

Preface

4th CO₂ International Conference held in Carqueiranne, France, 13–17 September 1993

Atmospheric CO₂ has been studied since the beginning of the 19th century. After rough evaluations by Dalton (680 ppmv) and Thenard (391 ppmv), an early systematic series of measurements was carried out by the Swiss chemist Nicolas Théodore de Saussure (1830), working in the vicinity of Geneva. He discovered the daily CO₂ cycle, with concentrations between 315 and 540 ppmv at noon, and between 321 and 574 ppmv at night. He also observed that the city of Geneva was slightly polluted, with a CO₂ mean concentration of 468 ppmv compared to 437 ppmv in the neighbouring countryside. Today, atmospheric CO₂ is monitored at over 100 land and ocean sites, under the coordination of the World Meteorological Organization (WMO), thus complementing the measurements at Mauna Loa station initiated in 1958 by Charles D. Keeling.

It is striking to note how early in the century, carbon isotopes were used to investigate the CO₂ cycle. Following Nier and Gulbransen (1939), Harmon Craig (1953) published a comprehensive study on “The geochemistry of the stable carbon isotopes”, in which he measured atmospheric $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ between -7.4 and -9.9 ‰, and lighter values around -25 ‰ for CO₂ from fossil fuels and vegetation. This study was resumed by Keeling (1958) and extended to the ocean-atmosphere exchanges.

Shortly after Anderson, Libby et al. (1947) demonstrated the presence in nature of radiocarbon, ¹⁴C, Hans E. Suess (1954) showed, for the first time, a clear change in the atmospheric ¹⁴C content of CO₂, attributed to fossil fuels utilisation: this was deduced from a 5% decay of the ¹⁴C abundance in recent tree rings, and is known as the “Suess effect”. The rôle of the sea-air exchanges of CO₂ in the ¹⁴C cycle was successfully analysed by Craig (1957) for the natural radiocarbon, and by Broecker and Olson (1960) for radiocarbon from nuclear tests.

The general increase of CO₂ in the atmosphere since the last glacial maximum was documented by Delmas et al. (1980) through measurements of air bubbles from polar ice cores. Such an increase should have an impact on the Earth's climate, as deduced as early as 1896 by the Swedish physicist Svante Arrhenius, who calculated a temperature increase of 5°C for a CO₂ doubling. A large number of new estimates have been obtained by numerous authors, using very sophisticated models, which generally confirm this first result. The climate implication provides a major impetus for expanded and focused scrutiny of the carbon cycle.

Carbon cycle modelling is a younger research area than atmospheric and oceanic measurements. A landmark in that field is the box-diffusion model, published in 1975 by Hans Oeschger, Ulrich Siegenthaler and their colleagues. Nearly 20 years later, this model, which was the first one to succeed in simulating the Suess effect, remains the basis of many models used to estimate the uptake of fossil fuels by the oceans. Siegenthaler and Oeschger (1987) further applied their model to deconvolve, from the ice-core CO₂ measurements, the net uptake by the terrestrial biosphere in the past 200 years.

After the first International Conference on Atmospheric CO₂, initiated by WMO with the 1981 meeting in Bern (Switzerland), a 2nd meeting was held at Kandersteg (Switzerland) in 1985, and the 3rd conference held at Hinterzarten (Germany) in 1989; the 4th conference took place in France, at Carqueiranne, in September 1993. It was sponsored by WMO and several French organizations*. The scientific program included the following items:

1. Measurements of the distribution and exchange of CO₂ between atmosphere, oceans and continents.

* Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Ministère de l'Environnement, Météo-France, IFREMER, EdF, and CNRS.

2. Interpretation of temporal and spatial variations of atmospheric CO₂ concentration and isotopic composition.
3. Modelling of the carbon cycle.
4. Past and future long-term changes in the carbon cycle.

About 150 oral and poster communications were presented by more than 200 participants. They document the growth of carbon cycle studies since the first conference in Bern. Nature revealed a new puzzle in the form of unusually slow growth rates of atmospheric CO₂ since 1991, whose explanation will be a challenge for the 5th International CO₂ Conference, scheduled for 1997 in Australia.

