

LE POINT SUR L'ENERGIE

DES FAITS POUR LA POLITIQUE ENERGETIQUE DE DEMAIN

De l'énergie propre pour la Chine

L'énergie est la clé de la prospérité mais sa consommation s'oppose souvent à un développement durable. Ainsi le boom économique actuel de la Chine s'accompagne d'une forte pollution de l'environnement. L'air est pollué surtout par la combustion du charbon, la ressource énergétique numéro un de la Chine. Dans le cadre du China Energy Technology Programme (CETP) le PSI et ses partenaires ont cherché une issue à ce piège des polluants.

La Chine croît de façon rapide et irrésistible. Déjà en 2004 le pays le plus peuplé du monde consommait 55 % de la production mondiale de ciment et 36 % de celle d'acier. Le réseau autoroutier de la Chine a plus que doublé depuis 2001 et est le deuxième au monde, après celui des USA. Le nombre de voitures particulières a crû de 6 à 20 millions depuis 2000. Et la Chine n'est pas seule... L'Inde aussi montre un développement économique impressionnant. Si cela continue ainsi, la Chine pourrait remplacer en 2050 les USA en tant que première puissance économique par rapport au produit intérieur brut. L'Inde occupera la troisième place devant l'Allemagne, bien que le PIB par habitant des deux pays restera encore inférieur de plusieurs facteurs à celui des États Unis.

En même temps il y a un écart choquant entre les riches et les pauvres de deux pays. 380 millions d'Indiens subsistent avec moins d'un dollar US par jour et la moitié des enfants souffre de malnutrition. On doit retenir deux choses: la faim énergétique de ces pays surpeuplés est loin d'être assouvie. Et leurs décisions sur la politique énergétique auront de graves conséquences globales pour les ressources énergétiques et le climat.

L'avenir énergétique de la Chine peut être construit de façon plus durable. Le CETP montre que les investissements nécessaires sont très largement remboursés. Et si l'on réduit localement la pollution de l'air en remplaçant les centrales à charbon par le gaz, le nucléaire et des énergies renouvelables, les émissions en CO₂ diminueront aussi – ce qui est important à l'échelle planétaire.

AVEC ANNEXE

Contenu

- 2 Lorsque respirer devient malsain: **Le charbon – Atout et malédiction à la fois**
- 3 Sortir du piège des polluants: **Des investissements urgents**
- 4 Entretien avec R.K. Pachauri: **«Il est grand temps pour de mesures efficaces contre le changement climatique»**

Le charbon – Atout et malédiction à la fois

Le boom économique de la Chine se base sur le charbon. Il couvre deux tiers des besoins chinois en énergie primaire et restera encore longtemps l'agent énergétique n°. 1. On en brûle la moitié dans des centrales qui livrent ¾ de la production chinoise d'électricité, qui a augmenté brutalement ces dernières années – comme d'ailleurs la consommation du pétrole. Aujourd'hui déjà la Chine consomme plus de charbon que les USA, l'Europe et le Japon ensemble – avec des taux d'augmentation de 14 % par an en 2004 et 2005.

Bild: bab.ch/photomastop

Chaque semaine une nouvelle centrale électrique entre en service en Chine et livre du courant pour des centaines de milliers de ménages. Ce qui sort d'innombrables cheminées empeste l'air,

USA et Chine causent ensemble environ 40 % des émissions globales de CO₂

l'eau et le sol, affecte fortement la santé et raccourcit l'espérance de vie de la population. Les écosystèmes s'acidifient, les récoltes diminuent, les coûts des médicaments et des séjours en hôpital croissent. Avec les pertes de travail et de revenu ces dégâts représentent une grande charge pour l'économie sociale – environ 6 à 7 % du PIB. La pollution

de l'air est particulièrement grave en Chine, car la population dans les régions industrielles est beaucoup plus dense qu'en Suisse.

