

1994 724.270.7 f

Publications PACER

Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur

**Version abrégée du rapport
de synthèse**



Office des constructions fédérales
Office fédéral de l'énergie
Office fédéral des questions conjoncturelles

Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur

Résumé du rapport de synthèse de l'étude «Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge im Strom- und Wärmebereich in Gebäuden in der Schweiz»

Il y a des coûts dans l'approvisionnement de l'électricité et de la chaleur qui n'apparaissent pas dans le prix courant de l'énergie et pour lesquels les consommateurs ne payent rien: ce sont les coûts externes. Exemples: coûts de la pollution de l'air, risques d'accidents majeurs (non assurés), atteintes à l'environnement naturel, etc. Tant que ces coûts resteront externes et que ni les investisseurs, ni les consommateurs ne les prendront en compte dans leurs calculs économiques, les ressources de l'environnement seront surexploitées, avec en parallèle des charges excessives mises sur celui-ci.

Ces coûts externes si souvent évoqués sont ici, pour la première fois en Suisse, systématiquement et solidement inventoriés pour les domaines de l'électricité et de la chaleur. La présente étude verse de nouvelles connaissances au dossier de la politique de l'énergie et de l'environnement. Mais elle montre aussi les limites méthodologiques de ce type d'inventaire et les incertitudes qui l'accompagnent. Cette étude identifie les principaux effets externes dans le domaine de l'approvisionnement en électricité et en chaleur, en mesure l'étendue, et «monétarise» autant que faire se peut les coûts qui en résultent: coûts externes de la pollution de l'air (dommages aux forêts, baisses de rendement dans l'agriculture, surcroît des coûts de la santé, dommages aux immeubles), coûts externes de la pollution, par le pétrole ou le mazout, des eaux et du sol, coûts liés à l'accroissement probable de l'effet de

serre, coûts externes de la production et de la distribution de l'électricité (dégâts aux eaux et à l'agriculture, risques majeurs liés aux centrales nucléaires et aux barrages hydroélectriques). Cet inventaire conduit à calculer des relèvements de prix de l'énergie (exprimés en centimes par kWh) par facteur et par système énergétiques (par exemple, chauffage à gaz, chauffage à mazout, installations combinées, etc.). Afin de tenir compte des incertitudes qui restent présentes dans cet inventaire, les surcoûts de prix sont indiqués par des minima et maxima (fourchettes).

Les risques d'accident majeur d'une centrale nucléaire ou de rupture d'un barrage hydroélectrique sont traités à part. La situation de risque particulière de ces événements majeurs – très faible probabilité, mais conséquences extrêmes – pose des problèmes épineux de méthodologie. Les coûts externes de ces risques majeurs sont estimés sous la forme de risques ou coûts additionnels.

Les surcoûts de prix de l'énergie inventoriés dans cette étude, ainsi que les relèvements dus aux risques mentionnés plus haut rejoignent le souci d'une vérité économique des prix qui tienne compte des coûts externes. Ils constituent une base solide pour l'appréciation des mesures de politique de l'énergie et de l'environnement, les analyses coûts-bénéfices, les mesures d'économie, etc. Ils offrent également une précieuse contribution au débat sur les coûts externes.

Ce travail s'adresse aux investisseurs publics et privés, aux responsables de la planification, aux architectes, aux ingénieurs, aux bureaux d'étude – qui veulent avoir une vision économique générale de leurs projets – à tous les décideurs des domaines de l'énergie et de l'environnement, aux politiciens concernés par les problèmes de l'énergie et de l'environnement, sans oublier le public intéressé par ces domaines.

On peut commander le rapport de synthèse (en allemand) auprès de l'Office central fédéral des imprimés et du matériel (OCFIM/EDMZ), 3000 Berne
169 pages (nombreux tableaux et figures)
N° de commande: 724.270 d
ISBN 3-905232-46-4

Note

Le concept «surcoûts inventoriés du prix de l'énergie» (SIPE) a été retenu pour rendre compte au mieux des objectifs de l'étude originale. Dans le texte l'expression «relèvement du prix de l'énergie» renvoie à ce concept.

**Coûts externes
et surcoûts inventoriés
du prix de l'énergie
dans les domaines
de l'électricité
et de la chaleur**

**Version abrégée du rapport de synthèse de l'étude
«Externe Kosten und kalkulatorische
Energiepreiszuschläge im Strom-
und Wärmebereich in Gebäuden in der Schweiz»**



Office des constructions fédérales
Office fédéral de l'énergie
Office fédéral des questions conjoncturelles

Impressum

Editeur

Office fédéral des questions conjoncturelles, Berne

Direction PACER

Dr Jean-Bernard Gay

Jean Graf

EPFL-DA-ITB-LESO, Lausanne

Responsable du domaine «Aspects économiques des énergies renouvelables»

Irene Wuillemin

OFQC, Berne

Auteurs

Klaus P. Masuhr

Prognos AG, Basel

Walter Ott

Infras AG, Zürich

Adaptation de l'édition française

Traduction

Gonzague Pillet

Ecosys SA, Carouge/GE

Relecture et coordination générale

Jean Graf

EPFL-DA-ITB-LESO, Lausanne

Mise en pages

DAC, Lausanne

Cette étude appartient à l'ensemble des projets d'étude effectués par des tiers dans le cadre du programme d'action PACER, de même que, dans ce cas, de l'Office fédéral de l'énergie et de l'Office des constructions fédérales. Ces offices ainsi que l'Office fédéral des questions conjoncturelles et la Direction du programme PACER autorisent la publication de ce rapport, sous la responsabilité des auteurs et des chefs des domaines concernés.

Copyright © Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, août 1994.

Reproduction autorisée, avec mention de la source. Commande auprès de l'Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne (N° de commande 724.270.7 f).

Sommaire

1. Energie: prix bas, mais coûts élevés	3
2. Coûts externes et conséquences sur le prix de l'énergie	5
2.1 Quel est le volume des coûts externes?	5
2.2 Surcoûts inventoriés du prix de l'énergie calculés en fonction de coûts externes dans le domaine de l'électricité et de la chaleur	9
2.3 Appréciation des résultats	11
2.4 Quel est le champ d'application des résultats?	13
3. Evaluation, au titre de coûts externes, des risques d'accident dans la production d'électricité	13
3.1 Risques d'accident majeur dans l'exploitation d'énergie nucléaire	13
3.2 Risques d'accident majeur dans l'exploitation d'énergie hydraulique	15
4. Comment les coûts externes et les surcoûts inventoriés du prix de l'énergie sont-ils calculés? – Questions de méthodologie	17
4.1 Qu'est-ce qu'un coût externe?	17
4.2 Concepts pour l'évaluation des coûts externes	17
4.3 Et les bénéfiques externes?	19
4.4 Des coûts externes de l'approvisionnement énergétique aux surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur	19
4.5 Quel est le degré de précision souhaitable?	20
5. Remarques finales, perspectives	21
Annexe Rapport «Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge für den Strom- und Wärmebereich»	23
Publications et vidéos du programme d'action PACER	25

1. Energie: prix bas, mais coûts élevés

Malgré les crises pétrolières des années 1970 et 1980, la consommation d'énergie en Suisse a continué d'augmenter. Un regard sur le développement des prix **réels**¹ de l'énergie fournit une explication partielle à ce fait préoccupant: au niveau réel, l'énergie est devenue continuellement moins chère durant ces dernières années, le prix du pétrole se situant aujourd'hui au niveau de celui de 1970! Malgré une consommation en hausse, nous dépensons aujourd'hui nettement moins d'argent pour l'énergie qu'au début de 1970.

