

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 78 (1987)

Heft: 2

Artikel: Energie et environnement

Autor: Suter, P.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-903808>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

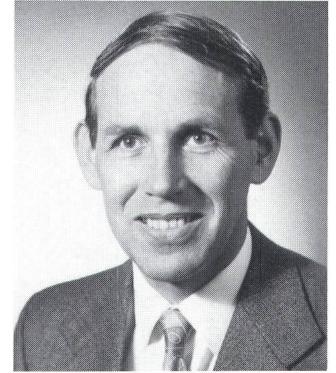
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Energie et environnement

P. Suter



Lors de la Conférence mondiale de l'énergie, les rapports de deux groupes de travail de la CME ainsi que de nombreux exposés présentés à diverses sessions étaient consacrés aux problèmes écologiques. Alors que des tendances positives sont enregistrées à propos p.ex. de l'évolution de la consommation et de la substitution, diverses observations relevées dans le cadre de l'environnement restent préoccupantes. Le danger des modifications climatiques dues à l'effet de serre fait particulièrement ressortir ce fait. Une politique de l'environnement efficace se voit donc confrontée à de nombreux problèmes non encore résolus.

Globalité des problèmes écologiques

De nombreux problèmes écologiques concernant tous les secteurs vivants et inanimés de l'environnement ainsi que la santé même de l'homme sont liés à l'utilisation des énergies (fig. 1). Il ressort en outre fort bien de la figure 2 que le nombre des polluants, des émissaires et des conséquences possibles est très élevé. Du fait que les processus mis en route par l'être humain atteignent ou excèdent déjà l'ordre de grandeur de ceux qui naissent naturellement (fig. 3), il est

tout simplement impossible de nier la globalité du problème. Certains flux de substances causés par l'homme sont, comparés aux réservoirs naturels disponibles dans le sol, l'eau ou l'atmosphère, tels que ces derniers subiront une forte modification à relativement brève échéance.

C'est ainsi à propos p.ex. du réservoir de «CO₂ dans l'atmosphère», essentiel à tout organisme vivant, animal ou végétal, mais aussi à la décomposition, que la production annuelle de matière gazeuse représente actuellement environ un centième de la teneur du réservoir. Il s'en est suivi que de-

Figure 1
Incidences possibles des polluants

CME 1986

Incidence sur	
le sol	la flore la faune les hommes { <ul style="list-style-type: none"> - bruit - maladie aiguë - maladie chronique - atteinte héréditaire - aspect du paysage
l'eau	
l'air	
le climat	
les bâtiments	
sphère abiotique	biosphère

Figure 2
10 groupes principaux de polluants atmosphériques en rapport avec l'énergie

CME 1986

10 groupes de polluants atmosphériques	Sources anthropogènes
SO ₂ et sulfates NOX	Combustion de charbon Moteurs, centrales thermiques
Carbures d'hydrogène Ozone, oxydants	Diesel, bois, gaz Produits secondaires du NOX, etc.
CO ₂ Aérosols Métaux lourds Fréons Dioxyne et furanes Radionuclides	Combustibles fossiles Charbon, ordures, bois Ordures Vaporisateurs (bombes) Ordures Energie nucléaire, charbon

Adresse de l'auteur

Professeur Dr Peter Suter, Institut für Energietechnik, Ecole polytechnique fédérale à Zurich, 8092 Zurich

Substance	Capacité du réservoir kmol		Production annuelle kmol/a	
			naturelle	anthropogène
CO ₂	Biosphère	1 · 10 ¹⁴	} 0,15 · 10 ¹¹	4 · 10 ¹¹
	Air	5 · 10 ¹³		
	Mer	3 · 10 ¹⁵		
SO ₂	Air	2 · 10 ⁷	1 · 10 ⁹	2 · 10 ⁹

Figure 3 Bilan des sources de CO₂ naturelles et anthropogènes

CME 1986

puis la période préindustrielle, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est passée d'environ 260 ppm à 335 ppm et qu'elle augmente actuellement de quelque 1,5 ppm par an; à relever que les rejets de CO₂ produits par l'être humain croissent continuellement (le taux de hausse atteint actuellement env. 4% par an, ce qui signifie donc un taux doublé en 17 ans; ces 60 prochaines années, le taux de hausse risque de s'élever en moyenne de 1 à 3%, selon la croissance démographique et l'évolution de la consommation d'énergie).