La dimension globale: CO₂

Les émissions n'ont pas seulement de conséquences régionales. La Chine provoque presque 20% de la pollution globale de l'air en soufre, qui localement contribue le plus aux atteintes à la santé. Mais elle produit aussi déjà quelque 17% des émissions mondiales de CO₂ par la combustion d'agents énergétiques fossiles et contribue ainsi fortement au changement climatique. Les USA et la Chine ensemble sont responsables d'environ 40% des émissions globales de CO₂. Ce sont encore les USA qui mènent la liste des pollueurs; avec quelques 20 t de CO₂ par tête et an, chaque américain en produit presque six fois plus qu'un chinois. Selon les tendances actuelles les émissions totales des USA vont encore monter d'un tiers dans les 20 années à venir, tandis que celles de la Chine vont doubler. La Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques met en garde: «Si l'on attend d'avoir une certitude absolue avant de faire quelque chose contre l'effet de serre, on risque de ne plus pouvoir éviter les pires conséquences.» Il est donc impératif de limiter les dégâts déjà visibles. Al-

Particules (poussières respirables):

Celles de moins de 2,5 µm sont encore plus dangereuses que les PM₁₀ plus grosses; On distingue les particules primaires (de la source d'émission) et secondaires (sulfates, nitrates et carbone qui se forment dans l'air à partir du SO₂, NO_x et hydrocarbures non brûlés).

Acide sulfurique SO₂: Précurseur des sulfates et donc cause principale de maladies chroniques et aiguës; provoque des dégâts aux récoltes et aux écosystèmes par acidification des sols.

Oxydes d'azote NO_x: Précurseurs des nitrates; favorisent aussi la formation d'ozone près du sol qui attaque les plantes et les voies respiratoires.

Ammoniac: Joue un rôle central lors de la formation de particules secondaires dangereuses (nitrates et sulfates d'ammoniac).

Gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O, etc.): Responsables de l'effet de serre et le changement climatique.

ler plus loin n'est de toute façon plus possible en ce moment. Et plus bas: «Un développement économique durable est essentiel pour le succès des stratégies contre l'effet de serre.» Les signataires de la Convention de l'ONU, pays industrialisés et pays en développement partagent cet avis. Mais les opinions divergent quant aux points de mire de différentes stratégies de durabilité.

Des priorités divergentes

L'effet de serre est un problème global très sérieux qu'on doit attaquer en conséquence. Les pays en développement ont raison lorsqu'ils remarquent que les pays riches ont nettement plus contribué à son apparition et qu'ils ont plus de moyens pour y remédier. Les pays industrialisés intègrent la protection de l'environnement dans leurs objectifs de développement généraux. On y traite à niveau égal les aspects de développement et de durabilité. Dans des pays comme la Chine et l'Inde on tient compte de plus en plus des problèmes locaux et régionaux – la pollution de l'air, de l'eau et du sol et leurs graves conséquences sont évidents. La protection globale de l'environnement, le réchauffement global et les changements du climat – les thèmes qui chez nous figurent en tête de l'ordre du jour énergétique – sont par contre beaucoup moins prioritaires.

	Unité	Année	Suisse	EU25	USA	Chine	Inde	Monde
Surface totale	millions km ²		0,04	4	9,3	9,6	3,3	149
Population	millions	2006	7,5	461	298	1'314	1'095	6'600
Produit interne brut (BIP)	milliards US\$	2005	364	13'927	12'439	2'279	749	44'168
BIP/tête	US\$/tête	2005	48'845	30'473	41'917	1'411	678	6'851
Croissance économique	%/an	2004	2,3	2,4	4,4	9,5	6,5	4,8
Consommation annuelle d'énergie primaire	millions t équ. pétrole	2004	29	1'719	2'332	1'386	376	10'224
Consommation annuelle d'énergie primaire/tête	GJ/tête & an	2004	162	158	333	44,7	14,8	67,2
Consommation annuelle d'énergie primaire charbon	millions t équ. pétrole	2004	0,1	307	564	957	205	2778
Charbon dans la consommation annuelle d'énergie primaire	%	2004	0,3	17,9	24,2	69	54,5	27,2
Puissance électrique installée	GW _{el}	2004	17,4	660	942	391	131	3'736
Production d'électricité	TWh/an	2004	63,5	2'980	3'979	2'080	631	16'599
Augmentation de la consommation d'électricité	%/an	2004	1,9	1,7	1,6	15,2	5,3	4,3
Émissions totales CO ₂	millions t/an	2004	41	3'789	5'912	4'707	1'113	27'044
Émissions CO ₂ /tête	t/tête & an	2004	5,5	8,3	20,2	3,6	1	4,2
Émissions totales SO ₂	millions t/an	2000	0,019	8,7	16,5	20	5	98
Émissions SO ₂ /tête	kg/tête & an	2000	2,6	19,2	58,5	15,8	5	16,1

