs induits.

Toutefois, pour toute prospective, l'adoption de taux de croissance faibles sur longue période est pernicieuse. Les écarts de taux de croissance entre les pays du Nord et du Sud, en faveur de ces derniers, masquent en fait des réalités fort différentes dans le rapport de la richesse produite par habitant compte tenu des évolutions démographiques contrastées. En valeur absolue, la moyenne du niveau de vie par habitant des pays du Nord est six fois plus important que celui des pays du Sud selon l'IIASA. Dans le scénario NOE, la croissance en valeur absolue des pays du Nord est encore double de celle des pays du Sud.

Comment interpréter cette situation ? Il convient d'en effectuer une lecture à la fois mathématique, économique et politique.

D'abord, sur le long terme, la présentation des progressions en pourcentage induit en erreur: elle tend à favoriser les situations de départ, même avec des taux de croissance supérieurs pour les pays du Sud.

Sur le plan économique, croissance économique et évolution démographique sont liées. L'analyse des scénarios montre qu'une grande partie de la croissance économique des pays du Sud est "absorbée" par la croissance démographique (1,17 point par an en moyenne, 1,98 point pour l'Afrique Subsaharienne). Le scénario C de l'IIASA, plus équilibré dans la répartition de la croissance entre le Nord et le Sud, correspond à un taux de croissance moyen de 2,22% entre 1990 et 2050. La croissance démographique moyenne étant de 1,09%, nous déduisons que l'accroissement réel de richesse par tête est de 1,13% durant la période considérée.

Toutefois, d'ici 2020 la croissance du PIB par habitant des pays industrialisés resterait supérieure à celle des pays en développement, celle des pays en transition connaissant un recul.

Quel jugement politique porter sur les scénarios ainsi construits ? L'histoire fait apparaître que les pays en phase de décollage présentent souvent des taux de croissance à deux chiffres alors que ceux des pays développés plafonnent à environ 2 %. Cette situation s'explique par le fait que les sociétés développées évoluent progressivement vers la satisfaction de besoins de plus en plus immatériels (tertiarisation de la société), donc moins consommateurs d'énergie et de matières premières, alors que l'accroissement de la population des pays du Sud développe leurs besoins et leur capacité de travail. Il faut cependant se garder d'en avoir une vision malthusienne.



Les taux de croissance observés depuis l'ère industrielle sont globalement faibles : 2% dans les pays industrialisés, et moindre encore dans les pays du Sud. Comment dans ces conditions ne pas s'interroger sur le risque de surestimation de la croissance dans les pays du Nord ? Et ce d'autant plus que le souci d'accéder au développement se traduit par un écart croissant entre pays du Nord et pays du Sud, chargé de menaces. De fait, une option de développement des échanges mondiaux exigeant un contexte de paix est incohérente car elle génère une aggravation des inégalités entre Nord et Sud. La paix découlant de la justice (sur très longue période), l'étude du PIB par habitant permet de constater cette incohérence. L'écart des PIB par habitant entre un Américain du Nord et un Africain était de 16,2 en 1990 ; il passerait dans le scénario B de l'IIASA à 21,9 ; dans NOE, ce rapport ne serait plus que de 7,5.

Une question essentielle découle de la démonstration ci-dessus : comment se répartira la croissance entre Nord et Sud durant le siècle prochain ? Trois hypothèses peuvent être formulées :

- \* Les pays ayant bénéficié de la croissance continuent de profiter de leur avance technologique et de termes favorables dans les échanges économiques.
- \* Les pays du Sud se développent (en commençant par ceux du Sud-Est asiatique). Dans cette hypothèse, les pays du Sud connaissant une forte croissance démographique ont un handicap supplémentaire : ils doivent construire les infrastructures rendues indispensables par leur démographie et s'intégrer dans les marchés mondiaux en développant leur infrastructure industrielle.
- \* Le développement économique grâce à la mondialisation se diffuse aussi bien dans le Nord que dans le Sud.