L'impact de l'effet de serre dû à la hausse de teneur de CO₂ sur le climat est encore aggravé par le fait que d'autres «gaz de serre» agissent de manière identique (fig. 4). Il semble en effet possible qu'un certain réchauffement global, bien que pouvant être apprécié

dans certaines régions, puisse toutefois nuire à des centaines de millions d'êtres humains dans d'autres régions. Le changement global de climat représente donc, avec la détérioration du sol, le problème écologique le plus grave.

Relation de cause à effet encore partiellement mal connue

Au sujet des conséquences des immissions des polluants, les relations de cause à effet ne sont pas encore connues dans d'importants cas (voir fig. 5).

Il est nécessaire de relever ici certains aspects importants:

- Comme présenté dans la figure 6, il est à distinguer
 - si l'effet d'une source sur une

zone définie est limité, ceci équivaut à une distance de transfert plutôt courte (moins de 100 km); dans ce cas, il s'agit avant tout d'un problème national. Il est donc indiqué d'opérer avec des *valeurs limites de concentration sur le lieu de l'action*, c.-à-d. à hauteur du sol (immission),

- si un transfert à grande échelle crée un problème international, il est absolument nécessaire de limiter les *émissions de la source*; une simple raréfaction par de plus hautes cheminées semble alors certainement inutile.

- La dose supplémentaire agissant sur les êtres humains, les animaux, les plantes, les bâtiments doit toujours être mise en relation avec la dose naturelle et ses variations.
- Une substance toxique n'agit pas uniquement comme poison sur l'environnement (d'après Paracelsus, toute substance peut, selon la dose, être toxique), mais elle peut aussi modifier les conditions écologiques, car les acteurs d'un biosystème vivent et disparaissent suivant un «équilibre» dynamique fort subtil.
- La grandeur des effets que l'être humain peut supporter résulte en général d'une décision inconsciente; un certain dommage est accepté et, dans ce cas, des facteurs psychiques et émotionnels jouent un grand rôle. A ce propos, il est souvent oublié que diverses matières peuvent être la cause p.ex. du cancer et que ces mêmes matières proviennent éventuellement de la nature, mais aussi de divers processus énergétiques.
- Une grande obscurité demeure encore à propos de l'effet des petites doses additionnelles sur un grand nombre de personnes; la supposition d'une relation linéaire est, en raison des effets d'autoguérison et des valeurs seuils, pour ainsi dire toujours juste.

Source	Substance	Effet de serre
Tout agent énergétique fossile	CO ₂	~ 45%
Economie gazière	CH ₄	} ~ 45%
Vaporisateurs (bombes)	Fréons	
Diesel, charbon, bois	Carbures d'hydrogène	
Charbon, bois	Aérosols	~ 10%

Figure 4 Substances contribuant à l'effet de serre

CME 1986

Exemples d'enchaînements causes-effets	
Connus	Incertains
Métaux lourds - santé	Dommages causés aux forêts
Radioactivité - santé (forte dose)	
Agents acides - atteinte aux matériaux de construction	
	Radioactivité - santé (faible dose)
	Effet de serre

Figure 5 Enchaînements causes-effets élucidés et non élucidés

CME 1986

Distance de transfert (exemples)	
faible	Bruit NOX en tant que smog Radon
moyenne	Photo-oxydants (NOX)
grande	Pluies acides Gaz de serre (climat) Certains radionuclides