Dimensions et parts: Comparaison des pays industrialisés et pays émergents.

Des investissements urgents

La production d'électricité de la Chine peut être transformée de façon à respecter le climat, à favoriser le développement économique et à protéger l'environnement. Les études du PSI pour la province de Shandong montrent que des stratégies durables d'approvisionnement en électricité coûtent nettement moins que ce que coûteraient les dommages sans mesures d'amélioration.

On peut déjà fortement réduire les émissions en SO₂ par des investissements modestes dans des filtres et des technologies du charbon modernes ainsi qu'en brûlant du charbon à faible contenu de soufre. Des nouvelles centrales au charbon plus efficaces, utilisant moins de combustible, baissent un peu plus les émissions du CO₂. On peut toutefois faire beaucoup mieux avec des investissements économiquement compatibles dans du gaz naturel mais surtout dans le nucléaire et l'hydroélectrique. De cette façon on baisse aussi la production de SO₂, NO_x et des particules. Les coûts des problèmes de santé épargnés grâce à cet effet secondaire d'une politique climatique sensée compensent à eux seuls les coûts directs des mesures ci-dessus.

Ensemble avec les groupes d'intérêt chinois

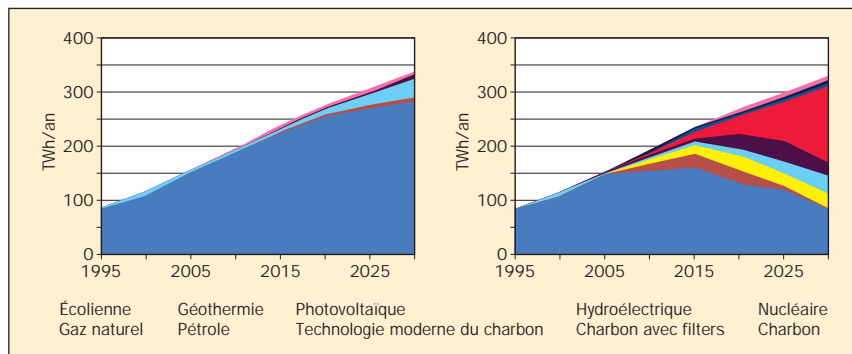
C'est ce genre de résultats entre beaucoup d'autres qui sort du China Energy Technology Program (CETP, voir annexe). Pour la première fois, l'industrie, les scientifiques et d'importants groupes d'intérêt chinois ont examiné ensemble

comment l'approvisionnement énergétique de la Chine pourrait être façonné afin de satisfaire au même titre aux exigences écologiques, économiques et sociétales. La modélisation détaillée de l'approvisionnement futur en électricité s'est concentrée sur la province de Shandong. Avec une population d'environ 90 millions sur 160'000 km², elle est une des régions les plus industrialisées et gourmandes en énergie de la Chine. Son approvisionnement en électricité se base presque exclusivement sur le charbon. Le potentiel du développement de l'hydroélectrique est presque inexistant, celui de l'énergie éolienne est modeste et les conditions sont défavorables pour le photovoltaïque et l'électricité à partir de la biomasse.

