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: 77 (1986)

Heft: 22

Artikel: Impact des combustions sur le climat

Autor: Junod, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904300

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: 09.12.2025

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

Impact des combustions sur le climat

A. Junod

Le réchauffement, de l'ordre de 1,5 à 4,5 °C, de la température moyenne de l'air à la surface terrestre et le relèvement du niveau des mers de l'ordre de 0,2 à 1,4 m sont les résultats des derniers calculs sur modèle de simulation relatifs à l'effet de serre global. Il se peut que ses conséquences (comme p.ex. une sécheresse plus fréquente dans certaines régions), qui ne se perçoivent que progressivement et uniquement à long terme, contribuent à n'intéresser que faiblement le public à ce problème, ce qui ne change toutefois rien à son importance.

Steigerung der mittleren Temperatur an der Erdoberfläche um 1,5–4,5 °C, Anstieg des Meeresspiegels um 0,2–1,4 m – dies sind die Ergebnisse der modernsten Modellrechnungen über den globalen Treibhauseffekt. Dass dessen Folgen, z.B. zunehmende Trockenheit in verschiedenen Regionen, nur allmählich und erst langfristig zu spüren sind, mag dazu beitragen, dass dieses Problem in der Öffentlichkeit bisher wenig beachtet wurde, ändert aber nichts an seiner Tragweite.

Exposé présenté à l'Assemblée générale de la Fédération romande pour l'énergie (FRE), le 29 mai 1986.

Adresse de l'auteur
André Junod, Directeur de l'Institut suisse de météorologie, Krähbühlstrasse 58, 8044 Zurich

1. Introduction

Diverses activités humaines, et en particulier celles qui font appel à des combustions, donnent lieu à des émissions de substances chimiques dans l'atmosphère, produisant deux sortes d'effets:

- des effets directs sur les hommes, les animaux et les plantes par le truchement de polluants primaires tels que le SO_2, les NO_x et des polluants secondaires résultant des transformations physico-chimiques dans l'atmosphère (*smog*, pluies acides);
- des effets indirects par modification des conditions de vie; il s'agit essentiellement de l'influence sur le climat de gaz (CO_2, méthane) et de particules altérant le bilan énergétique naturel de l'atmosphère.

2. Notions de climat

Dans l'esprit de beaucoup de gens, le climat représente l'aspect à long terme du temps qu'il fait. Les définitions primitives du climat, limitées aux conditions atmosphériques, apparaissent actuellement comme insuffisantes. Pour saisir dans toute sa complexité la notion de climat, on considère aujourd'hui le *système climatique couplé* (fig. 1) atmosphère – hydrosphère – cryosphère – lithosphère – biomasse. Chacune de ces composantes possède des propriétés caractéristiques; ainsi l'atmosphère est de loin la partie la plus variable du système.

Dans chacune des composantes du système climatique interviennent des *processus physiques* tels que des circulations, des changements de phase, des échanges thermiques.

A l'échelle du globe, les constantes de temps de ces processus vont du mois, pour l'atmosphère, à plusieurs siècles, pour les profondeurs océaniques, voire de nombreux millénaires, pour les calottes glaciaires. Un processus d'importance primordiale pour les