Une autre évolution est moins connue et difficilement chiffrable: si les **prix** de l'énergie ont diminué en termes réels, leurs **coûts** macro-économiques ont augmenté. La pollution de l'air est à l'origine de coûts dus à des maladies des voies respiratoires ou des troubles circulatoires, à des pertes de productions agricoles, à des atteintes aux forêts et aux bâtiments. A cela s'ajoute la menace de l'effet de serre, dont les premières répercussions semblent déjà s'annoncer sous forme de dommages dus aux tempêtes ou d'inondations. Aux coûts courants dus aux charges pesant sur l'environnement, il convient d'ajouter les risques d'accidents. Il s'agit ici principalement des risques d'accidents majeurs lors de la production d'électricité (rupture de barrage ou accident majeur dans une centrale nucléaire), dont la probabilité de réalisation est certes très faible, mais qui, s'ils se produisaient, pourraient être tout à fait catastrophiques. Ces risques constituent eux aussi des coûts.

A côté des catégories habituelles de coûts telles que coûts de matières premières, d'exploitation, de capital et de main-d'œuvre, notre système énergétique engendre donc – dans presque tous les domaines de la vie courante – des coûts qui n'apparaissent pas dans les prix de l'énergie. Ils ne sont donc pas supportés par ceux qui en sont à l'origine, puis par les consommateurs, mais par la collectivité. C'est pourquoi ces coûts sont considérés comme des **coûts externes** (par opposition aux coûts internes tels que les coûts de la main-d'œuvre, du capital et autres, qui sont payés par ceux qui en sont à l'origine). Au total, notre consommation d'énergie coûte donc nettement plus que ce que nous payons pour elle.

Les analyses décrites dans ce rapport cherchent à chiffrer ces coûts externes environnementaux et ceux dus aux risques qui découlent de la consommation d'énergie en Suisse et de les confronter aux prix du marché dans le domaine de l'approvisionnement en électricité et en chaleur. L'étude révèle les éléments suivants:

- En 1990, la production et la consommation d'énergie ont causé des coûts externes d'un ordre de grandeur qui se situe entre 6,7 et 12 mia. de francs/an, y compris environ 4,0 à 7,2 mia. de francs pour l'approvisionnement en électricité et en chaleur. Les risques d'accidents dans la production d'électricité (rupture de barrage ou accident dans une centrale nucléaire) ne sont pas inclus. Avec une fourchette de 5,2 à 7,4 mia. de francs/an, les coûts d'évitement de l'effet de serre constituent la part du lion des coûts externes de la production et de la consommation d'énergie.

¹ Prix réels de l'énergie: prix actuels (nominaux) de l'énergie diminués du renchérissement. Evolution des prix réels de l'énergie 1980-1992: électricité -15 %; huile de chauffage extra-légère -54 %; gaz: -24 %; essence -41 %; bois -4 %; charbon +2 %.

Il s'avère qu'une stratégie de réduction des émissions de CO₂ (réduction de 50% des émissions de CO₂ d'ici 2025) menacerait moins les coûts qu'une évolution non influencée du trend actuel: autrement dit, les coûts d'évitement de CO₂ devraient être significativement moindres que les coûts qui découleraient de la survenue de l'effet de serre (les indications sur les coûts des atteintes sont encore hypothétiques et s'appuient sur une fourchette qui s'établit entre 1,7 et 44 mia. de francs/an).

- Les «vrais» coûts de l'approvisionnement énergétique se situent encore nettement plus haut que les coûts payés aujourd'hui augmentés des coûts externes que nous avons calculés: de nombreux coûts externes n'ont pas pu être appréhendés ou calculés (par exemple des «coûts» immatériels tels que la souffrance ou la douleur), d'autres sont encore inconnus et ne peuvent être que soupçonnés. Les 6,7 à 12 mia. de francs/an évalués (y compris les coûts d'évitement de l'effet de serre) pourraient constituer la limite inférieure du total des coûts externes. S'ils étaient répercutés sur la consommation actuelle, les dépenses pour l'énergie seraient ainsi augmentées de 30 à 60% et passeraient de quelque 19 mia. de francs (1992) à environ 26 à 31 mia. de francs/an.
- Si l'on répercute les coûts externes évalués sur les prix de l'énergie dans le domaine de l'électricité et de la chaleur, en fonction de ceux qui les causent, c'est pour l'huile de chauffage que l'on obtient les plus grandes disparités. Pour l'huile de chauffage extra-légère, les coûts se situeraient entre 140 et 220% des prix du marché de 1992 alors que pour l'huile de chauffage moyenne et lourde, les différences de prix seraient encore plus importantes. D'autre part, le prix du gaz naturel augmenterait de 70 à 100%, celui du bois de 25 à 50% et celui de l'électricité de 5 à 11% (sans prise en considération des risques d'accident).
- L'estimation des risques de rupture de barrage ou d'accidents majeurs dans les centrales nucléaires (très faible probabilité, mais potentiel de dommage extraordinairement élevé) dépend fondamentalement de l'attitude de la population envers de tels risques. Il existe différents concepts pour la monétarisation des attitudes face au risque, qui mènent à des suppléments de prix de l'électricité de l'ordre de 0,1 ct. par kWh à 2 à 14 ct. par kWh.

Cet état de fait montre que l'énergie est consommée aujourd'hui à un prix trop bas. Les prix de l'énergie actuels envoient des signaux erronés aux agents économiques, ce qui a comme conséquence que l'énergie est trop consommée et pas assez économisée.

2. Coûts externes et conséquences sur le prix de l'énergie

Les coûts externes sont évalués pour l'ensemble de l'approvisionnement suisse en énergie en 1990, c'est-à-dire y compris les coûts externes de la consommation d'énergie pour les transports (mais sans les coûts externes des transports qui ne se rapportent pas à la consommation d'énergie tels que les coûts externes d'accidents, de bruits et d'encombrement). Le relèvement du prix de l'énergie calculé en fonction de coûts externes (SIPE) a été toutefois réservé aux seules utilisations de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur.

2.1 Quel est le volume des coûts externes?

Avec les connaissances empiriques disponibles actuellement, il n'est pas possible d'entreprendre un calcul **complet**, ne fut-ce qu'approximativement, de tous les coûts externes de l'approvisionnement en énergie. Il est cependant possible d'appréhender, dans certains domaines, une part des externalités dont on suppose l'existence.

Pour les dommages aux matériaux ou les atteintes à la santé dus à la pollution de l'air, il existe, du moins en principe, la possibilité d'établir des relations **quantitatives** entre pollutions et dommages à l'aide d'analyses dose-réponse et/ou d'examens épidémiologiques. Il peut être montré qu'il existe des relations non équivoques entre certains polluants (SO₂, NO_x, poussières, ozone) et la fréquence de symptômes de (certaines) maladies. La relation de cause à effet entre pollution de l'air et dommages aux bâtiments est également visible. Des pertes agricoles dues à des valeurs d'ozone élevées peuvent aussi être démontrées empiriquement.

Dans d'autres domaines toutefois, des manques de connaissance doivent être reconnus. Les préjudices sur le monde animal et végétal ne sont guère mesurables par les sciences naturelles et souvent encore que partiellement examinés. Dans le domaine empirique, l'effet de faibles doses radioactives s'appuie sur des informations très lacunaires sur la catastrophe de Tchernobyl ou sur les analyses des effets retardés à Hiroshima et Nagasaki, ces dernières n'aboutissant qu'à des conclusions de portée limitée. Les conséquences d'une catastrophe climatique sont également concernées. Selon les connaissances actuelles, il faut s'attendre à une élévation du niveau de la mer et à un accroissement de la fréquence des phénomènes climatiques extrêmes. La désertification de grandes surfaces (habitées) et le déclenchement de vagues d'émigration massive ne sont pas exclus. Une quantification ou même une monétarisation de ces processus n'est possible qu'à l'aide d'hypothèses les plus diverses. Ces dernières sont discutées ci-après.

