

La place de la maîtrise de l'énergie dans les scénarios mondiaux à moyen et long terme

Benjamin Dessus
GC, benjamin.dessus@cncrs-dir.fr

De très nombreux scénarios ont été élaborés par les énergéticiens et les spécialistes de l'environnement global pour tenter d'éclairer les diverses options du futur et leurs conséquences. Le Conseil Mondial de l'Énergie et l'IIASA, la société Shell, l'IPCC sont parmi les organismes ou les entreprises qui en ont produit ou synthétisé au cours de ces dernières années. Au-delà de leurs divergences qui portent souvent sur les perspectives démographiques et sur celles du développement des différentes régions du monde, ils présentent tous des images d'approvisionnement énergétiques à des horizons qui s'étagent jusqu'à 2100.

Global Chance a choisi d'étudier ceux que le Conseil Mondial de l'Énergie a fait réaliser par l'IIASA et un scénario réalisé en France au CNRS, qui nous semblent raisonnablement représentatifs de l'ensemble des images proposées par les prospectivistes de l'énergie et qui ont le mérite de s'appuyer sur des hypothèses démographiques communes.

Global Chance

Les spécialistes de l'énergie ont l'habitude de se projeter à long terme à travers des scénarios mondiaux. Il est intéressant d'analyser ces scénarios pour mieux comprendre la place que cette communauté d'énergéticiens assigne à la maîtrise de la demande d'énergie pour le monde à différents horizons, par exemple 2020 et 2050.

Ces scénarios affichent souvent des projections très contrastées de demande d'énergie pour 2020 ou 2050. C'est le cas par exemple de l'ensemble des scénarios de l'IIASA effectués pour le compte du Conseil Mondial de l'Énergie, de certains des scénarios SRES étudiés par l'IPCC dans le cadre de la lutte contre l'effet de serre ou du scénario NOE du CNRS.

Que recouvrent ces projections mondiales ? Pour mieux le comprendre, il est utile de

regarder de plus près la situation régionale proposée par ces mêmes prospectives.

Les scénarios A de l'IIASA d'une part, C (IIASA) et NOE d'autre part, se différencient d'abord par la répartition des quantités d'énergie par habitant et les quantités d'énergie totales par régions du monde à différents horizons. Les images de consommation énergétique sont très contrastées. Dans les scénarios A, alors que la consommation totale d'énergie des pays industrialisés est multipliée par 1,8 entre 1990 et 2050 (10,43 Gtep contre 5,92) pour un PIB multiplié par 3,7, celle des pays en développement est multipliée par 4,7 et le PIB par 6,5. Dans les scénarios C, la consommation d'énergie des pays industrialisés diminue de 20% sur la même période alors que leur PIB est multiplié par 2,5,

celle des pays en développement est multipliée par trois pour un PIB multiplié par 5,9. Dans NOE, la déconnexion de la croissance du PIB de la consommation d'énergie est encore plus forte : la consommation d'énergie des pays riches est divisée par presque deux pendant que le PIB est doublé, celle des pays en développement multipliée par 2,6.

Dans tous les scénarios la consommation énergétique croît moins vite que le produit intérieur brut. Mais alors que l'intensité énergétique du PIB décroît en moyenne de 0,9% par an dans le scénario A elle chute de 1,4% par an dans les scénarios C et 1,8% dans le scénario NOE.

Si l'on tient compte de la croissance démographique, on obtient le tableau ci-dessous. Alors que la consommation d'énergie par habitant des pays du Nord continue à augmenter dans les scénarios A de 4,65 à 6,9 tep de 1990 à 2050, elle diminue au contraire pour ces mêmes pays dans les scénarios C et NOE de 4,65 à 3,7 tep.

Pendant ce temps, celle des pays en développement passe sur la même période de 0,75 à 1 tep/hab dans NOE, 1,40 tep/hab dans les scénarios C, et 1,69 dans les scénarios A.