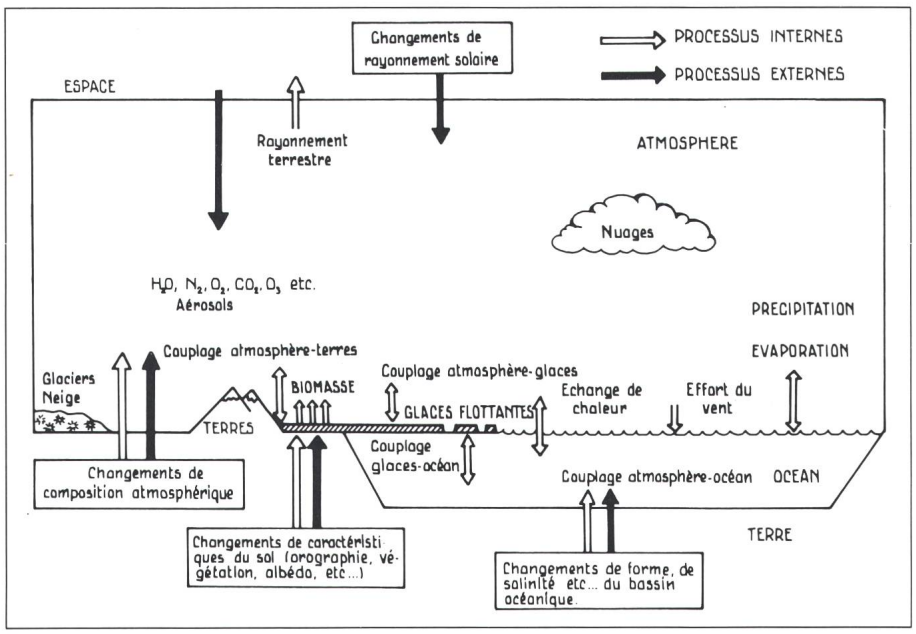

Fig. 1 **Système climatique couplé atmosphère, océans, glaces, terres, biomasse**

circulations atmosphérique et océanique est l'apport de chaleur au système, la source ultime étant le rayonnement solaire incident.

Les études modernes du climat reposent sur la notion d'*état climatique,* qui est défini comme la moyenne, accompagnée d'autres produits statistiques, d'un jeu complet de variables atmosphériques, hydrosphériques et cryosphériques, prise sur un intervalle de temps donné, dans un domaine spatial donné. L'intervalle de temps choisi sera considérablement plus long que la durée de vie des systèmes de temps individuels (de plusieurs jours pour les anticyclones, par exemple), et plus long que la limite «théorique» au-delà de laquelle le comportement de l'atmosphère ne peut être prédit localement (de l'ordre du mois). A partir de cette définition de base, les notions de variation, d'anomalie, de variabilité, de prévisibilité climatiques peuvent être introduites rigoureusement.

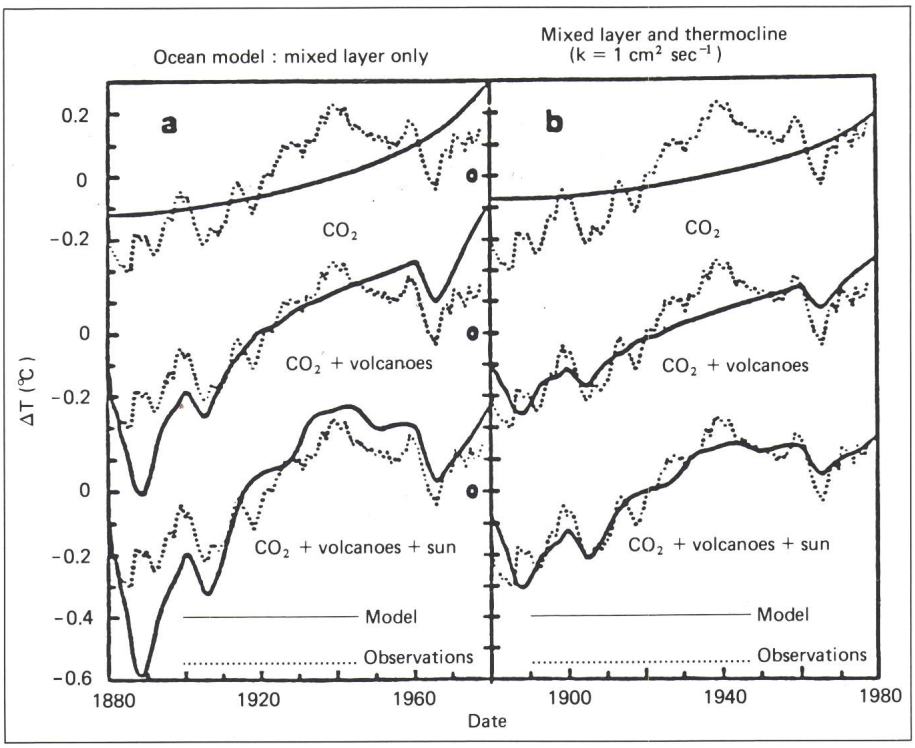

Fig. 2 Comparaison de la variation de la température moyenne globale observée (...) et calculée par modèle

3. Causes, simulation et observation des variations climatiques

Les variations climatiques ont *deux types de causes:* celles relatives aux conditions aux limites du système climatique et celles liées aux interactions entre éléments du système. Parmi les premières, la configuration de la croûte terrestre, la relation astronomique entre le soleil et la terre, l'état du soleil lui-même, mais aussi la composition chimique de l'atmosphère (notamment sa teneur en CO_2) influent aux limites sur le système climatique. Comme exemples d'interactions entre éléments du système climatique, on peut citer le couplage thermique océan-atmosphère et le rôle des glaces dans le bilan énergétique naturel à la surface terrestre.