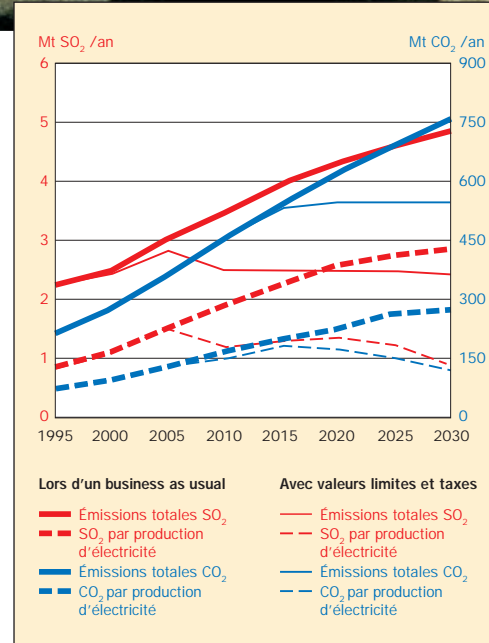
Les dégâts à l'environnement coûtent toujours plus que l'énergie propre

Un inventaire désolant

Après avoir enregistré les émissions actuelles de l'industrie de charbon on a simulé leur propagation et leur transformation chimique et calculé l'impact sur la santé de la population. Il en résulte un tableau préoccupant: quelque 9 millions d'années de vie sont perdues annuellement en Chine parce que la pollution de l'air rend les gens malades et les fait mourir prématurément. Si le secteur de l'électricité avec de telles émissions continue à croître ainsi, les conséquences seront dévastatrices (voir annexe).



Scénarios d'approvisionnement en électricité pour Shandong: les deux présument une faible (pour la Chine) croissance de la demande de courant (5 %/an) et des prix stables pour les agents énergétiques fossiles. À gauche le développement lors d'un «business as usual», à droite avec des valeurs limites pour les émissions et des taxes sur le CO₂ et le SO₂. La diversification vers des technologies plus propres est nettement encouragée. (source: PSI, Kypreos et al.)



Émissions de CO₂ et de SO₂ pour Shandong: Mêmes conditions que le graphique ci-dessous. (source: PSI, Kypreos et al.)

C'est moins cher d'éviter les émissions

Les décideurs des entreprises d'électricité peuvent éviter ces conséquences graves. Agir en politique responsable signifie de limiter au plus bas les émissions et de les contrôler ainsi que de taxer les combustibles et les carburants, ce qui favorise la diversification de la production d'électricité. Pour Shandong ceci implique non seulement des technologies du charbon modernes à côté du mélange de charbon actuel, mais aussi plus de gaz naturel, d'énergie nucléaire et éolienne, et, en général pour la Chine, aussi plus d'hydroélectricité. Les taux d'intérêt et les coûts du combustible vont déterminer quelle «nouvelle» technologie pourra endosser quelle part de la production et quand. Des taux d'intérêt bas favorisent des technologies capitalistes comme le nucléaire et l'hydroélectrique, des taux élevés plutôt le gaz naturel. Les modèles ont donc combiné des valeurs limites pour les émissions et des taxes sur les gaz à effet de serre et le SO₂ avec divers scénarios pour le développement de la croissance, de la demande, des coûts du combustible et des coûts du capital. On a ainsi identifié les solutions les moins coûteuses pour chaque scénario et ses conditions limites. Pour toutes on conclut qu'une énergie plus propre en Chine coûte toujours moins cher que ce que coûteraient les dégâts à l'environnement.



Le Dr. Rajendra K. Pachauri est Président du Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) et Directeur Général du Energy and Resources Institute (TERI) indien.

Pendant de longues années il a été actif dans la recherche et l'éducation ainsi que comme conseiller du Gouvernement Indien pour des questions énergétiques. Aujourd'hui il s'engage pour un développement durable en tant que membre du conseil d'administration des entreprises d'énergie nationales et internationales et au sein de plusieurs ONG dans le domaine énergie et environnement.

Pourquoi doit-on s'inquiéter de l'augmentation de la température de la planète d'un point de vue global?

La preuve scientifique de l'interférence humaine avec le climat de la terre est maintenant si forte, qu'on doit modifier les activités humaines. L'impact du changement climatique devient déjà visible et ses effets adverses multiples peuvent influencer négativement le bien-être de l'humanité et de tous les êtres vivant sur terre. Lutter contre le changement climatique et s'adapter aux conséquences inévitables dessert aussi les objectifs du développement durable – un chemin que la société humaine doit suivre. Dans le cas contraire il sera très difficile pour cette génération ainsi que celles encore à venir de subvenir à leurs besoins.