Pour rendre plus directement comparables les évolutions proposées dans ces divers scénarios qui reposent sur les mêmes hypothèses démographiques mais sur des hypothèses de croissance économique régionales légèrement différentes nous avons normé les différents scénarios sur les hypothèses de croissance des scénarios A de l'IIASA. C'est l'objet du tableau 3.

On constate que dès 2020 il existe un écart très important entre les scénarios extrêmes, presque 4 Gtep d'écart entre le scénario IIASA A et le scénario NOE. En 2050 l'écart entre ces mêmes scénarios (10,4 Gtep) dépasse la consommation énergétique mondiale d'aujourd'hui. C'est dire à quel point les images proposées peuvent différer en fonction de l'importance qu'attachent les scénarios à la maîtrise de la demande d'énergie.

Tableau 1 : Facteurs de multiplication des PIB et consommation d'énergie entre 1990 et 2050 pour les pays industrialisés et en développement dans différents scénarios

Facteur de multiplication	IIASA A	IIASA C	NOE
PIB Nord	3,7	2,5	2
Energie Nord	1,76	0,8	0,52
PIB Sud	6,5	5,9	6,2
Energie Sud	4,7	3,1	2,6

Tableau 2. Facteurs de multiplication des PIB et consommation d'énergie par habitant entre 1990 et 2050 pour les pays industrialisés et en développement dans différents scénarios

Facteur de multiplication	IIASA A	IIASA C	NOE
PIB/habitant Nord	3,2	2,1	1,7
Energie/habitant Nord	1,5	0,8	0,52
PIB/habitant Sud	3	2,8	2,9
Energie/habitant Sud	2,25	1,85	1,3

Tableau 3. Consommations énergétiques régionales des scénarios IIASA et NOE pour une même croissance économique de 1990 à 2050

Energie (Gtep)	1990	2020			2050		
		A	C	NOE	A	C	NOE
Pays industriels	5,92	7,99	6,35	6,06	10,43	6,63	5,53
Pays en développement	3,05	7,39	6,39	5,4	14,4	10,97	8,94
Monde	8,97	15,38	12,74	11,46	24,83	18	14,4

Le tableau 4 montre l'évolution correspondante des intensités énergétiques régionales des différents scénarios

Dans les pays industrialisés, la décroissance de l'intensité énergétique s'effectue au rythme moyen de 1,3% par an dans le scénario A, de 2% par an dans le scénario C et de 2,3 % par an dans le scénario NOE.

Dans les pays en développement les rythmes respectifs sont de 0,6% par an dans A, de 1% par an dans C, de 1,5% par an dans NOE.

A titre de repère, signalons que l'intensité énergétique des pays d'Europe de l'Ouest a chuté au rythme de 1,9% par an de 1973 à 1990 et celle du monde de 1,3% par an sur la même période.

Pour mieux saisir l'ampleur du contraste des évolutions régionales proposées dans les dif-

férents scénarios il est utile de comparer non plus les différentes valeurs absolues des PIB et des consommations d'énergie des pays riches et en développement à différentes époques mais les incréments proposés pour 2020 et 2050. C'est l'objet du tableau 5.

Alors que l'augmentation considérable du PIB des pays développés d'ici 2050 (+270%, +215% pour le PIB/habitant) s'accompagne encore d'une augmentation importante de la consommation énergétique de ces mêmes pays (+76%) dans les scénarios A, cette augmentation du PIB ne provoque pratiquement plus de croissance de la consommation énergétique dans les scénarios C (+12%) et une très légère diminution de la consommation énergétique dans le scénario NOE.