En raison de l'extrême complexité du système climatique, et en particulier de l'existence de nombreux couplages à rétroaction aussi bien positive que négative, toute analyse seulement qualitative des processus climatiques est rendue particulièrement incertaine. L'étude quantitative du climat et de ses variations revient dès lors à construire une hiérarchie de *modèles de simulation numérique,* chacun d'eux étant adapté aux processus physiques jouant un rôle dominant pour les échelles d'espace et de temps considérées. Les études réalisées à l'aide de modèles de circulation atmosphérique générale se sont concentrées sur la simulation de climats mensuels et saisonniers ainsi que de leurs variations, en mettant l'accent sur l'analyse des équilibres thermique et hydrique à la surface terrestre. La mise en œuvre de modèles couplés de circulation atmosphère-océan est en plein développement. Lorsqu'ils seront suffisamment éprouvés, ces modèles devront permettre de franchir une étape majeure dans la compréhension du système climatique et de ses variations. Mais ils exigent une base de données particulièrement étoffée - difficile à constituer - ainsi que l'accès aux ordinateurs les plus puissants disponibles.

La vérification et l'étalonnage des modèles climatologiques reposent sur la connaissance d'une vaste gamme de *données sur les climats passés,* des profondeurs des ères géologiques jusqu'à nos jours (fig. 2). Etant donné la relative petitesse des variations climatiques au cours de l'époque instrumentale (durant les 200 dernières années environ), il est indispensable de s'adresser aux données historiques et surtout paléoclimatiques pour obtenir des conditions aux limites suffisamment différentes de celles prévalant de nos jours.

4. Le climat actuel change-t-il? Projections climatiques dans le futur

Il n'est pas contesté aujourd'hui que le climat global a subi d'importantes variations dans le passé, à toutes les échelles de temps, et il n'existe aucune raison de penser que de telles variations ne se produiront pas également dans le futur. Le développement de notre capacité de prévoir de telles variations, même à des échelles d'une ou deux décennies, constitue une tâche importante de notre société et un défi aux scientifiques.

Si des données instrumentales éparses ont été recueillies il y a déjà deux siècles environ, ce n'est que dans les 100 dernières années qu'une couverture synoptique du globe a permis l'analyse de la répartition géographique des variations climatiques près du sol dans de vastes régions de la Terre.

Un exemple frappant est fourni par l'évolution de la température moyenne de l'air en surface de l'hémisphère Nord au cours des 100 dernières années (fig. 3). Cette température d'ensemble a crû, en fluctuant, d'environ 1 °C de 1880 jusque vers 1940, puis diminué d'environ 0,6 °C jusque vers 1965 pour reprendre ensuite une tendance croissante. Les causes de ces

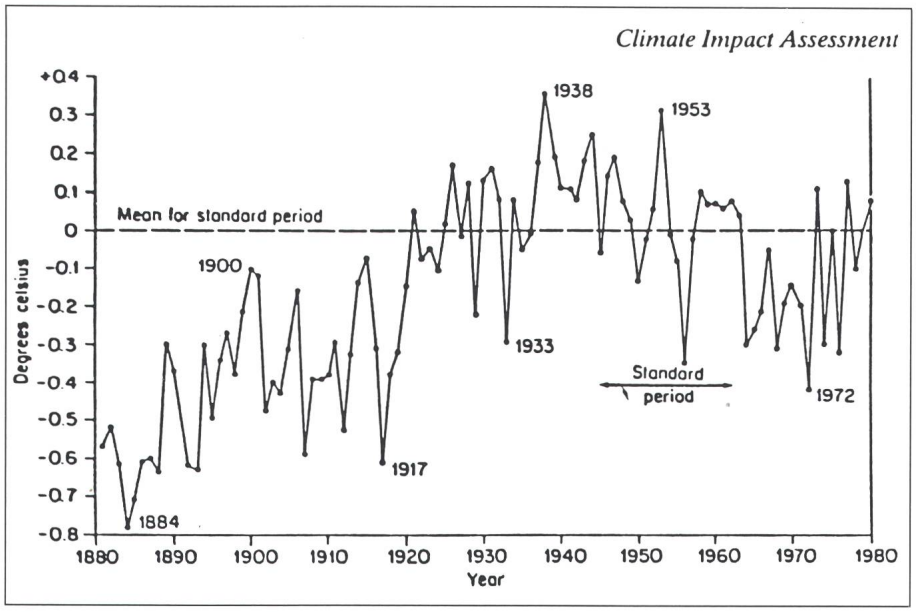

Fig. 3 Variation de la température moyenne de l'air près du sol pour l'ensemble de l'hémisphère Nord

fluctuations ne sont pas encore connues avec certitude. Toute interprétation simpliste de ce genre de variation est hors de propos, telle celle, avancée par certains médias, de l'imminence d'une période glaciaire. La seule tendance qui apparaît clairement en Europe est le réchauffement progressif à partir du «Petit âge glaciaire», qui a régné du XVe au XIXe siècle.