Et du point de vue d'un pays comme la Suisse?

Au delà des points susmentionnés, les perturbations du cycle de l'eau à cause des changements du climat et la fusion rapide de la neige des montagnes auront non seulement des implications économiques mais affecteront aussi l'écologie d'une façon qui pourrait avoir des impacts graves sur les systèmes naturels.

La science avertit depuis des années contre les émissions de CO₂ et le réchauffement de la planète. Pourtant les gens de la rue réagissent plutôt passivement. Pourquoi ?

Cette attitude est en train de changer. Dans plusieurs coins du monde il y a maintenant une volonté de prendre de mesures concrètes pour contrer la menace d'un réchauffement global. Un bon exemple sont les récentes décisions prises dans l'État de Californie, qui pour-

raient ralentir les émissions des gaz à effet de serre (GHG) bien au delà des attentes récentes. Nous avons donc besoin de leadership pour guider le public, ce qui, malheureusement, fait défaut en plusieurs endroits du globe.

Des réductions du CO₂ et les investissements nécessaires peuvent-ils vraiment être une priorité dans un pays où 20% de la population souffre de malnutrition?

Les réductions du CO₂ et les investissements correspondants seraient acceptables dans un pays comme l'Inde seulement si les pays développés prenaient de mesures concrètes pour réduire leurs émissions de CO₂ – malheureusement ceci n'est pas le cas à ce jour. De plus, on devrait faciliter le transfert technologique des pays développés vers les pays en développement pour introduire certaines mesures sans coûts additionnels et avec des bénéfices environnementaux locaux.

Diriez-vous que les pays en développement considèrent les bénéfices secondaires des politiques climatiques comme plus importants que les apports directs?

Absolument. Dans un nombre de pays en développement les bénéfices secondaires ou additionnels des politiques climatiques pourraient même être beaucoup plus attrayants que la réduction des GHG. Pour cette raison les pays développés devraient les aider à réduire la pollution générale de l'air plutôt que d'exercer une pression vers la réduction des GHG. Celle-ci serait alors un bénéfice incident au service d'un objectif global.

Comment les nations développées et les pays en développement peuvent-ils coopérer sur des questions de réduction des GHG et de climat?

Une coopération peut fonctionner seulement si les pays développés prennent des mesures concrètes et adéquates pour réduire les GHG, ce qui n'est pas évident pour l'instant. De plus, l'aide vers les pays émergents augmentera beaucoup la crédibilité des premiers.

Le changement climatique ne pourrait-il pas être aussi une chance et non seulement une menace?

Certainement. Les actions de maîtrise du changement climatique pourraient être utilisées pour soutenir un développement durable, p. ex. un passage des énergies fossiles aux renouvelables serait désirable.

Quel rôle prévoyez-vous pour les énergies renouvelables et le nucléaire dans la lutte contre un changement climatique? Dans les pays industrialisés et les pays en développement y compris l'Inde?

Je pense que les rôles des renouvelables et du nucléaire vont se renforcer; ils vont probablement prendre une part grandissante dans les pays industrialisés. Les plus grands des pays en développement vont certainement augmenter leur part du nucléaire ainsi que des énergies renouvelables, mais la plupart des pays en développement n'auront pas accès à des solutions nucléaires. En somme, il est probable qu'on observera mondialement une transition énergétique majeure dans les 20-25 ans à venir.

Impressum

Le point sur l'énergie est une publication du PSI sur l'évaluation globale des systèmes énergétiques (projet GaBE). Il paraît quatre fois par an. Ont contribué à cette édition: Dr. Stefan Hirschberg et Christian Bauer.