Tableau 4 : Évolution des intensités énergétiques régionales des différents scénarios

Energie/PIB	1990	2020			2050		
		A	C	NOE	A	C	NOE
Pays industriels	0,36	0,24	0,21	0,18	0,17	0,11	0,09
Pays en développement	0,34	0,27	0,21	0,2	0,24	0,18	0,14
Monde	0,35	0,25	0,21	0,19	0,2	0,15	0,12

Tableau 5 : Comparaison des augmentations de PIB et des consommations d'énergie des pays riches et des pays en développement à différentes époques

Accroissements	Rappel 1990	2020-1990	2050-2020	2050-1990
Δ PIB (milliards de \$)				
Pays industriels	16,6	17,1	28,4	45,5
Pays en développement	9,1	17,8	32,3	50,1
Monde	25,7	34,9	60,7	95,6
Δ E (Gtep) dans IIASA A				
Pays industriels	5,92	2,07	2,44	4,51
Pays en développement	3,05	4,34	7,01	11,35
Monde	8,97	6,41	9,45	15,86
Δ E (Gtep) dans IIASA C				
Pays industriels	5,92	0,43	0,28	0,71
Pays en développement	3,05	3,34	4,58	7,92
Monde	8,97	3,77	5,26	9,03
Δ E (Gtep) dans NOE				
Pays industriels	5,92	0,14	-0,5	-0,4
Pays en développement	3,05	2,35	3,54	5,89
Monde	8,97	2,49	2,94	5,43

Quant à l'augmentation du PIB des pays en développement (+455%, mais seulement +200% pour le PIB/habitant), elle s'accompagne d'une forte croissance de consommation énergétique (+370%) dans le scénario A et nettement plus modeste dans C (+260%) et dans NOE (+190%).

Tous ces éléments montrent bien l'ampleur du rôle que pourrait jouer la maîtrise de l'énergie dans les images du futur dont nous disposons.

On en trouve une autre illustration en examinant les besoins d'énergie cumulés entre 1990 et 2050 des différents scénarios (toujours dans l'hypothèse d'un même taux de croissance du PIB). C'est l'objet du tableau 6.

Il y a 215 Gtep de différence entre les scénarios extrêmes, 33% d'écart entre le scénario NOE et le scénario A, ce qui est plus important que les contributions cumulées de chacune des différentes ressources énergétiques pendant la même période.

Par exemple dans le scénario A2, le plus pétrolier, le cumul des usages du pétrole sur la période 1990 – 2050 n'atteint que 190 Gtep, celui du charbon que 180 Gtep, celui du nucléaire que 25 Gtep. La maîtrise de l'énergie représente donc bien la principale marge de manœuvre à notre disposition pour les cinquante ans qui viennent, aussi bien au Nord qu'au Sud, d'un ordre au moins équivalent aux ressources fossiles principales que sont le pétrole ou le charbon, de 5 à 10 fois plus importantes que le nucléaire.

Les marges de manœuvre cumulées sont du même ordre de grandeur pour les pays industrialisés et les pays en développement, autour de 100 Gtep.

L'analyse du tableau 7 établi en énergies finales permet d'apporter d'autres précisions sur les images projetées par les prospectivistes de l'énergie. L'IIASA propose en effet une répar-

tion prospective de l'usage final des énergies aux différentes époques en quatre rubriques :

- les combustibles solides, qu'ils proviennent du charbon ou de la biomasse,
- les combustibles liquides (d'origine fossile ou renouvelables), essentiellement à fonction de carburants,
- l'électricité,
- la chaleur (réseaux de chaleur) et les gaz (le gaz naturel, éventuellement l'hydrogène) distribués par réseaux.

Au niveau mondial l'effort de maîtrise de l'énergie porte d'abord sur l'économie de carburants. En 2020 plus de la moitié de l'économie d'énergie réalisée dans les scénarios C par rapport aux scénarios A provient de l'économie dans les transports (1479 Mtep sur 2838). En 2050, avec 2977 Mtep, l'économie d'énergie dans les transports reste la première marge de manœuvre proposée et représente encore 41% du bilan d'économie d'énergie.