Malgré les limitations de nos connaissances actuelles des bases physiques du climat et notre capacité encore restreinte de modélisation, nous ne sommes pas complètement démunis lorsqu'il s'agit de tenter certaines *projections du climat dans le futur*. A relativement court terme (quelques décennies), la démarche la plus conservatrice s'appuie sur l'hypothèse du maintien de la «normale» climatique, avec ses propriétés statistiques correspondant à trente ou soixante ans d'observations. Suivant l'application envisagée, le résultat varie du satisfaisant au franchement mauvais. A plus long terme (centaines d'années et plus), une démarche, un temps populaire, reposait sur l'idée que le climat varie en cycles. Les méthodes modernes d'analyse des séries temporelles ont montré que presque tous les prétendus cycles climatiques étaient des plus douteux, soit fabriqués par l'échantillonnage, soit indiscernables du bruit climatique.

Cependant, l'histoire paléoclimatique nous enseigne, avec un bon degré de confiance, que les intervalles interglaciaires chauds qui ont suivi chaque fin de grande glaciation ont duré 10 000 ±2500 ans. Dans chaque cas également, une période considérablement plus froide a succédé immédiatement à l'intervalle interglaciaire. Comme environ 10 000 ans se sont écoulés depuis le début du présent intervalle interglaciaire chaud, la question se pose naturellement de savoir si nous ne sommes pas au seuil d'une période climatique froide. Aucun consensus ne se dégage, sur la base des connaissances existantes, sur l'amplitude, la rapidité et la date de départ de cette transition. Qu'une telle transition ait une haute probabilité de survenir au cours des quelques milliers d'années à venir est assez généralement accepté.

Une telle évolution pourrait-elle être contrecarrée par des interventions humaines? Si l'homme semble avoir acquis techniquement le pouvoir de modifier le climat, il n'a pas encore compris de façon adéquate les variations naturelles du climat, si bien que la question de la synchronisation de tels effets reste ouverte.

5. Le rôle du CO_2 dans les variations climatiques

Bien qu'il soit impossible de prévoir exactement l'évolution du climat, il apparaît comme probable qu'elle obéira à certaines grandes tendances liées à une modification de la composition de l'atmosphère. Le rôle dominant est joué par le gaz carbonique (CO_2) qui s'accumule dans l'atmosphère. Il s'agit d'un processus mondial, entamé sans doute au début de l'ère industrielle, où l'homme s'est mis à brûler d'énormes quantités de charbon, puis de pétrole et de gaz naturel - ce qu'on nomme les combustibles fossiles. Le monde consomme actuellement de cette façon 5 gigatonnes (5 milliards de tonnes) de carbone par an et ce chiffre pourrait encore augmenter. Trois de ces cinq gigatonnes restent dans l'atmosphère sous forme de CO_2, venant s'ajouter aux 725 gigatonnes qui y séjournent déjà. Les deux gigatonnes restants alimentent les autres réservoirs du cycle biogéochimique du carbone: la biomasse et surtout les océans dont la capacité de stockage est énorme. Il existe dans l'atmosphère, à l'état de traces, d'autres gaz aux propriétés radiatives comparables à celle du CO_2, tels que le méthane, le protoxyde d'azote, l'ozone, des fréons, dont les activités humaines risquent d'augmenter la concentration.