Ainsi, l'**évaluation monétaire immédiate du niveau des dommages** (soit ce que l'on appelle le **coût des dommages**) sur la base de comportements dûment vérifiés sur le plan empirique n'est possible que dans les domaines suivants (voir les références en annexe):

- pertes de productions agricoles,
- dommages aux bâtiments,
- coûts des dommages aux forêts (pertes de revenus de l'économie forestière, coûts pour la construction d'ouvrages supplémentaires nécessaires ou de mesures de protection), et
- coûts de la santé (pertes de production dues à la maladie, coûts de traitement).

Dans un petit nombre de domaines (valeur de récréation et d'existence de la flore et de la faune, par exemple), une forme de **monétarisation des préférences individuelles** est possible. Par contre, les estimations concernant les coûts de l'effet de serre doivent encore être considérées comme étant hypothétiques. Par conséquent, seuls les **coûts d'évitement**² seront retenus dans l'estimation des coûts externes relatifs à l'effet de serre.

Les estimations de coûts qui figurent dans le tableau ci-dessous ne sont donc pas complètes, puisque des aspects essentiels n'ont pas pu être quantifiés. Les indications correspondent donc plutôt à la «pointe de l'iceberg» des coûts externes. La largeur des fourchettes des estimations – particulièrement marquée pour ce qui est des coûts externes de l'effet de serre – montre bien les incertitudes considérables qui pèsent sur les estimations.

En 1990, les coûts externes monétarisables de la consommation suisse d'énergie³ se sont situés entre 6,7 et 12 mia. de francs/an. Si l'on ne prend pas en considération l'effet de serre, les coûts externes restant s'élèvent encore entre 1,5 et 4,8 mia. de francs. Les coûts externes des risques d'accident lors de la production d'électricité ne sont pas encore considérés ici. En raison du caractère fondamentalement différent de la monétarisation de **risques** de dommages, ils sont traités séparément (voir le chapitre 3: Risques).

² Coûts d'évitement: coûts (supplémentaires) nécessaires à la réalisation d'un certain objectif de politique de l'environnement; ici coûts supplémentaires, afin de réduire, jusqu'en 2025, les émissions de CO₂ de moitié par rapport au trend des émissions de CO₂.

³ Externalités globales comme l'effet de serre et la pollution des mers: part suisse en tant que part aux émissions totales, respectivement à la consommation globale d'énergie. Externalités locales/régionales (pollution de l'air): dommages en Suisse plus les dommages basés sur les émissions lors de la transformation de l'énergie (évalués sur la base de l'évaluation en Suisse des coûts des dommages).

Dommages identifiables dans le domaine de l'énergie (chaleur, électricité, transports)	Estimations de coûts vérifiées mio. de fr./an	Estimations de coûts partiellement vérifiées	mio. de fr./an
Dommages aux forêts vraisemblablement dus à des polluants atmosphériques	-	Economie forestière Dangers naturels Agriculture de montagne Tourisme Valeur de récréation et d'existence Total Dont revenant à l'énergie	330-560 410-1'770 40-50 310 0-200 1'090-2'890 545-1'445
Pertes de productions agricoles dus à des taux d'ozone plus élevés	65-140	-	
Maladies des voies respiratoires et du cœur/troubles circulatoires dus à des émissions d'oxydes d'azote, de dioxyde de soufre et de poussières plus élevées		Pertes de productions dues à: - maladies des voies respiratoires - maladies du cœur/troubles circulatoires	260-790 120-1'060
Dommages aux bâtiments dus aux émissions de polluants atmosphériques	Coûts de capital 260-760	Coûts de nettoyage supplémentaires	60-200
Pollutions de la mer et du sol dus au transport et au stockage de pétrole, produits pétroliers et gaz naturel		- produits pétroliers minéraux: part de la Suisse au volume mondial des dommages - gaz: - charbon:	6-29 négligeable pas analysé
Cas de décès dans l' exploitation normale de centrales nucléaires			3-14
Dégâts naturels et pertes de production agricoles dus à l' exploitation normale de centrales hydrauliques		Centrales d'accumulation Centrales au fil de l'eau	102-267 28-73
Dommages d'espace naturel dus aux transports de courant			12-23
Total sans effet de serre	325-900		1'136-3'901
Incidences de l' effet de serre relevant de l'énergie		Part suisse aux dommages mondiaux estimés Volume de coûts selon le concept du coût d'évitement	1'670-43'600 5'200-7'400
Total coûts vérifiés et partiellement vérifiés: - avec les coûts des dommages de l'effet de serre - avec les coûts d'évitement de l'effet de serre			3'130-48'400 6'660-12'200

Tableau 1: Tableau synoptique des estimations concernant les coûts externes dans le domaine de l'énergie (sans la monétarisation des **risques** de dommages de la production d'électricité, cf. chapitre 3)

	Coûts externes non estimables/ non saisissables	Evaluation
Forêt	<ul style="list-style-type: none"> - ensemble des répercussions des polluants atmosphériques sur la flore et sur la faune - répercussions sur les eaux souterraines - répercussions sur la diversité des espèces et sur la stabilité écologique 	<p>Pour les dommages aux forêts, une recherche plus poussée sur les causes est nécessaire à travers le développement de scénarios de dommages aux forêts. L'estimation monétaire de la valeur de récréation et d'existence de la forêt et plus généralement de la nature n'en est qu'à ses débuts.</p>
Agriculture	<ul style="list-style-type: none"> - dommages issus d'effets de synergie de l'ozone avec d'autres polluants - dommages aux prés, alpages - menace à long terme de la qualité du sol 	<p>Les scénarios de dommages, concentrés sur les plus importantes cultures sensibles à l'ozone, sont bien vérifiés.</p>
Santé	<ul style="list-style-type: none"> - l'augmentation de la mortalité n'est pas éclaircie - uniquement les maladies des voies respiratoires et du cœur ainsi que les troubles circulatoires sont considérés - les allergies, effets de synergie, douleurs, souffrances, etc. ne sont pas pris en considération - seulement les cas de maladie avec interruption de travail ont été pris en compte - valeur des loisirs 	<p>Les valeurs de base pour les estimations proviennent d'Allemagne; ainsi, les effets du SO₂ sont surévalués, ceux du NO_x sous-évalués. La recherche épidémiologique pour la Suisse est en cours.</p>
Bâtiments	<ul style="list-style-type: none"> - dommages à des bâtiments historiques, monuments culturels - dommages à l'intérieur des bâtiments 	<p>L'évaluation (monétaire) des préférences n'est pas clarifiée.</p>
Transport de pétrole, gaz	<ul style="list-style-type: none"> - accident de gaz liquide - explosions locales 	
Climat	<p>La dynamique, l'envergure et les incidences d'une modification climatique ne peuvent vraiment pas encore être appréhendées aujourd'hui.</p>	<p>Les estimations se situent dans une très grande fourchette et sont plutôt spéculatives.</p>
Energie nucléaire (exploitation normale)	<ul style="list-style-type: none"> - morbidité - conséquences psycho-sociales en cas de maladie - répercussions sur la flore et sur la faune - élimination des déchets 	<p>Les effets des dommages à long terme de doses faibles sont controversés. Seulement estimations grossières.</p>
Force hydraulique (exploitation normale)		<p>Des préjudices concrets ne peuvent être estimés qu'au cas par cas. Nécessité de plus de recherche dans le développement de l'évaluation des préférences (valeur de la nature sauvegardée).</p>
Transport de courant	<ul style="list-style-type: none"> - effet sur la santé humaine - préjudice pour flore et faune 	<p>Nécessité de plus de recherche dans le développement de l'évaluation des préférences (dommages au paysage) et des effets sur la santé (champs électromagnétiques).</p>

Tableau 2: Tableau synoptique de l'évaluation de la qualité et de l'intégralité des estimations

2.2 Surcoûts inventoriés du prix de l'énergie calculés en fonction de coûts externes dans le domaine de l'électricité et de la chaleur

Si l'on répartit les coûts externes de la **pollution atmosphérique** sur les émissions de polluants qui en sont à l'origine, on obtient des **suppléments d'émissions** [en francs/kg de polluant atmosphérique]. Si les émissions de polluants atmosphériques spécifiques d'un système énergétique sont connues, les coûts externes de la **pollution atmosphérique** [en francs par kWh d'input énergétique] engendrée par ce système peuvent être calculés à l'aide des suppléments d'émissions.