Cette question, éludée dans les scénarios mérite une étude minutieuse portant sur la logique de chacune des hypothèses.

## **Le niveau de consommation énergétique des pays du Sud**

Les scénarios de l'IIASA font apparaître une multiplication par 3 à 4,5 de la consommation totale des pays du Sud, pour une multiplication de la population par 2,2. Du fait des taux de croissance considérés, les consommations d'énergie des pays du Sud sont sensiblement les mêmes quelque soit le scénario : les consommations moyennes par habitant ne dépassent pas 1,7 tep par habitant par an, soit un peu moins que la consommation d'énergie par habitant de la France en 1960. Cependant compte tenu des intensités énergétiques associées, cette consommation par habitant, en terme de mode de vie, varie fortement selon les scénarios.

### **- Les consommations d'hydrocarbures**

Les consommations d'hydrocarbures sont d'environ 6 Gtep en 2020 selon les différents scénarios. Ce qui traduit une dépendance continue des transports au pétrole et implique alors une sécurité des échanges sur le long terme. En cas de choc pétrolier pendant le prochain siècle, les transports seraient durement affectés, ce qui induirait une crise des échanges mondiaux et ralentirait fortement la croissance économique mondiale.

L'analyse de Benjamin Dessus, "une comparaison patrimoniale de scénarios énergétiques contrastés", fait apparaître que les réserves de gaz et de pétrole prouvées

et estimées seraient pour l'essentiel épuisées vers 2050 dans le scénario IIASA A. Dans les scénarios IIASA C et NOE, la mise en valeur de ressources non conventionnelles serait reportée vers 2100.

### **- La production des énergies renouvelables**

La production des énergies renouvelables (assurée pour l'essentiel par l'hydraulique et la biomasse) serait d'environ 2,5 Gtep en 2020 et de 5 Gtep au milieu du siècle prochain (contre 1,6 Gtep en 1990).

Les écarts entre les scénarios étant faibles, il convient de s'interroger sur cette unanimité qui contraste avec les divergences profondes actuellement constatées entre les politiques nationales de promotion des énergies renouvelables. Toutefois, cette concordance du niveau de la production des énergies renouvelables correspond à des parts très différentes des productions énergétiques totales compte tenu du fait que celles-ci varient du simple au double à l'horizon 2050.

## **Conclusion sur ces similitudes**

Il ressort de l'examen des convergences entre scénarios que :

- \* Une incertitude plus grande doit être affectée aux taux de croissance,
- \* Les consommations pétrolières seront difficilement compressibles,
- \* Les contributions des énergies renouvelables ne seront assurées qu'avec des politiques volontaristes.

## **Les différences**

Certains éléments différencient les deux prospectives. Les différences les plus importantes portent sur :

- \* le niveau des consommations des pays du Nord,
- \* les consommations de charbon et d'électricité,
- \* l'intensité énergétique,
- \* les émissions de gaz à effet de serre et les quantités de déchets nucléaires.

## **Le niveau des consommations des pays du Nord**

Dans les divers scénarios, les consommations énergétiques des pays du Nord divergent davantage que ceux des pays du Sud. En 2020, ces consommations varient du simple au double et en 2050 le rapport est de un à trois.

L'écart est de 6 Gtep pour les seuls pays du Nord alors qu'ils ne représenteront que 15% de la population mondiale. Pour situer l'importance de ce chiffre, rappelons qu'il représente environ la moitié de la consommation estimée des pays du Sud constitués de 85% de la population mondiale en 2050.

Le potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique est de 55% dans les pays du Nord contre 34% dans ceux du Sud (entre le scénario IIASA C et le scénario IIASA A). Sur le fond, l'IIASA et NOE convergent sur le fait que la majorité des économies d'énergie sont à faire dans le Nord (54% dans le scénario IIASA C par rapport à IIASA A <sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Il faudrait toutefois tenir compte de la différence de taux de croissance entre ces scénarios.