This special issue of *Tellus*, which contains a set of papers presented at the Carqueiranne conference, is dedicated to the memory of Hans E. Suess and Ulrich Siegenthaler, who have both now passed away.

I. Fung, G. Lambert and L. Merlivat

4ème Conférence Internationale sur le CO₂ tenue à Carqueiranne, France, 13–17 Septembre 1993

Le CO₂ atmosphérique est étudié depuis le début du 19^e siècle. Après les évaluations initiales de Dalton (680 ppmv) et Thenard (391 ppmv), une première série systématique de mesures a été effectuée par le chimiste suisse Nicolas Théodore de Saussure (1830), aux environs de Genève (Suisse). Il a mis en évidence le cycle journalier du CO₂, avec des valeurs de 315 à 540 ppmv à midi, et de 321 à 574 ppmv la nuit. Il a aussi montré que la ville de Genève était légèrement polluée, puisque la concentration moyenne en CO₂ y était de 468 ppmv au lieu de 437 dans la campagne environnante. Aujourd'hui, plus d'une centaine de stations continentales ou marines enregistrent le CO₂ atmosphérique, sous les auspices de l'Organisation Météorologique Mondiale (O.M.M.), et complètent ainsi la première station de Mauna Loa, mise en oeuvre en 1958 par Charles D. Keeling.

Il est frappant de constater qu'on a utilisé très tôt la composition isotopique du CO₂ pour étudier le cycle du carbone. A la suite des travaux de Nier et Gulbransen (1939), Harmon Craig (1953) a publié une importante étude intitulée "The geochemistry of the stable carbon isotopes", dans laquelle il a mentionné des $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2}$ de -7.4 à -9.9‰ , et des valeurs encore plus légères, autour de -25‰ , pour les combustibles fossiles et la végétation. Cette étude, reprise par Keeling (1958), a été étendue aux échanges entre l'océan et l'atmosphère.

Peu de temps après qu'Anderson, Libby et al. (1947) aient montré la présence de radiocarbone ^{14}C dans la nature, Hans E. Suess (1954) a, pour la première fois, mis en évidence un changement global du contenu de l'atmosphère en CO₂, qu'il a correctement attribué à l'utilisation intensive des combustibles fossiles: en effet, il se traduisait par une diminution de 5% de la proportion de ^{14}C dans les anneaux d'arbres les plus récents. Cet effet est désormais appelé "effet Suess". Le rôle des échanges air-mer de CO₂ dans le cycle du ^{14}C a ensuite été analysé par Craig (1957) en ce qui concerne le radiocarbone naturel, et par Broecker et Olson (1960) pour celui qui résultait des tests nucléaires.

Cette augmentation générale du CO₂ dans l'atmosphère, depuis la dernière période glaciaire, a été bien montrée par Delmas et al. (1980) grâce aux mesures réalisées dans les bulles d'air contenues dans les carottes de glace polaire. Une telle augmentation ne peut qu'avoir un impact sur le climat de la Terre, ainsi que l'avait analysé, dès 1896, le physicien suédois Svante Arrhenius. Celui-ci avait calculé un réchauffement de 5°C pour un doublement du CO₂. Un grand nombre de nouvelles évaluations ont été effectuées par de nombreux auteurs, à partir de modèles sophistiqués: elles ont généralement confirmé ces premiers résultats. L'impact sur le climat constitue la principale incitation à approfondir notre compréhension du cycle du carbone.

La modélisation du cycle du carbone est un domaine de recherche plus récent que les mesures dans l'atmosphère ou dans la mer. Une étape marquante, dans ce domaine, a été franchie grâce au modèle de diffusion entre boîtes, publié en 1975 par Hans Oeschger, Ulrich Siegenthaler et leurs collègues. Ce modèle fut le premier à réussir la simulation de l'effet Suess. Il demeure, près de vingt ans plus tard, la base de nombreux modèles estimant l'absorption du produit des combustibles fossiles par l'océan.