Suppléments d'émissions:

par kg d'émission annuelle	SO ₂	11,5-26,9 francs/kg
	NO _x	13,8-32,3 francs/kg
en plus pour les émissions en été ⁴ :	NO _{x-SO}	14,3-33,5 francs/kg
	COV _{SO}	12,4-30,7 francs/kg

Les surcoûts inventoriés du prix de l'énergie calculés en fonction des coûts externes (SIPE) montrent le niveau des coûts externes monétarisables des différents agents énergétiques. Ces surcoûts ne dépendent pas uniquement de l'agent énergétique, mais aussi du système énergétique dans lequel les agents énergétiques sont consommés (c'est-à-dire de ses émissions spécifiques, respectivement de ses technologies de combustion et d'assainissement des gaz d'échappements).

Le tableau 3 fournit une vue d'ensemble des augmentations du prix de l'énergie calculées pour différents systèmes de chauffage, ainsi que pour la production et la distribution de courant électrique. Les SIPE estimés se présentent généralement sous la forme de **fourchettes**, afin de tenir compte des incertitudes existantes. La **Variante SIPE 1** se base généralement sur des évaluations des coûts des dommages qui sont cependant problématiques dans le cas de l'effet de serre. C'est pourquoi nous préférons la **Variante SIPE 2** qui estime les coûts externes de l'effet de serre à travers les coûts d'évitement. Afin de clarifier et d'illustrer l'influence des coûts de l'effet de serre, une **Variante SIPE 3**, sans ces derniers, a été isolée.

Pour les systèmes énergétiques de production et distribution de chaleur, les SIPE contiennent aussi les coûts externes qui sont entraînés par le conditionnement des combustibles (précombustion) (effets externes lors de la préparation des agents énergétiques, estimés avec suppléments d'émissions suisses établis dans le cadre de la présente étude). Outre la valeur moyenne de SIPE pour les centrales d'accumulation, au fil de l'eau et nucléaires, pour les usines thermiques, ainsi que pour la distribution, des SIPE résultant de la production mixte de courant des années 1990 et 1991 (en abrégé plus bas: Mix CH 1990-91) sont établis. Les SIPE pour la production 1990-91 sont présentés avec et sans les coûts externes de risques. Les coûts externes d'événements importants, mais extrêmement rares (rupture de barrage, grand accident de centrale nucléaire), sont appréhendés ensuite au moyen de **suppléments de risque** (cf. chapitre 3). Les résultats de ces considérations et estimations de risques figurent dans les «SIPE avec coûts externes de risque» (Mix CH 1990-91).

⁴ NO_{x-SO}: émissions d'oxyde d'azote en été; COV: émissions d'hydrocarbures en été (en raison de la formation d'ozone).

Système énergétique/ agent énergétique	Prix 1992 de l'énergie finale	Surcoûts inventoriés du prix de l'énergie calculé sur la base de		
		Coût du dommage général	Coût du dommage Effet de serre Coûts d'évitement	Coût du dommage, mais sans coûts externes de l'effet de serre
		Variante SIPE 1	Variante SIPE 2	Variante SIPE 3
Gaz naturel	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]
Brûleur à pulvérisation, installation 87, <1 MW	5	1,4 - 27	3,4 - 5,1	0,4 - 0,8
Brûleur atmosphérique 1987, <1 MW	5	1,5 - 27	3,5 - 5,3	0,5 - 1,3
Brûleur à pulvérisation, 1990, <0,1 MW	5	1,4 - 27	3,4 - 5,1	0,4 - 0,8
Brûleur atmosphérique 90, <0,1 MW	5	1,5 - 27	3,5 - 5,3	0,5 - 1,1
Low NO _x 1990, >0,1 MW	5	1,3 - 27	3,4 - 5,0	0,3 - 0,6
Chaufferie industrielle 90, >0,1 MW	5	1,4 - 27	3,5 - 5,2	0,4 - 1,0
Mazout	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]
Installation existante 1987	3,5	2,5 - 39	4,9 - 7,8	1,2 - 2,7
Low NO _x , nouvelle installation 1990	3,5	2,4 - 38	4,9 - 7,6	1,0 - 2,4
Chaudière 1990	3,5	2,4 - 38	4,9 - 7,6	1,0 - 2,4
Industrie MEL-CH 1990	3,5	2,4 - 38	4,9 - 7,6	1,0 - 2,3
Industrie ML 1990	1,7	4,6 - 44	6,0 - 10,3	3,2 - 7,6
Copeaux de bois humide 1990	4,0	1,7 - 3,9	0,9 - 2,1 (*)	1,7 - 3,9
CCF - Gaz 1990	5	1,3 - 27,0	3,4 - 5,1	0,3 - 0,8
Electricité sans coûts du risque	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]
Centrales au fil de l'eau		0,20 - 0,5	0,20 - 0,5	0,20 - 0,5
Centrales d'accumulation		0,50 - 1,4	0,50 - 1,4	0,50 - 1,4
Turbines à vapeur ML		6,7 - 98	12,5 - 19,8	3,2 - 7,5
Turbines à vapeur à gaz		3,7 - 68	8,5 - 12,7	1,2 - 2,9
Centrales nucléaires		0,33 - 3,3	0,6 - 1,4	0,2 - 0,5
Transport/distribution		0,02 - 0,05	0,02 - 0,05	0,02 - 0,05
Electricité Mix CH 90-91	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]	[ct./kWh]
a) sans coûts ext. de risque	14,5	0,5 - 3,8	0,7 - 1,6	0,4 - 1,0
b) avec coûts ext. de risque				
Indications:				
- espérance mathématique	14,5	0,6 - 3,9	0,8 - 1,7	0,5 - 1,1
- écart standard	14,5	2,3 - 17,8	2,5 - 15,6	2,2 - 15,0

*) Le scénario de réduction de CO₂ conduit à de plus petites émissions de polluants atmosphériques et à des coûts moindres.

Tableau 3: Surcoûts inventoriés du prix de l'énergie calculés en fonction des coûts externes (SIPE) en comparaison avec les prix actuels de l'énergie. Trois variantes, avec et sans les suppléments de risque pour les risques d'accident lors de la production d'électricité (Mix CH 1990-1992).

Variante SIPE 1: SIPE sur la base d'estimations de coûts de dommages.

Variante SIPE 2: pour l'effet de serre, les SIPE reposent sur les **coûts d'évitement**; pour les autres domaines, ce sont les coûts des dommages qui sont utilisés (avec la prise en considération de la réduction de la consommation d'énergie suite à une stratégie d'évitement).

Variante SIPE 3: SIPE sur la base d'estimations des coûts des dommages, mais **sans les coûts externes de l'effet de serre**.