## **Les consommations de charbon et d'électricité nucléaire**

A l'évidence, le charbon permet de réaliser le bouclage des consommations énergétiques dans les scénarios après affectation du pétrole aux transports, du gaz en grande partie au résidentiel tertiaire et des renouvelables.

Le charbon et le nucléaire identifiés comme des facteurs de risque et de rejet social ont des consommations significatives dans les scénarios les plus consommateurs. Ce qui est aberrant du fait que la production nucléaire ne peut guère décoller d'ici 2020 compte tenu de l'enlisement de la plupart des programmes nucléaires des pays industrialisés et son impossible développement significatif dans les pays du Sud pour cause de risque de prolifération militaire. Toutefois, une éventuelle relance n'aurait d'effet sur la consommation mondiale que vers le milieu du siècle.

Le développement du charbon est marqué d'incertitude : bien que les ressources à bas coûts soient abondantes, son développement induirait une émission importante de gaz à effet de serre.

## **L'intensité énergétique**

La divergence majeure entre les scénarios porte sur l'évolution de l'intensité énergétique. Cette divergence exprime :

- \* d'une part, la perspective de réduction régulière des consommations énergétiques, à service égal, par accroissement continu des rendements sous l'impulsion du progrès technologique,
- \* d'autre part, l'idée d'un relatif plafonnement des possibilités de réduction de l'intensité énergétique après les progrès récents.

Cette divergence est d'autant plus importante que l'absence d'analyse précise en terme d'usage social de l'énergie ne permet pas de trancher à partir de données objectives.

Le scénario NOE présente une intensité énergétique en forte réduction dans les pays industrialisés, au point qu'elle devient deux fois plus faible que celle des pays en développement. Cette différence proviendrait du développement des services peu consommateurs en énergie au Nord, alors que les pays du Sud s'équiperaient en infrastructures lourdes. La réduction de l'intensité énergétique du scénario NOE se fonde ainsi sur une analyse de la production du travail.

Dans les divers scénarios en 2050, l'ex URSS, l'Europe Centrale et Orientale et l'Amérique du Nord qui représenteront 8,9 % de la population mondiale, constituent environ 40 % des potentiels d'économies d'énergie (soit 1,4 fois la consommation énergétique des pays en développement en 1990).

Par rapport au scénario CME 86, le scénario NOE ambitionne de réaliser 350 Gtep d'économies d'énergie d'ici 2060 (9,4 Gtep en 2060). Pour situer l'ampleur de ces économies, nous rappelons qu'entre 1973 et 1985 les économies d'énergie réalisées dans le monde ont été de 8 Gtep.

## Emissions de gaz à effet de serre et production de déchets nucléaires

En se basant sur les quantités émises en 1990, les émissions entre 2020 et 2050 sont divisées par deux, voire trois suivant les scénarios ; ce qui permet une réduction lente du volume additionnel cumulé de CO<sub>2</sub> émis.

## Faire apparaître les logiques implicites des scénarios

Les scénarios à long terme ont souvent des attendus communs : présenter une vision attrayante de l'avenir, gommer les conflits sociaux et décrire une société apaisée. Ils font néanmoins référence implicitement aux conflits que peuvent traverser les relations internationales. Une croissance forte est associée à un accès facile aux hydrocarbures. Notre objectif n'est pas de critiquer cette règle mais d'en révéler les bases effectives et d'en rendre possible l'analyse. De fait, deux visions du monde s'opposent, celle du scénario IIASA A et celle du scénario NOE. Le scénario IIASA C est, dans une certaine mesure, intermédiaire.

## Le développement par l'abondance énergétique

### - **Les attentes**

- \* Assurer une croissance économique importante par un approvisionnement énergétique satisfaisant,
- \* Tabler sur une dynamique technologique forte à long terme.