Dans les pays développés, la différence de consommation de carburants des scénarios hauts et bas est spectaculaire : 911 Mtep en 2050 dans les scénarios C contre 2569 dans les scénarios A. Elle l'est moins dans les PED mais reste cependant très significative : 2485 Mtep contre 3804.

Dans l'esprit des scénaristes c'est donc dans la consommation de carburants liquides et par conséquent d'abord dans les transports routiers que se trouve la plus importante marge de manœuvre.

Les usages "gaz et chaleur" (réseaux de chaleur, gaz naturel, éventuellement hydrogène distribué en réseau) contribuent pour 1919 Mtep en 2050 à l'économie d'énergie entre scénarios A et C (une économie de 30% dans les PED, de 40% dans les pays industrialisés).

En ce qui concerne les usages de l'électricité les tableaux montrent une marge de manœuvre

Tableau 6 : Cumul des besoins régionaux d'énergie des différents scénarios de 1990 à 2050

Gtep	A	C	NOE
Pays industriels	454	372	352
Pays en développement	418	352	307
Monde	872	730	657

de 1260 Mtep en 2050 dont les trois quarts dans les pays industrialisés. Dans ces derniers les scénarios C affichent une consommation finale d'électricité deux fois plus faibles que dans les scénarios A. La différence est plus faible dans les pays en développement mais encore très significative (une réduction de presque 30%).

Enfin, pour les usages de combustibles solides la situation est très contrastée entre pays du

Nord et du Sud. Dans les pays du Nord et quel que soit le scénario, les usages des combustibles solides disparaissent pratiquement à l'horizon 2050. C'est donc dans les PED qu'apparaissent des marges importantes de manœuvre d'économie d'usage de ces combustibles solides (charbon et biomasse) de l'ordre de 30% entre scénarios hauts et bas. ■

Tableau 7.
Répartition Nord Sud des usages finaux de l'énergie en 2020 et 2050
dans différents scénarios énergétiques

Energies finales Scénarios	1990	2020				
		A1	A2	A3	C1	C2
PED						
Combustibles solides	1391	2332	2405	2443	2113	2106
Carburants	665	2157	2130	2026	1541	1551
Electricité	180	499	507	541	427	426
Gaz et chaleur	133	780	721	708	713	704
Total	2369	5768	5763	5718	4794	4787
Pays industriels						
Combustibles solides	535	318	384	276	253	246
Carburants	1866	2250	2177	2069	1242	1247
Electricité	651	1132	1182	1177	791	787
Gaz et chaleur	1029	1938	1895	2092	1467	1470
Total	4081	5638	5638	5614	3753	3750
Monde						
Combustibles solides	1926	2650	2789	2719	2366	2352
Carburants	2531	4407	4307	4095	2783	2798
Electricité	831	1631	1689	1718	1218	1213
Gaz et chaleur	1162	2718	2616	2800	2180	2174
Total	6450	11406	11401	11332	8547	8537
Scénarios	1990	2050				
		A1	A2	A3	C1	C2
PED						
Combustibles solides	1391	2594	3268	3080	1898	1899
Carburants	665	4183	3838	3390	2489	2481
Electricité	180	1211	1290	1323	923	908
Gaz et chaleur	133	2286	2025	2523	1628	1647
Total	2369	10274	10421	10316	6938	6935
Pays industriels						
Combustibles solides	535	63	72	61	61	60
Carburants	1866	3037	2435	2235	929	892
Electricité	651	1674	1846	1712	868	816
Gaz et chaleur	1029	1965	2695	2848	1250	1198
Total	4081	6739	7048	6856	3108	2966
Monde						
Combustibles solides	1926	2657	3340	3141	1959	1959
Carburants	2531	7220	6273	5625	3418	3373
Electricité	831	2885	3136	3035	1791	1724
Gaz et chaleur	1162	4251	4720	5371	2878	2845
Total	6450	17013	17469	17172	10046	9901