2.3 Appréciation des résultats

Les résultats du tableau 3, par définition, ne sont **pas complets**. De nombreux coûts externes d'ordre immatériel ne peuvent pas (encore) être appréhendés et d'autres ne sont pas connus dans la mesure où il subsiste un manque de clarté sur les relations de cause à effet (effets possibles de synergie et d'accumulation, etc.) ou parce que les effets eux-mêmes ne se sont pas encore manifestés. Des **incertitudes** considérables pèsent également sur ces résultats – ce dont rendent compte les fourchettes de chiffres.

Compte tenu à la fois de cette incomplétude et de ces incertitudes, les résultats de l'étude indiquent pour nous une limite inférieure pour les coûts externes et les SIPE. Ils peuvent être considérés comme étant la «pointe» monétaire de «l'iceberg» des coûts externes.

Compte tenu du caractère probabiliste de l'effet de serre, des incertitudes existantes et du fait de l'irréversibilité vraisemblable d'une modification climatique – si elle se réalisait – la **Variante SIPE 2**, qui estime les coûts de l'effet de serre à l'aide de la méthode des coûts d'évitement, devrait être préférée.

Les résultats sont clairs: même cette estimation minimale des coûts externes engendrerait un **doublément (gaz) ou un triplement (huile de chauffage extra-légère) du prix des agents énergétiques fossiles. La prise en compte des coûts externes améliorerait nettement la compétitivité du bois-énergie (en raison des faibles émissions de CO₂); pour sa part, le gaz naturel serait également plus compétitif face à l'huile de chauffage extra-légère**. Pour l'électricité, les résultats établis doivent être interprétés. Les coûts externes sans les risques d'accident se situent dans la Variante SIPE 2 entre 0,7 et 1,6 ct./kWh, c'est-à-dire dans un ordre de grandeur de 5 à 11% des coûts moyens déclarés de 1990. Il faut cependant encore ajouter les coûts externes de risque (cf. chapitre 3) qui dépendent de l'évaluation du risque et de l'attitude des individus face au risque.

Par le biais des surcoûts inventoriés de prix comptabilisés ici, l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur devrait devenir plus chère tandis que, **via les prix relatifs, les techniques permettant d'économiser l'énergie, ainsi que les énergies renouvelables, devraient devenir meilleur marché**. Plus encore, si les coûts externes de production, de distribution, d'installation et de tri des déchets étaient aussi comptabilisés, la capacité concurrentielle des moyens d'économiser l'énergie serait très nettement augmentée (au niveau de l'isolation des façades, dalles, fenêtres, conduits...). En considérant ces mesures sur le plan économique, elles se montrent en partie plus économiques que les solutions conventionnelles sans mesures d'économie d'énergie.

Les coûts «vrais» de l'électricité solaire (installations photovoltaïques) et la chaleur produite à partir de capteurs solaires sont également touchés, quoique de manière faible (+3 à +10%) par le relèvement des prix lié à la production, au transport et à l'installation (SIPE). Néanmoins, même lorsqu'il est tenu compte d'importants surcoûts inventoriés de prix dus aux effets externes dans les systèmes énergétiques conventionnels, la production solaire d'électricité et de chaleur tend à rester non économique.

2.4 Quel est le champ d'application des résultats?

L'objectif de l'étude était d'obtenir des points de repère sur les coûts externes et d'élaborer une base pour l'extension des calculs économiques dans le domaine de l'énergie. Il faut si possible inclure dans ces derniers tous les coûts actuels et futurs, donc également les coûts externes de la pollution, de la consommation des ressources et les risques d'accident. Les relèvements du prix de l'énergie (SIPE) obtenus dans cette étude rendent possibles de nouveaux calculs de rentabilité intégrant pour le moins les coûts externes monétarisés ici. Pour les investissements du secteur public, qui répondent à un objectif d'intérêt général, de même que pour les investisseurs privés soucieux de l'environnement, cet élargissement du calcul économique permet une estimation de la rentabilité économique globale (ou rentabilité macro-économique).

La prise en compte des coûts externes dans les calculs de rentabilité améliore notamment la compétitivité des mesures d'économie d'énergie. Pour les constructions existantes, par exemple, cela permettrait de prendre, dans le cadre de l'assainissement des bâtiments, des mesures supplémentaires de conservation de la chaleur – façades incluses – plus économiques. Durant ces prochaines années, environ 1 million d'habitations construites dans les années de haute conjoncture de 1961–1975 devront être assainies. Beaucoup sont énergétiquement mauvaises. Une partie est aujourd'hui déjà améliorée énergétiquement dans le cadre d'assainissements, malgré le manque de rentabilité. Si les coûts externes sont inclus dans les calculs de rentabilité, cela pourrait déclencher **un volume d'investissement de 1 à 2 milliards de francs par an rien que dans le domaine des assainissements de bâtiments d'habitation.**

L'étude fournit en ce sens une vue d'ensemble des effets externes significatifs et de leurs coûts. A l'aide des relèvements du prix de l'énergie (SIPE) calculés en fonction de ces derniers, elle apporte de nouvelles connaissances qui sont une condition pour la réalisation de mesures de politique énergétique et environnementale; elle peut également servir d'aide dans la préparation de l'argumentation relative à ces mesures et à leur acceptation (taxe CO₂, taxes sur l'énergie ou taxes environnementales).

Les coûts externes monétarisés, respectivement les surcoûts inventoriés du prix de l'énergie ainsi calculés, fournissent une base importante pour une plus large utilisation des rapports coût/bénéfice dans le contexte des mesures de politique énergétique et environnementale (prescriptions, subventions, taxes). **Les SIPE ne peuvent cependant pas être considérés comme des taux optima, ni en termes de structure, ni en termes de niveau absolu.**

3. Evaluation, au titre de coûts externes, des risques d'accident dans la production d'électricité

Alors que les coûts externes de l'approvisionnement énergétique peuvent être établis en fonction d'une certaine permanence de leur part, les coûts externes issus de la production de courant électrique dans les centrales hydrauliques et nucléaires se présentent différemment. Il s'agit ici d'évaluer des événements dont les **conséquences** sont en grande partie connues et quantifiées, mais dont la **survenue** ne peut être approchée qu'en **termes de probabilités**. C'est avant tout le cas des dommages potentiels des grands accidents («worst case»).

3.1 Risques d'accident majeur dans l'exploitation de l'énergie nucléaire

Les accidents dans une centrale nucléaire, qui peuvent libérer de manière plus ou moins importante de la radioactivité, peuvent être déclenchés par divers événements dans l'exploitation du réacteur. La structure fondamentale des analyses de risque montre qu'il y a de nombreux événements amenant des libérations minimales ou négligeables et que leur probabilité est **relativement** élevée. Des grands accidents de fonte du réacteur, dans lesquels l'enceinte du réacteur n'a pas rempli sa fonction et lors desquels une grande quantité d'éléments radioactifs contamine l'environnement n'est pas à exclure, selon ces analyses, mais beaucoup d'experts considèrent la probabilité de tels événements comme **extrêmement faible**.

Les auteurs de la présente étude ont analysé une série de scénarios d'événements possibles avec des libérations différenciées d'éléments radioactifs. Ils ont ensuite estimé les répercussions sur la population potentiellement touchée selon deux cas de figure. Moyennant une analyse de type dose-réponse, il est alors possible de déterminer le nombre de décès à long terme dus au rayonnement.

Ici, nous considérons les accidents avec des doses collectives négligeables et des dommages peu élevés, mais aussi des accidents avec des doses collectives très élevées et un grand nombre de décès à long terme. Cela aboutit à une très large fourchette: les coûts externes se situent entre 4 millions de francs et 2,2 milliards de francs.

Il faut relever que des incertitudes extrêmes subsistent dans ces calculs de dommages et que les paramètres utilisés dans les analyses sont très controversés dans le monde scientifique.