Figure 6 Exemples de polluants et de leur distance de transfert

CME 1986

Situation concernant certains problèmes précis

- Outre le CO₂ qui se dégage lors de la combustion de combustibles fossiles, le méthane joue aussi un rôle important dans les changements de climat déjà mentionnés suite à l'effet de serre. De nombreux gisements de pétrole et de gaz naturel en libèrent encore d'énormes quantités.
- Au sujet de l'acidification de l'eau et du sol («pluies acides»), les rejets du SO₂ ont eu tendance jusqu'à présent à diminuer dans le monde entier; il faut ajouter que la forte diminution – antérieure ou simultanée – des émissions de particules de fumées et de gaz (le plus souvent alcalines) a malgré tout entraîné une augmentation de l'effet d'acidification. Si, à l'avenir, du charbon de mauvaise qualité (désulfuration insuffisante) venait à être brûlé en quantités plus importantes, le problème s'aggraverait rapidement.
- L'émission de photo-oxydants tels que les carbures d'hydrogènes ou les oxydes nitriques (effet sur l'homme et les plantes, aspect partiel du «dépérissement des forêts») se développe fortement dans le monde entier, émission due notamment aux moteurs à combustion et aux centrales au charbon; l'introduction de procédures techniques – en soi actuellement à disposition – pour réduire considérablement les émissions de ces substances toxiques n'avance que fort péniblement.
- Il en va de même pour l'émission de carbures d'hydrogène cancérigènes (provenant de la combustion du bois ou des moteurs Diesel) qui augmente dans le monde entier.
- Toutes les études sérieuses montrent que la «mort des forêts» est fortement liée à la pollution atmosphérique et qu'elle ne dépend absolument pas de la radioactivité.

Limitation des polluants

Il est un fait que la limitation des polluants

- a réussi d'autant mieux que l'individu se sentait plus affecté, que ce soit par la vue ou l'odorat (voir p.ex. la pollution des eaux),
- a réussi d'autant moins bien que l'individu est à l'origine du problème (trafic individuel).

C'est ainsi que dans la technique des centrales des pays industrialisés, le dépoussiérage, la désulfurisation et la dénitrurisation sont intégrés dans l'équipement et constituent de ce fait un important facteur de coût. Il existe toutefois des différences encore très importantes suivant les pays, la qualité du combustible, le type d'installation et l'âge du parc des installations. Les mesures de limitation des polluants pouvant parfois aussi soulever de nouveaux problèmes écologiques (décharges, etc.), il paraît donc indispensable de tenir compte de toute la chaîne que constitue un processus.

En raison de la teneur en soufre réduite des combustibles, une amélioration est observée dans la technique du chauffage domestique décentralisé des pays industrialisés. Et ceci contrairement aux autres régions, où une aggravation a pu être constatée, notamment en rapport avec la croissance démographique (l'appauvrissement entraîne une baisse continue de la qualité des combustibles et des installations, la forêt est détruite en raison d'une utilisation excessive, et les véhicules à moteur, bien qu'étant dans un état catastrophique, sont malgré tout en nombre relativement élevé).

Selon les connaissances actuelles, la seule limitation des polluants sans effets secondaires apporte:

- des économies d'énergie grâce à de meilleurs appareils, de meilleures conceptions d'installations ou une meilleure exploitation,
- une amélioration de la technique énergétique empêchant tout dégagement de substances toxiques (les combustibles dégagent néanmoins à chaque fois du CO₂,
- l'utilisation d'énergie renouvelable, p.ex. de biomasse, pour autant que la technique d'utilisation soit exempte de polluants,
- une éventuelle utilisation future de l'hydrogène, mais, dans ce cas, la fabrication devra être compatible avec l'environnement,
- une technique nucléaire sans accident.

Stratégies et politique de l'environnement

En général, la prise en considération des coûts sociaux (coûts de l'environnement) dans l'économie énergétique n'a pu se faire jusqu'à présent que par le biais de la fixation de valeurs limites. A ce propos, des principes fort différents ont toutefois été

appliqués, variant de pays en pays ou de système énergétique en système énergétique, empêchant ainsi toute comparaison écologique, et encore plus économique, des diverses options, ainsi que p.ex:

- limite = mesure économiquement supportable
- limite = mesure techniquement réalisable (ALARA)
- limite = fraction de l'immission naturelle
- limite = mesure exigée du point de vue écologique et de la santé.

La figure 7 montre de manière exemplaire quelques différences frappantes.