ISSN-Nr.: 1661-5131

Tirage: 15 000 ex. en allemand, 4000 ex. en français, 800 ex. en anglais. Anciens numéros disponibles en Pdf (D, F, E): <http://gabe.web.psi.ch/>

Responsable du contenu:

Paul Scherrer Institut
Dr. Stefan Hirschberg
5232 Villigen PSI, Suisse
Tel. 056 310 29 56, Fax 056 310 44 11
stefan.hirschberg@psi.ch
www.psi.ch/GaBE

Rédaction: Ruth Schmid, Christian Bauer

Distribution et souscriptions:
renate.zimmermann@psi.ch

Traduction française: Konstantin Fskolos

Layout: Christoph Schütz

Analyses des systèmes énergétiques au PSI: L'objectif des analyses des systèmes énergétiques au Paul Scherrer Institut à Villigen est l'appréciation globale et détaillée des systèmes énergétiques d'aujourd'hui et de demain. On considère en particulier des critères de santé publique, d'écologie et d'économie. Sur la base des Analyses de Cycle de Vie (LCA), des modèles d'économie énergétique, des analyses des risques, des modèles de dispersion des substances nocives et, enfin, d'une analyse multi-critères il est possible de comparer différents scénarios énergétiques, afin d'offrir une base pour des décisions politiques.

Collaborations avec:

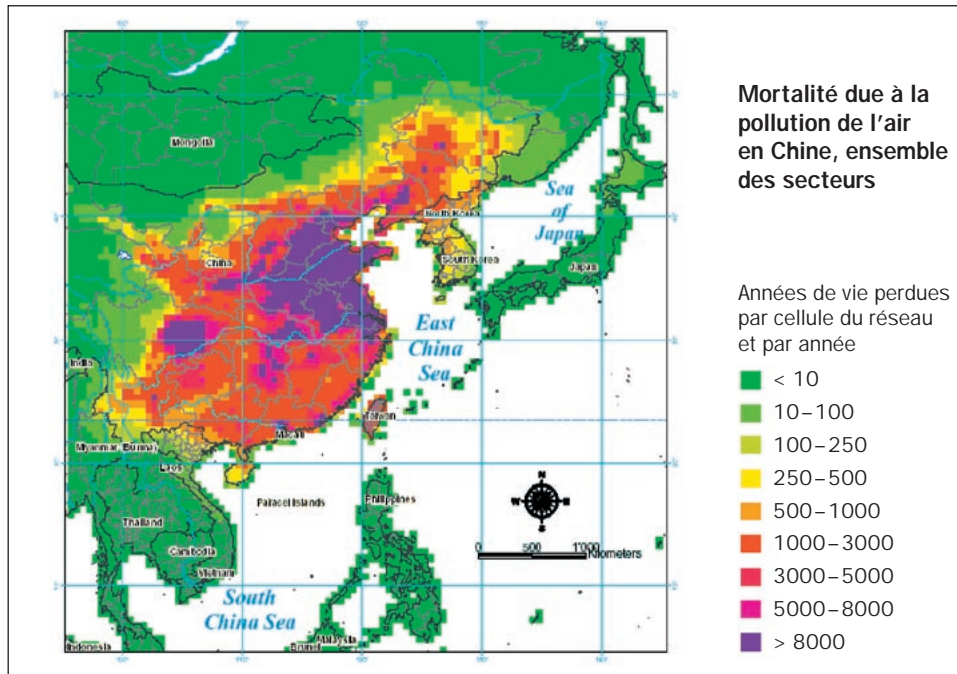
ETH Zürich; EPF Lausanne; EMPA; Massachusetts Institute of Technology, (MIT); University of Tokyo; Union Européenne, (EU); Agence Internationale pour l'Energie, (IEA); Organisation pour la Coopération et le Développement Economique, (OCDE); Organisation des Nations-Unies, (ONU)

Pollution de l'air aux conséquences dramatiques

Une concentration élevée de polluants dans l'air peut être un fardeau mortel pour le cœur, le réseau sanguin et les poumons. Elle provoque surtout des maladies chroniques comme la bronchite et l'asthme, mais aussi des cancers. Elle réduit de façon irréparable la croissance des poumons chez les enfants et l'espérance de vie de la population.