Siegenthaler et Oeschger (1987) ont appliqué ultérieurement leur modèle pour déconvoluer, à partir des mesures du CO₂ dans les carottes de glace polaire, l'absorption nette par la biosphère terrestre au cours des 200 dernières années.

Après la première Conférence Internationale sur le CO₂ atmosphérique, initiée par l'O.M.M. en 1981 avec la réunion de Berne (Suisse), suivie des réunions de Kandersteg (Suisse) en 1985, et de la 3^e conférence de Hinterzarten (Allemagne) en 1989, la 4^e conférence s'est tenue en France, à Carqueiranne, en Septembre 1993. Elle a été supportée par l'O.M.M. et divers organismes français*. Le programme scientifique comprenait les thèmes suivants:

1. Mesures des teneurs en CO₂ dans l'atmosphère, les océans et les continents et leurs échanges.
2. Interprétation des variations spatiales et temporelles du CO₂ atmosphérique et de sa composition isotopique.
3. Modélisation du cycle du carbone.
4. Changements passés et futurs à long-terme dans le cycle du carbone.

Environ 150 communications orales ou par poster ont été présentées par plus de 200 participants. Elles montrent combien les études du cycle du carbone ont mûri depuis la première conférence de Berne. La Nature nous a posé un nouveau problème, avec le ralentissement de la croissance du CO₂ atmosphérique depuis 1991, dont l'interprétation constituera un défi pour la prochaine conférence, prévue en 1997 en Australie.

Ce numéro spécial de Tellus, qui contient un ensemble de travaux présentés à la conférence de Carqueiranne, est dédié à la mémoire de Hans E. Suess et Ulrich Siegenthaler, disparus depuis cette conférence.

I. Fung, G. Lambert et L. Merlivat

REFERENCES/RÉFÉRENCES

- Anderson, E. C., Libby, W. F., Weinhouse, S., Reed, A. F., Kirshenbaum, A. D. and Grosse, A. V. 1947. Natural radiocarbon from cosmic radiation. *Phys. Rev.* **72**, 931-936.
- Arrhenius, S. 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Mag.* **41**, 237-250.
- Broecker, W. S. and Olson, E. A. 1960. Radiocarbon from nuclear tests. *Science* **132**, 712-721.
- Craig, H. 1953. The geochemistry of the stable carbon isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **3**, 53-92.
- Craig, H. 1957. The natural distribution of radiocarbon and the exchange time of carbon dioxide between atmosphere and sea. *Tellus* **9**, 1-17.
- Delmas, R. J., Ascensio, J. M. and Legrand, M. 1980. Polar ice evidence that atmospheric CO₂ 20,000 yr B.P. was 50 % of present. *Nature* **284**, 155-157.
- Kelling, C. D. 1958. The concentration and isotopic abundances of atmospheric carbon dioxide in rural areas. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **13**, 322-334.
- Nier, A. O. and Gulbransen, E. A. 1939. Variations in the relative abundance of the carbon isotopes. *J. Amer. Chem. Soc.* **61**, 697-698.
- Oeschger, H., Siegenthaler, U., Schotterer, U. and Gugelmann, A. 1975. A box diffusion model to study the carbon dioxide exchange in nature. *Tellus* **27**, 168-192.
- De Saussure, N. T. 1830. Mémoire sur les variations de l'acide carbonique atmosphérique. *Ann. Chimie et Physique* **44**, 5-45.
- Siegenthaler, U. and Oeschger, H. 1987. Biospheric CO₂ emissions during the past 200 years reconstructed by deconvolution of ice core data. *Tellus* **39B**, 140-154.
- Suess, H. E. 1954. Natural radiocarbon and the rate of exchange of carbon dioxide between the atmosphere and the sea. *Proc. Williams Bay Conf.*, Sept. 1953. NAS-NSF Publ 52.

* Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Ministère de l'Environnement, Météo-France, l'IFREMER, l'EdF, et le CNRS.