Le quatrième principe est le seul paraissant pour ainsi dire judicieux à long terme. Il suppose toutefois la quantification des relations de cause à effet, ce pour quoi d'énormes efforts de recherche sont encore nécessaires.

Il semble tout à fait utile d'examiner s'il est possible de réaliser la prise en compte des coûts sociaux autrement que par la fixation de limites maximales, p.ex. par un système de bonus pour des valeurs inférieures aux limites, et ainsi encourager un comportement respectant l'environnement.

Que faut-il cependant faire dans les nombreux cas où les relations de cause à effet ne sont même pas définies du point de vue qualitatif? Ici, il faut veiller à appliquer au moins une stratégie minimale afin d'éviter tout «emballage» du système écologique. Dans ce cas, il est clair que d'une part les constantes de temps du système écologique et, d'autre part, celles du système «économie énergétique» sont d'une importance capitale; à relever pour ces dernières qu'il faut également tenir compte du temps nécessaire à la recherche.

En ce qui concerne la comparaison de divers systèmes énergétiques pour une même utilisation, comparaison importante du point de vue de la politique énergétique, une méthode satisfaisante pour le décompte mutuel des divers effets (p.ex irradiation radioactive, variations climatiques, acidification du sol) n'est toujours pas sur le point d'être trouvée. Ici il est clair que, probablement pour encore longtemps, seule une décision politique peut être prise, décision qui demande toutefois que les conséquences économiques et sociales soient présentées de manière transparente. Seulement dans le cas où la même énergie primaire devrait servir à cette même utilisation, il est possible de nos jours d'établir la règle selon laquelle le détour par l'agent éner-

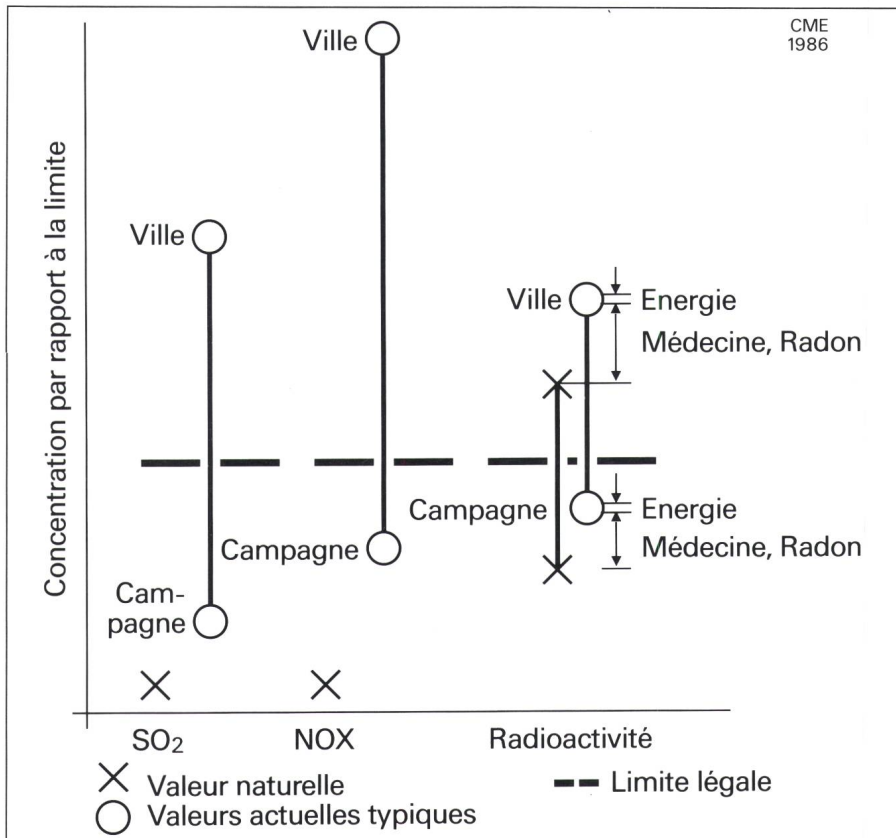


Figure 7 Exemples des différences entre les limites fixées pour diverses classes de polluants (Suisse)

gétique intermédiaire qu'est «l'électricité» apporte globalement une amélioration dans la protection de l'environnement, notamment pour les problèmes d'environnement qui ont une distance de transfert plutôt courte. Des résultats préliminaires ont été présentés dans ce contexte lors de la Conférence mondiale de l'énergie 1986.