Les coûts de santé attribuables au secteur de production d'électricité chinois s'élèvent à 7,3 US cents par kWh – environ le double des coûts de production du courant. Le graphique à gauche montre les années de vie perdues en Chine chaque année à cause des émissions

atmosphériques (toutes les émissions de tous les secteurs). Chaque cellule du réseau correspond à quelque 2500 km². À Shandong les années de vie perdues (YOLL, voir encadré) par cellule et an dépassent les 8000, dans de grandes parties de la Chine elles varient entre 1000 et 5000 YOLL. Pour Shandong tout entier on compte chaque année quelque 1,1 millions de YOLL, c.-à.-d. environ 12% des pertes totales en Chine, qui se montent à 9 millions d'années de vie.



Mortalité actuelle due aux émissions dans l'air en Chine, tout secteur (source: PSI, Hirschberg et al.)

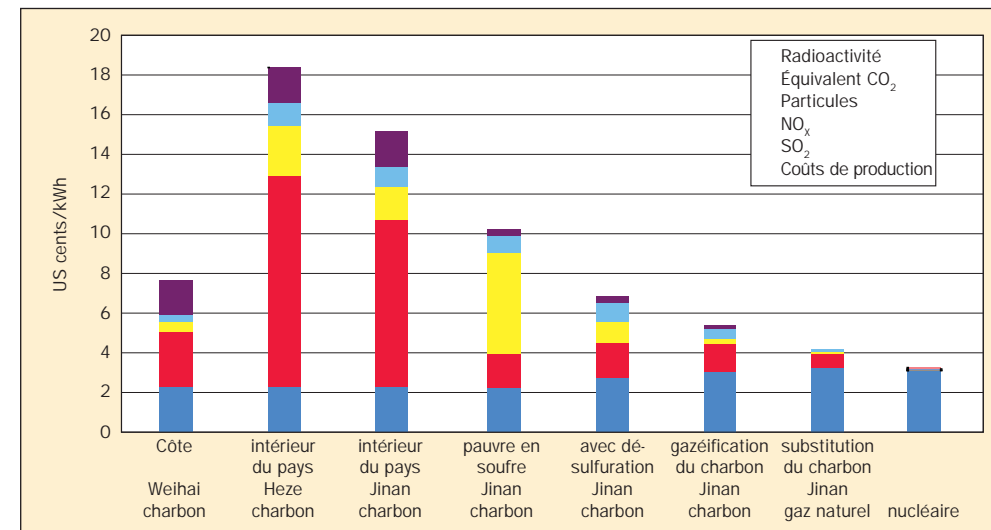
Coût d'électricité interne et externe

Selon l'emplacement d'une centrale à charbon, les coûts externes peuvent être jusqu'à sept fois plus élevés que les coûts de production (coûts internes) à cause des atteintes à la santé et à l'environnement (graphique à droite): Heze se trouve à l'intérieur du pays et a une population très dense. Weihai par contre se trouve sur la côte, où la population n'est exposée qu'à une partie des émissions. Si la centrale de Jinan à l'intérieur du pays utilisait du charbon pauvre en soufre, les coûts externes diminueraient. Une épuration des gaz de combustion améliore encore la situation. L'utilisation du charbon la plus écophile et la moins coûteuse est le gazéifier avant la pro-

Comment mesure-t-on les atteintes à la santé?

Un des indicateurs les plus importants pour la santé humaine est l'espérance de vie. Afin de mesurer les atteintes à la santé on utilise les YOLL (Years of Life Lost), c.-à.-d. années de vie perdues. Certaines victimes meurent prématurément à cause des concentrations aiguës de polluants dans l'air. C'est pourtant l'impact des polluants pendant de longues années qui provoque la plus grande perte en années de vie. La somme des réductions des espérances de vie au niveau individuel est la YOLL totale pour l'ensemble de la population.

duction d'électricité. Un coût total encore plus bas peut être obtenu par un remplacement du charbon par du gaz naturel, et c'est l'énergie nucléaire qui provoque le moins d'atteintes à la santé. Les coûts de production n'augmentent que de peu par rapport au coût total lorsqu'on utilise des solutions respectueuses de l'environnement.



Coûts totaux d'électricité selon le site et la technologie. (source: PSI, Hirschberg et al.)