### - **Les contradictions**

Très vite, le scénario IIASA A bute sur des contradictions :

- \* Comment assurer le développement des pays du Sud avec une croissance économique qui bénéficierait surtout aux pays à taux de natalité faible ?
- \* Comment garantir un accès facile aux combustibles fossiles si leur consommation s'accroît très vite ? et comment maintenir des prix bas des énergies si la pression sur les ressources devient très forte au delà de 2020 ?
- \* Comment garantir un développement des échanges au plan mondial et donc une croissance économique soutenue si les inégalités Nord-Sud se creusent ?
- \* Comment faire face aux tensions environnementales qui découleront d'une forte consommation de combustibles fossiles (effet de serre mais aussi pollutions locales notamment au Sud) ?
- \* L'attente de développement technologique s'appuie en final surtout sur une offre abondante d'énergie.

## Le développement par la sobriété

### - **Les attentes**

- \* Permettre le développement des pays du Sud par des progrès dans le sens de l'efficacité énergétique et éviter une trop forte absorption de capitaux et de devises par le système énergétique.
- \* Réduire la pression sur les ressources de combustibles fossiles pour repousser au delà de 2050 la valorisation des ressources les plus chères.
- \* Réduire les émissions de gaz à effet de serre.

### **- Les contradictions**

Le souci d'une croissance plus durable et mieux partagée dans les scénarios IIASA C et NOE ne règle pas toutes les incertitudes :

- \* Comment assurer une croissance forte dans les pays du Sud ?
- \* Comment garantir un progrès continu de l'efficacité énergétique ?

### **Une voie médiane ?**

Des scénarios intermédiaires apparaissent difficiles à construire. Trois questions restent ouvertes:

#### **- La répartition de la croissance**

- \* Les scénarios ont en effet en commun de partir d'une option volontariste en faveur des pays du Sud en prenant comme base une croissance moyenne du Sud double de celle du Nord entre 2020 et 2050.
- \* Les écarts entre les scénarios sont ensuite très importants. Les scénarios IIASA A et B font apparaître une évolution très défavorable à l'Asie du Sud et à l'Afrique Subsaharienne. Le scénario NOE répartit mieux la croissance. Le scénario C constitue une hypothèse intermédiaire.
- \* Trois questions sont donc ouvertes : Quelle croissance ? Quelle répartition de la croissance ? Quel contenu de la croissance ?

#### **- L'évolution de la consommation par habitant**

Trois logiques ressortent des scénarios :

- \* La consommation énergétique par habitant continue à croître régulièrement (IIASA A et B),
- \* L'amélioration de l'efficacité énergétique se traduit par un rapprochement des consommations énergétiques autour de 1,5 tep par habitant (NOE). Les pays du Sud, en engageant leur développement, doivent réaliser rapidement des infrastructures lourdes et ont donc une consommation par habitant supérieure aux pays du Nord.
- \* Le scénario C de l'IIASA fait converger les consommations vers celles de l'Europe d'aujourd'hui.

Il faudra analyser ces différentes hypothèses.

#### **- Les tensions sur l'énergie et l'environnement**

Si les fortes tensions sur l'énergie et sur l'environnement se confirment, le scénario B de l'IIASA ne réduit guère les contraintes par rapport au scénario IIASA A.

## **PROGRESSER AU PLAN DES METHODES**

L'analyse qui précède fait apparaître que la décomposition habituelle des consommations énergétiques n'est pas pertinente sur le long terme. Le processus de développement n'est pas linéaire entre les différents secteurs d'activité du fait que les évolutions des procédés et du progrès technique modifient fortement la relation consommation d'énergie - PIB.