Des incertitudes considérables se trouvent également dans un deuxième type d'opérations de monétarisation: la **probabilité de réalisation** d'un ou de plusieurs cas de dommage susmentionnés. Il est évident qu'une monétarisation conséquente de ces externalités ne peut pas s'arrêter à la détermination du niveau absolu des dommages. Cependant, on constate rapidement qu'en relation avec l'analyse de risques, il est très difficile de trouver un «dénominateur commun» dans l'évaluation monétaire des externalités (coûts des dommages). Dans plusieurs cas, on essaie de tenir compte de la particularité des cas de dommages considérés (la possibilité d'accidents avec des dégâts extrêmes mais une probabilité très faible)

à travers la multiplication des dommages par la probabilité, ce qui donne les **espérances mathématiques**⁵.

Etant donné que la probabilité de très grands accidents de réacteurs nucléaires est considérée comme extrêmement basse (pour le «worst case», la fourchette d'un événement se situe entre 1 et 100 millions d'années d'exploitation), les espérances mathématiques, avec une fourchette se situant entre 250'000 et 34 millions de francs/an, sont faibles.

Bien que ces espérances mathématiques soient considérées, dans plusieurs cas, comme un moyen adéquat pour une évaluation du dommage, celles-ci ne traduisent évidemment pas la vraie mesure des dégâts possibles. Ici, outre l'**espérance mathématique**, il faut considérer dans les calculs la **distribution du dommage**. La statistique fournit ici un instrument appelé écart-type de la distribution des probabilités de certains déroulements standards. Il s'agit d'une mesure qui est capable de montrer «l'étendue moyenne» des dommages possibles autour de l'espérance mathématique.

Ce qui est décisif, c'est comment un individu agissant rationnellement, un groupe de population ou l'ensemble de la société évalue (monétairement) ce risque. En cas de **conscience prononcée du risque**, l'écart-type aurait une plus grande signification. Si les décideurs ne plaçaient qu'un risque moyen sur une multitude d'événements, alors l'écart-type n'aurait pas ou peu de signification. Puisqu'il n'existe pas de travaux empiriques au sujet de ces attitudes face au risque, nous avons établi deux valeurs extrêmes témoins: les coûts externes du risque d'un accident nucléaire en tant qu'espérance mathématique d'une part, et l'écart-type d'autre part.

Ces évaluations du risque sont des valeurs limites **possibles** des attitudes face au risque révélées effectivement par la population suisse. D'autres vérifications et précisions empiriques sont nécessaires.

Coûts externes d'accidents de centrales nucléaires avec:

– cas de l'espérance mathématique	0,3 - 34 mio. de francs/an
– cas de l'écart-type	430 - 6'850 mio. de francs/an

Ces couples de valeurs se rapportent à l'ensemble du parc des centrales nucléaires suisses et à la production annuelle moyenne du parc de centrales nucléaires, cela donne les valeurs suivantes:

– cas de l'espérance mathématique	0,001 - 0,17 ct./kWh
– cas de l'écart-type	1,0 - 31,8 ct./kWh

⁵ Les espérances mathématiques «distribuent», de manière imagée, le dommage sur un très long laps de temps (par exemple sur plusieurs millions d'années d'exploitation), durant lequel le dommage va se réaliser avec une grande certitude.

3.2 Risques d'accident majeur dans l'exploitation de l'énergie hydraulique

Les dommages possibles d'un accident majeur dans des installations d'exploitation de l'énergie hydraulique, tels que rupture d'un barrage, sont multiples et non évaluables de manière définitive. Les accidents majeurs documentés en Europe et ailleurs (ruptures de barrage) soulignent les pertes souvent importantes en vies humaines et en valeurs matérielles. Les dommages en valeurs non matérielles comme les charges sur l'environnement (faune et flore), les monuments, etc. ne figurent pas de manière explicite dans la littérature, mais ils ne sont certainement pas nuls.

Les implications d'accidents majeurs ne sont que difficilement quantifiables:

- L'étendue du dommage d'un accident majeur est déterminée par les conditions-cadre de l'installation (grandeur, localisation, topographie, entretien, mesures de sécurité). En Suisse, il n'existe pas de plans sur les rayons de répercussions géographiques probables d'accidents majeurs des centrales d'accumulation.
- L'évaluation du risque en rapport avec les accidents majeurs des installations d'énergie hydraulique en Suisse n'est pas encore discutée.

Dans le cadre de cette étude, il a ainsi fallu travailler avec des estimations très grossières établies sur la base de la littérature existante.

Le tableau ci-dessous donne une vue d'ensemble de ces estimations grossières. Il faut souligner que ces analyses quantitatives inaugurent un domaine entièrement nouveau. Les indications chiffrées fournissent un premier cadre d'orientation sur l'envergure possible des risques externes d'accident dans l'exploitation de l'énergie hydraulique.

	Centrales d'accumulation	Centrales au fil de l'eau
Coûts externes au sens de l'espérance mathématique du risque d'accident	26 mio. de francs/an	11 mio. de francs/an
Rapportés à la production de courant	0,14 ct./kWh	0,07 ct./kWh
Coûts externes au sens de l'écart-type du risque d'accident	(813 mio. de francs/an) ^{1]}	? ^{2]}
Rapportés à la production de courant	(4,2 ct./kWh) ^{1]}	? ^{2]}

^{1]} Premières estimations grossières (bases empiriques insuffisantes).

^{2]} Les bases existantes ne permettent pas de fournir des valeurs empiriques.

Tableau 4: Coûts externes des risques d'accident des centrales d'accumulation et au fil de l'eau suisses (coûts annuels et coûts rapportés à la production des centrales d'accumulation, resp. des centrales au fil de l'eau). Lors de l'évaluation du risque de centrales d'accumulation, une première estimation au sens de l'écart-type est effectuée en plus de celle au sens de l'espérance mathématique.

4. Comment les coûts externes et les surcoûts inventoriés du prix de l'énergie sont-ils calculés? – Questions de méthodologie

4.1 Qu'est-ce qu'un coût externe?

Les externalités de l'approvisionnement en courant et en chaleur constituent un problème complexe avec de multiples facettes. Du point de vue analytique, l'**identification**, soit la description **qualitative** d'effets externes plausibles est un premier palier plutôt «facile». Plusieurs effets peuvent être perceptibles et il est possible de décrire sur le principe quelques relations de causalité. Ainsi, des connaissances relativement bien vérifiées montrent que certaines émissions de polluants atmosphériques:

- causent des dégâts aux forêts, réduisent la production agricole,
- déclenchent des maladies des voies respiratoires, du cœur et des troubles circulatoires et
- endommagent et souillent les bâtiments.

L'influence de certaines émissions sur l'effet de serre est aussi connue. Les incidences négatives du rayonnement radioactif sont explorées intensément. Cependant, de nombreuses incertitudes se trouvent déjà sur ce premier palier. Ainsi, en particulier les incidences d'accumulations de polluants (l'augmentation graduelle de substances dans l'air et dans le sol, mais aussi à l'intérieur de l'être humain) et les effets de synergie entre ces derniers (préjudices par le mélange d'incidences de différentes substances) ne sont pas connus ou – ce qui est méthodologiquement encore plus problématique – les incidences ne sont encore pas perceptibles jusqu'ici. **En plus** subsistent des problèmes conceptuels et empiriques au niveau de la **mesure** technique/physique des effets externes identifiés qualitativement.

Dans l'ensemble, l'abondance des informations est cependant impressionnante. Dans presque tous les domaines d'expérience de notre vie apparaissent des effets externes des plus différents les uns des autres. Ce sont les dommages matériels et les pertes de production agricole qui sont les plus évidents. Le fait que, dans le domaine de la santé ou par rapport à la diversité des espèces, aucune description qualitative et quantitative précise et complète ne soit disponible ne compromet en aucune manière l'affirmation selon laquelle des dommages considérables sont probables, et ne peuvent donc pas être considérés comme nuls. Par ailleurs, des externalités élevées existent aussi dans le cas du changement climatique global (ou au sujet du risque d'une catastrophe nucléaire, cf. chapitre 3), mais leur envergure reste controversée.