Perspectives d'avenir

La Conférence mondiale de l'énergie 1986 a montré que la communauté mondiale de l'énergie prend les problèmes écologiques au sérieux. Deux séances ont été consacrées à ce thème. Deux groupes de travail de cette Conférence mondiale de l'énergie ont présenté leurs résultats provisoires et ont recueilli les suggestions des participants du congrès pour le travail futur. De nombreux exposés proposés lors d'autres sessions ont également traité, entre autres, des problèmes écologiques.

Il est en outre permis de remarquer que l'utilisation de l'énergie, bien que créant des problèmes écologiques, peut aussi améliorer l'environnement et la qualité de vie et qu'il existe, en plus de ce problème écologique, d'autres problèmes importants comme la faim, les maladies et les épidémies, le

chômage, la répression, les régimes de terreur, problèmes dont la solution exige aussi de l'énergie.

Il existe néanmoins certaines observations qui, sur la scène énergétique, sont très préoccupantes:

- La discussion sur l'énergie nucléaire («Abandon après Tchernobyl») domine dans l'opinion publique; d'autres problèmes bien plus graves, comme les dommages causés par la pollution atmosphérique aux forêts, sont pour ainsi dire oubliés ou n'ont aucune chance de pousser la population à agir, comme p.ex. le problème des modifications climatiques dues à l'utilisation des combustibles fossiles. Il est permis de se demander si les principes de base du succès journalistique sont effectivement compatibles avec l'objectif de la prise de conscience des problèmes écologiques à plus long terme.
- Les constantes de temps des problèmes «forêt/dommages causés au sol» et «effet de serre» sont éventuellement plus brèves que celles du système «économie énergétique». Dans ce cas, un «emballement» du système écologique serait donc déjà par avance programmé.
- Une lutte acharnée due à l'offre ex-

cessive et à la chute des prix déchire le marché de l'énergie:

- tous les agents énergétiques fossiles contre l'énergie nucléaire,
- tous les agents énergétiques de réseau contre les autres,
- charbon contre pétrole contre gaz.

Dans cette situation, le danger est grand que les aspects écologiques prépondérants, qui en général occasionnent encore des frais supplémentaires, ne soient que fort peu pris en considération ces 10 prochaines années.

- Certains pays industrialisés (p.ex. la Grèce, l'Italie), mais à plus forte raison les pays-seuils ou en voie de développement, exigent le droit à des normes d'émissions moins sévères, et ce aussi pour des polluants ayant une grande distance de transfert; ils l'expliquent par leur situation économique ou sociale plus difficile. Outre le niveau inférieur des coûts de la main d'œuvre, une impulsion nouvelle serait ainsi donnée au déplacement des centres de production dans ces pays. Ceci entraînerait toutefois inévitablement un nouveau renforcement des limites, en soi nécessaire, dans les pays hautement industrialisés et aboutirait de ce fait à une aggravation.

Il est malgré tout nécessaire de chercher à conjurer les graves dangers écologiques en

- rendant les économies d'énergie attractives,
- persévérant pour obtenir que les postulats écologiques de même que la prise en compte des coûts sociaux soient réalisés par étapes dans l'économie énergétique; dans ce cas, il importe d'appliquer la même méthodologie à tous les agents énergétiques,
- s'efforçant d'élucider soigneusement les relations de cause à effet, tout en tenant compte des influences secondaires, afin que les interventions puissent se faire là où le meilleur effet d'amélioration est attendu,
- développant de nouveaux procédés de la technique énergétique, procédés dégageant, à des coûts avantageux, moins de polluants,
- rendant possible le respect des limites grâce à de meilleurs appareils de contrôle (émettomètres). Les techniques de détection, de communication et d'information devraient offrir à ce propos des possibilités encore inexploitées.