Pour répondre aux différentes interrogations issues de l'analyse de ces scénarios, il apparaît nécessaire de progresser sur le plan des méthodes de prospective en affinant les divers déterminants qui fondent celle-ci. L'une des réponses pour palier aux lacunes des méthodes usuelles de prospective - très souvent, sinon toujours linéaires - consiste à analyser les consommations énergétiques par usage. Cette approche dynamique permet d'appréhender les fondements (aussi bien sociaux, techniques que économiques) de la demande de tel ou tel type d'énergie.

## **Vers une nécessaire analyse du développement en terme d'usages**

De ce qui précède résulte la nécessité d'une analyse de la consommation d'énergie en terme d'usages. Seule cette approche est de nature à vérifier si le développement s'accompagne ou non d'une réduction de l'intensité énergétique, à préciser le contenu de la croissance des pays du Nord, avec quelle proportion de "dématérialisation" de l'économie. Cette approche permettra de mieux comprendre le contenu des consommations par habitant décrites dans les scénarios pour les pays du Sud.

## **Les limites d'une prospective linéaire**

Fonder une prospective à long terme sur la base de tendances actuelles présente des biais méthodologiques plus graves que lorsqu'il s'agit de prospectives à court terme. Bien que les pays développés connaissent aujourd'hui des taux de croissance faibles, leurs effets à long terme peuvent être importants. En 55 ans, une croissance économique annuelle de 2 % induit une multiplication par trois du PIB. Toute la difficulté consiste donc à appréhender les modes de vie correspondant à ces chiffres.

L'analyse de l'IIASA rencontre les limites de la prospective linéaire. Un raisonnement qui porte globalement sur un secteur déterminé ne peut appréhender les multiples facteurs qui relient consommation d'énergie et croissance économique. Trop de technologies différentes, de mouvements de substitution, de changements de la nature de la production et des évolutions des comportements entrent en jeu. Dans ces conditions, les élasticités proposées sont à la fois invérifiables et inutiles pour la décision politique puisque non reliées à des choix technologiques, institutionnels ou sociaux.

## **La prise en compte de phénomènes de saturation**

Aucun scénario ne prend en compte spécifiquement des taux de saturation des besoins existants. Cela impliquerait une analyse fastidieuse détaillée dans les scénarios mondiaux de la même qualité que celle existant au niveau national. A défaut, les scénarios prennent en compte des élasticités entre consommation énergétique et PIB sans pouvoir en distinguer le contenu en usages et en technologies.

Sur la base d'une décomposition par usage, il est possible de construire des courbes logistiques en "S" correspondant soit à des situations de saturation, soit à des phases de développement rapides.

## **Décomposition des consommations d'énergie par usage**

Afin de décomposer les consommations d'énergie par usage nous suggérons l'approche suivante :

- \* Elaborer une grille de décomposition des consommations selon des catégories d'usages simples, aisément recomposables et significatives.
- \* Identifier pour chaque catégorie d'usage, un lien avec l'activité économique globale et les phases de développement.
- \* Réinterpréter les scénarios élaborés sur ces bases et, si possible, relever des correctifs qui pourraient être pris en compte dans les scénarios du Plan pour l'horizon 2020.

Quatre formes d'énergie finale sont mentionnées dans les scénarios de l'IIASA : l'électricité, les combustibles solides, les combustibles liquides et une rubrique autres (gaz, chauffage urbain et hydrogène). Ces catégories décrivent davantage l'offre que la demande. Le scénario NOE donnent une première décomposition des énergies sous trois formes : force motrice fixe, force motrice mobile et chaleur.

## Reconstituer des catégories d'usage

Faute de disposer d'une description des usages comparables dans les scénarios étudiés, nous avons élaboré une grille simple, représentative de la vie quotidienne et transposable à des pays de situations différentes.