4.2 Concepts pour l'évaluation des coûts externes

Afin de clarifier la compréhension des calculs dans les différents domaines de dommages, il faut préciser qu'il n'existe aucun concept d'évaluation des dommages commun à tous les domaines. Deux procédés fondamentalement différents sont utilisés selon la situation.

– **Détermination des coûts des dommages**

- évaluation immédiate;
- évaluation des préférences (volontés de payer, directes et indirectes).

– **Détermination des coûts d'évitement**

Coûts des dommages

Sur le principe, l'**évaluation immédiate** des dommages est simple. Il s'agit ici par exemple de dommages à des bâtiments et des plantes ou des atteintes à la santé qui sont réversibles ou qui peuvent être annulés par une «prestation de réparation»: le dommage est constitué par les coûts de la réparation⁶ qui, dans les cas les plus simples, incluent aussi un dédommagement – par exemple pour les pertes de revenus mesurables dans l'agriculture et dans l'économie forestière.

Malheureusement, seule une faible partie des externalités peut être saisie à l'aide de cette mesure simple et immédiate des dommages. Il est dans la nature des externalités (qui se réalisent justement parce qu'elles ne sont pas prises en compte par le marché) que la plus grande partie de ce phénomène ne puisse pas faire l'objet d'une évaluation **simple**, puisqu'elles n'ont pas de prix du marché. Tous les dommages **non matériels** et **irréversibles** appartiennent à ce groupe d'externalités. Il s'agit par exemple de pertes en vies humaines, de la disparition d'espèces dans la flore et la faune, de la valeur de récréation de paysages naturels. L'évaluation du **risque** d'accidents nucléaires majeurs (pas l'évaluation monétaire du dommage lui-même) fait aussi partie de cette sphère. Ce sont des catégories de dommages dont la détermination empirique est la plus difficile, mais qui représentent en même temps probablement la plus grande partie des externalités à prendre en compte.

Dans de telles situations, il est possible d'utiliser des méthodes qui dérivent des grandeurs monétaires pour les dommages en question à partir des préférences des personnes concernées. Le dommage mesurable économiquement est déterminé par la valeur attribuée aux biens touchés par des effets externes. Cette valeur peut être appréhendée à travers la volonté de payer des personnes concernées par ces biens, soit par l'estimation d'un «prix fictif» de la non-réalisation du dommage.

Coûts d'évitement

Les problèmes importants dans la détermination des coûts des dommages ont eu comme conséquence le fait que la communauté scientifique a souvent recommandé d'y renoncer et de définir la monétarisation de l'effet externe à l'aide des coûts d'évitement de cet effet par des mesures préventives.

Il est clair que cette analyse par le coût d'évitement ne tient pas du tout compte du niveau des dommages qui doivent être évités par la mesure en question. Il n'y a donc pas à proprement parler d'ajustement entre les coûts des dommages et d'évitement (dans le sens d'une optimisation globale). Toutefois, une comparaison est possible dans quelques domaines de dommages même sans la quantification monétaire des dommages. C'est le cas lorsqu'il est

⁶ Réversible indique ici la possibilité, en principe, d'un retour à l'état initial: par exemple, l'arbre mort est remplacé (réversibilité de la fonction) tandis que le dépérissement est en lui-même irréversible.

justifié de penser que le **dommage est dans tous les cas supérieur** aux coûts d'évitement (dans ce cas il est judicieux de donner les coûts d'évitement attendus comme des coûts minima; l'inverse est vrai si le niveau exact du dommage, bien que non connu, est inférieur aux coûts d'évitement).

4.3 Et les bénéfices externes?

L'énergie est un préalable essentiel à notre bien-être. Ainsi, il est souvent postulé que les bénéfices externes de l'énergie sont eux aussi très élevés, car la croissance de la productivité et le développement économique ne seraient guère possibles sans utilisation de l'énergie. Cette représentation des bénéfices externes repose sur un malentendu. Les bénéfices ne sont externes que lorsqu'ils ne sont pas parties prenantes dans le marché, c'est-à-dire lorsque les offreurs de ce transfert d'utilité ne sont pas dédommagés de manière adéquate. Dans le domaine de l'énergie, il n'y a toutefois guère de bénéfices externes pour la production desquels les offreurs respectifs devraient être dédommagés (exemple possible: les lacs artificiels peuvent réguler et retenir l'écoulement des eaux en cas d'inondations; pour ce bénéfice, les exploitants n'obtiennent généralement aucun dédommagement, il est donc externe). Le bénéfice que produisent la production et la consommation d'énergie est chaque fois pris en compte dans les décisions individuelles de production ou de consommation. Ces bénéfices sont donc intégrés dans les décisions individuelles de rentabilité des offreurs et des demandeurs d'énergie. A l'inverse de ce qui se passe pour les coûts externes, il y a pour les bénéfices, du côté des offreurs et des demandeurs d'énergie, un intérêt à internaliser les bénéfices de l'énergie. Il est par conséquent très difficile de trouver dans le domaine énergétique ne fut-ce qu'un seul exemple de bénéfice externe pour lequel il serait approprié de corriger le prix afin que soit produite ou consommée la quantité d'énergie optimale du point de vue global (cf. exemple des lacs d'accumulation).

4.4 Des coûts externes de l'approvisionnement énergétique aux surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur

L'objectif de l'étude était l'élaboration de surcoûts inventoriés du prix de l'énergie qui correspondent aux coûts externes (SIPE) dans les domaines de l'électricité et de la chaleur et qui puissent être utilisés pour un **élargissement des calculs de rentabilité**. Les coûts externes spécifiques (francs/kWh) qui sont engendrés par un système énergétique concret dépendent de l'agent énergétique utilisé et des émissions de polluants atmosphériques du système. Ces dernières sont déterminées par les technologies de combustion et d'assainissement des gaz d'échappement du système énergétique concerné. A partir des coûts totaux externes de la pollution atmosphérique, des **suppléments d'émissions** (francs/kg de polluant) pour les polluants atmosphériques (SO₂, NO_x, COV en été, NO_x en été) ont été élaborés. **Il est admis pour cela que les dommages ne sont causés que par les quantités d'émissions qui dépassent les objectifs d'émissions de la stratégie de protection de l'air de la Confédération**. Etant donné que les coûts externes de la pollution atmosphérique ne sont pas répartis sur toutes les émissions, mais seulement sur celles (dommageables) qui dépassent les valeurs limites, on obtient des **SIPE marginaux**. Ces derniers sont plus élevés que les coûts externes spécifiques moyens (coûts externes/émissions

totales). Des facteurs de toxicité permettent de prendre en considération la nocivité relative des différentes émissions dépassant les valeurs limites sur l'homme, les constructions et la végétation.

Les incidences d'émissions de polluants atmosphériques dépendent par ailleurs de la situation des sources d'émissions et des conditions locales qui déterminent les immissions. En été, par exemple, les émissions d'hydrocarbures et d'oxyde d'azote sont co-responsables de la formation d'ozone et des atteintes qui en résultent. En hiver, en revanche, il n'y a pas de problème avec l'ozone. Les différentes incidences saisonnières des dommages des émissions d'hydrocarbures et d'oxyde d'azote sont prises en considération. D'autres différenciations régionales et temporelles ne sont pas possibles sur la base des données disponibles (l'étude traite encore d'une variante SIPE pour les régions rurales, pour lesquelles on ne compte pas d'atteintes à la santé et aux bâtiments).