Le gaz carbonique et ces autres gaz laissent passer le rayonnement solaire incident de courte longueur d'onde (visible) mais absorbent et émettent le rayonnement de grande longueur d'onde (infrarouge). Ils empêchent donc une partie de l'énergie libérée par la Terre de se dissiper dans l'espace, ce qui tend à élever les températures à la surface, tout en produisant un certain refroidissement en altitude. C'est ce réchauffement moyen près du sol qu'on nomme *effet de serre*. Le rôle des gaz à effet de serre autres que le CO_2 dans les variations du climat est déjà presque aussi important que celui du gaz carbonique. Si la tendance actuelle se maintient, les concentrations combinées du CO_2 et des autres gaz à effet de serre équivaudraient dès les années 2030, sur le plan radiatif, à un doublement du CO_2 par rapport au niveau de l'ère préindustrielle, estimé à 275 ±10 ppmv. Pour un tel doublement, l'application des modèles les plus performants de la circulation générale fait apparaître des augmentations de la moyenne mondiale de la température d'équilibre en surface comprises entre 1,5 et 4,5 °C. Etant donné la complexité du système climatique et les imperfections subsistantes des modèles, notamment en ce qui concerne les interactions océan-atmosphère et les nuages, des valeurs qui se situeraient au-delà de ces limites ne sauraient être exclues. L'apparition de ces modifications sera ralentie par l'inertie des océans, le délai d'atteinte de l'état d'équilibre pouvant se monter à plusieurs décennies.

Bien que d'autres facteurs, tels que les concentrations des aérosols, les rejets de chaleur de déchet et les changements de la végétation (déforestation), puissent également avoir une influence sur le climat, il est probable que les gaz à effet de serre seront la principale cause de variation du climat au cours du siècle à venir.

S'il n'a pas encore été possible de procéder à une modélisation fiable des modifications du climat à l'échelle régionale, les différences obtenues entre les valeurs pour les régions et les moyennes mondiales montrent que le réchauffement pourrait être plus important aux latitudes élevées que dans les régions tropicales vers la fin de l'automne et en hiver, et que les sécheresses estivales deviendraient plus fréquentes sur les continents de l'hémisphère Nord aux latitudes moyennes. Dans les régions tropicales, les répercussions des augmentations de température, même plus faible qu'en moyenne mondiale, seraient lourdes de conséquences pour l'homme et les écosystèmes, en particulier dans les zones dont le climat ne se prête que d'extrême justesse à l'établissement humain.

On estime, sur la base des modifications observées depuis le début du siècle, qu'*un réchauffement global de l'ordre de 1,5 à 4,5 °C provoquerait un relèvement de 0,2 à 1,4 m du niveau de la mer,* par expansion des couches supérieures des océans. Par contre, une fonte importante des calottes glaciaires de l'Antarctique et du Groenland ne semble pas à craindre au cours du siècle à venir.

Compte tenu des effets ayant accompagné les variations climatiques du passé, il n'est guère douteux qu'une modification du climat dans l'avenir, de l'ordre de grandeur indiqué par les modèles pour un doublement du CO_2, pourrait avoir des effets profonds sur les écosystèmes, l'agriculture, les ressources en eau et les glaces de mer dans le monde.

6. Mesures préconisées – Le dilemme des décideurs

Lors d'une conférence conjointe PNUE/OMM/CIUS tenue en octobre 1985 à Villach (Autriche), les participants, après avoir fait le point des connaissances sur le problème du CO_2 et du climat, ont émis, à l'intention des gouvernements et des organisations intergouvernementales, des recommandations qu'on peut résumer comme suit:

- Augmenter les efforts pour mieux informer le public sur les problèmes relatifs aux gaz à effet de serre, aux modifications du climat et au niveau de la mer.
- Soutenir plus efficacement la recherche sur les problèmes cruciaux non encore résolus des gaz à effet de serre et des modifications climatiques, en priorité dans le cadre des grands programmes internationaux.
- Promouvoir l'analyse des options politiques et économiques permettant d'identifier, d'analyser et d'évaluer la gamme la plus large possible de réactions sociales destinées à prévenir les changements climatiques ou à s'y adapter. Il s'agira notamment de déterminer la vulnérabilité de différentes régions et leurs possibilités d'adaptation aux changements climatiques.

L'impression prévaut que, jusqu'ici, les décideurs ont davantage craint de surestimer la problématique des gaz à effet de serre et du climat que de la sous-estimer. Contrairement à ce que l'on observe pour d'autres questions sensibles (énergie nucléaire, dépérissement des forêts), la pression populaire ne s'est guère manifestée dans ce domaine. Il est possible que le caractère global du problème et le manque actuel d'indices probants rendent la prise de conscience et la décision d'agir moins urgentes. L'enjeu est tel, cependant, qu'une prise en considération effective des modifications possibles du climat dans les processus de prise de décision aux niveaux politique et économique ne saurait être remise à plus tard.

Reproduit avec l'autorisation du Bulletin technique de la Suisse romande, «Ingénieurs et architectes suisses».