### Grille de description des usages

<b>Rubrique</b>	<b>Contenu</b>	<b>Remarques</b>
<b>Alimentation</b>	Engrais, agro-alimentaire, agriculture, froid, cuisson dans le secteur résidentiel et la restauration (tertiaire)	On ne pourra inclure les transports de marchandises de cette "chaîne alimentaire" faute de sources.
<b>Confort thermique dans le résidentiel</b>	Chauffage, climatisation et eau chaude sanitaire	Cette rubrique correspond au confort lié au bâ
<b>Electroménager blanc et éclairage</b>	Eclairage, lave-linge, lave-vaisselle, petit électroménager	
<b>Electronique de loisirs</b>	Télévision, informatique de loisirs, magnétoscope, etc.	
<b>Confort thermique dans le tertiaire</b>	Chauffage, climatisation, éclairage des locaux et public	Viabilisation des bâtiments du tertiaire indépendamment de leur destination.
<b>Usages électriques spécifiques dans le tertiaire</b>	Ascenseurs, informatique, télécommunications, équipements professionnels ...	Tous les "procédés" tertiaires.
<b>Produits industriels de base</b>	Acier, ciment, non ferreux, papier, verre, chimie de base...	Hors agro-alimentaire et engrais
<b>Industries manufacturières</b>	Construction mécanique, électrique, aérienne, navale, véhicules de transports terrestres et textile, travail du cuir, caoutchouc, transformation des matières plastiques, imprimerie..	Biens d'équipement et biens de consommatio
<b>Transport des personnes</b>		Cette rubrique inclut à la fois les déplacement des ménages et les déplacements professionnels faute de pouvoir les séparer
<b>Transport des marchandises</b>		On distinguera les transports internationaux notamment les soutes pétrolières

## Identifier les besoins en cours de saturation

La décomposition qui précède permettra de distinguer l'infléchissement de certains usages dont la consommation énergétique connaîtrait un plafonnement. En outre, d'autres consommations connaissent des croissances soutenues (celles de l'informatique et de la télématique notamment) ou vont émerger compte tenu des développements technologiques. Il est ainsi important important de :

- \* apprécier les évolutions technologiques dans le tertiaire,
- \* tenir compte de l'évolution de la mobilité des personnes,
- \* quantifier l'explosion des échanges internationaux de marchandises.

## **CONCLUSION**

La comparaison des prospectives de l'IIASA et NOE fait apparaître des différences sur trois plans : méthodologiques, politiques et techniques.

### **- *Les différences méthodologiques***

Les différences méthodologiques se traduisent par des écarts importants des résultats. Elles proviennent particulièrement de la prise en compte de la croissance économique par rapport à la croissance démographique.

L'absence de décomposition de la consommation énergétique par usage rend difficile la compréhension des consommations et leur niveau à long terme. Les évolutions de chaque secteur énergétique sont alors impossibles à appréhender.

### **- *Les différences politiques***

Les écarts des consommations par habitant entre pays traduisent un paradoxe. Les scénarios s'inscrivent tous dans une logique de mondialisation de l'économie, de croissance soutenue dans ce contexte et d'accès facile aux ressources énergétiques alors que la croissance des inégalités fait plutôt craindre un accroissement des tensions dans le monde. Deux issues sont alors possibles :

- \* une croissance économique plus soutenue des pays du Sud,
- \* une plus grande sobriété dans l'utilisation de l'énergie (selon les différents usages) qui accroît les possibilités de confort des niveaux de vie pris en compte.

### **- *Les différences de perception des évolutions techniques futures***

Les scénarios font apparaître de profondes divergences sur l'évolution des techniques dans les décennies à venir. Elles portent en fait sur deux aspects :

- \* le contenu de la croissance des pays industrialisés, à fort contenu en matière premières et en énergie ou davantage orientée vers la communication et la culture.
- \* l'amélioration possible de l'efficacité énergétique des usages traditionnels tant dans les pays développés que dans les pays du Sud.

Afin de se prémunir de tout risque de manque de cohésion avec la politique énergétique nationale - contenant des objectifs aussi bien politiques que techniques - la prospective à effectuer dans le cadre du Plan devra définir un corps d'hypothèses cohérentes dans leur conception.