A partir des suppléments d'émissions et des émissions spécifiques de polluants par système énergétique (kg de polluant par TJ d'input énergétique), on obtient la part de SIPE qui dépend du polluant atmosphérique. Les autres coûts externes (effet de serre, accidents, externalités de la production et de la distribution de courant électrique) sont rapportés chaque fois directement aux agents énergétiques qui en sont à l'origine. Pour ceux-ci, les suppléments du prix de l'énergie dépendent uniquement de l'agent énergétique et non du système énergétique.

4.5 Quel est le degré de précision souhaitable?

Les fourchettes indiquées pour les coûts externes et pour les **SIPE** montrent l'incertitude des scénarios de dommages admis, des hypothèses de calcul et de diverses données de base. Une estimation «exacte» des coûts externes est impossible et le restera. Les résultats sont cependant assez précis pour signaler une **limite inférieure** scientifiquement démontrable des coûts externes.

A notre avis, les résultats peuvent ainsi être utilisés dans les calculs de rentabilité élargis et dans les discussions de politique énergétique et environnementale. Des exigences méthodologiques démesurées, des preuves de causalités et des prétentions d'exactitude ne sont pas appropriées dans le domaine des coûts externes. Les distorsions actuelles dues à l'absence de prise en considération des coûts externes sont trop fortes. L'intégration de ces derniers est un pas dans la bonne direction, ce qui engendrerait une certaine décharge de l'environnement et irait en direction d'une croissance durable. L'environnement n'est pas un bien reproductible à volonté, qui peut être consommé puis reproduit. Avec les incidences maintenant partout reconnues et – du moins sur le principe – acceptées, les bases élaborées dans cette étude montrent avec assez de précision la direction à prendre pour des améliorations de politique énergétique et environnementale. Si ces coûts externes ne sont pas inclus dans les réflexions de rentabilité, cela signifie qu'on ne leur attribue aucune valeur. Ceci amène une évaluation qui est certainement fautive, qui engendre une mauvaise allocation des ressources, c'est-à-dire une utilisation non rationnelle de l'environnement.

5. Remarques finales, perspectives

Dans le cadre d'ENERGIE 2000, l'Office fédéral des constructions a l'intention d'intégrer les surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans ses décisions d'investissement. Dans le programme d'action PACER, les calculs de rentabilité utilisés dans les cours et les publications vont être élargis en fonction des coûts externes monétarisables, c'est-à-dire les SIPE. Par ailleurs, les formations PACER correspondantes vont rendre l'utilisation des calculs de rentabilité élargis plus accessibles aux investisseurs comme aux décideurs.

Les informations et les résultats livrés par cette étude – aussi nouveaux et concrets qu'ils soient – ne suffisent cependant pas pour marquer définitivement l'avance sur le chemin des décisions macro-économiquement et écologiquement rationnelles. Des informations sont certes disponibles, mais il manque encore l'incitation monétaire pour les investisseurs (privés). La taxe CO₂, que le Conseil fédéral a mise en consultation, représente un tel instrument incitatif, même si les niveaux de taxe discutés actuellement semblent encore trop bas par rapport aux résultats obtenus ici.

L'étude signale également quelques lacunes de connaissances et de recherche, qui devraient être comblées dans l'intérêt de la politique de l'environnement et de l'énergie, et qui sont présentées ci-dessous:

- Les externalités de l'exploitation de l'énergie hydraulique n'ont pu être quantifiées que très imparfaitement. Les données nécessaires manquent encore dans une large mesure et n'ont pas pu être élaborées dans le cadre de cette étude.
- La question des risques d'accidents majeurs dans les centrales hydrauliques et nucléaires nécessite un approfondissement. Tout d'abord, il s'agit ici de déterminer les risques pour lesquels il n'existe, en particulier pour les centrales hydrauliques, quasiment pas de données fondamentales pour la Suisse (incidences, analyses de risque). En outre, pour les risques avec une probabilité de réalisation extrêmement faible et des incidences très fortes (et incertaines), il s'agit aussi d'évaluer les risques (évaluation précise des préférences des individus face au risque).
- L'effet de serre engendre l'élément de coût externe le plus important. Les prévisions climatiques sont encore incertaines et vont le rester dans le futur proche. Nous considérons – comme cela a déjà été mentionné – l'adoption d'un objectif «politique» de réduction de CO₂ comme le procédé adéquat dans la situation de risque donnée. Les coûts d'évitement ont été calculés ici de manière tout à fait statique car on n'en sait pas beaucoup plus sur les futures technologies de substitution que ce qui existe actuellement. Il serait intéressant d'élaborer une estimation des coûts d'évitement dans le temps, par exemple avec une perspective technologique jusqu'à l'an 2025 (et en se basant sur les trends de développement du passé). Finalement, la thématique des externalités, respectivement des coûts externes, doit être rendue accessible au public intéressé sous une forme adéquate.

Annexe:
Rapports sur le projet «Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur»

Dans le cadre du projet, les rapports en langue allemande suivants ont été élaborés; ils peuvent être commandés à l'Office central fédéral des imprimés et du matériel, OCFIM/EDMZ, 3000 Berne:

Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge für den Strom- und Wärmebereich

Pour la première fois, les coûts externes du courant et de la chaleur, tellement discutés, ont été estimés pour la Suisse (Rapport de synthèse, 1994). INFRAS/PROGNOS sur mandat de l'Office fédéral des questions conjoncturelles, de l'Office fédéral de l'énergie et de l'Office des constructions fédérales.

1994, N° de commande 724.270 d, Fr. 36.–

Externe Kosten von Luftverschmutzung und staatlichen Leistungen im Wärmebereich

Rapport partiel 1 du projet «Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur des bâtiments en Suisse». Auteurs: Walter Ott, Reto Dettli, Jürg Heldstab, Barbara Jäggin, Anita Sigg, Saskia Willemse, Heidi Ramseier, Margrit Schaal

1994, N° de commande 724.270.1 d, Fr. 13.–

Die externen Kosten der Stromerzeugung aus Kernenergie

Rapport partiel 2 du projet «Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur des bâtiments en Suisse». Auteurs: Klaus P. Masuhr, Thomas Oczipka

1994, N° 724.270.2 d, Fr. 10.–

Externe Kosten der fossilen Ressourcennutzung im Wärmebereich

Rapport partiel 3 du projet «Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur des bâtiments en Suisse». Auteurs: Walter Ott, Reto Dettli, Barbara Jäggin, Heidi Ramseier

1994, N° de commande 724.270.3 d, Fr. 8.–

Die externen Kosten der Stromerzeugung aus Wasserkraft

Rapport partiel 4 du projet «Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur des bâtiments en Suisse». Auteurs: Klaus P. Masuhr, Inge Weidig, Wolfgang Tautschnig

1994, N° de commande 724.270.4 d, Fr. 6.–

Die externen Kosten der Uebertragung und Verteilung von Elektrizität

Rapport partiel 5 du projet «Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur des bâtiments en Suisse». Auteur: Reinhard Schüssler
1994, N° de commande 724.270.5 d, Fr. 5.–

Externe Kosten von Photovoltaik-Anlagen, Sonnenkollektoren, Fenstern und Wärmedämmstoffen

Rapport partiel 6 du projet «Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur des bâtiments en Suisse». Auteurs: Walter Ott, Peter Koch
1994, N° de commande 724.270.6 d, Fr. 9.–

Externe Kosten und kalkulatorische Energiepreiszuschläge

Version abrégée du rapport de synthèse
1994, N° de commande 724.270.7 d, gratuit

Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur

Version abrégée du rapport de synthèse
1994, N° de commande 724.270.7 f, gratuit