

PHYSIQUE ATMOSPHERIQUE. — *Influence du gaz carbonique sur les abaissements de température obtenus par rayonnement du corps noir sur l'espace.* Note (*) de MM. FÉLIX TROMBE, ALBERT LÊ PHAT VINH et M^{me} MADELEINE LÊ PHAT VINH, présentée par M. Gaston Dupouy.

Les expériences effectuées en 1962 et au début de 1963 [(¹), (²)], montraient qu'on peut obtenir par le rayonnement, à travers des films de polyéthylène, d'une surface « corps noir » sur l'atmosphère et l'espace, des abaissements de température de plus de 30°C, et même, dans des conditions exceptionnelles (ciel très clair, temps très sec), de plus de 36°C.

Un des problèmes posés par de tels résultats est celui de la température la plus basse que peut atteindre un corps radiateur recevant une énergie W de l'atmosphère.

Si l'on ne considère que les échanges terre-atmosphère, le raisonnement de Boutaric (³), repris par G. Ribaud (⁴), conduit à définir une première limite : le radiateur terrestre ne peut descendre à une température inférieure à la température T_1 telle que $\sigma T_1^4 = W$, le rayonnement résultant $r = \sigma T_1^4 - W$ qu'on mesure étant alors nul.

Mais, comme l'ont souligné récemment H. Gondet, F. Cabannes et l'un de nous (⁵), les échanges thermiques, grâce au caractère discontinu du spectre d'émission atmosphérique, s'effectuent non seulement entre la terre et l'atmosphère, mais aussi avec l'espace; et c'est la température la plus basse, celle qui correspond aux apports énergétiques de l'espace, qui est, en définitive, la limite dont on pourrait se rapprocher; par exemple (⁵) :

1° En utilisant des radiateurs terrestres émettant dans les domaines des « fenêtres » de l'atmosphère, et étant réflecteurs ou transparents pour les autres domaines de longueur d'onde;

2° En interposant entre le corps noir radiateur et l'atmosphère des écrans transparents dans les « fenêtres » et absorbants dans les domaines de longueur d'onde où l'atmosphère elle-même émet. On peut ainsi obtenir un *effet de serre négatif* [(¹), (²), (⁵)], permettant au corps noir radiateur de se refroidir au-dessous de la température T_1 . Bien entendu, la mesure du rayonnement r dont on déduit la température T_1 s'effectue dans l'air ambiant, à l'extérieur du système rayonnant où se produit l'effet de serre. C'est à un tel effet de serre que nous avons attribué les grandes chutes de température observées en 1962-1963 [(¹), (²)].

Les expériences qui se rapportent à ce travail ont permis de modifier efficacement l'appareil à cinq étages décrit précédemment (²). Les étages successifs (*fig. 1*) sont plus profonds, le rapport hauteur/largeur de chaque étage étant compris entre 1/3 et 1/2. Par ailleurs, dans les deux derniers étages, les plus froids, les réflecteurs de l'infrarouge rayonné sont en

verre doré face avant. L'appareil (*fig. 1*) comporte quatre étages radiateurs, 1, 2, 3, 4, entourés de réflecteurs r_1, r_2, r_3, r_4 . Dans certains essais chaque étage est recouvert d'un film de polyéthylène de 30μ , dans d'autres on conserve seulement le film supérieur. Cet appareil peut comporter également un étage supplémentaire plat, radiateur 1', film a' , qui ne produit aucun abaissement supplémentaire de la température du radiateur 4, sauf si la cavité est remplie de gaz carbonique.

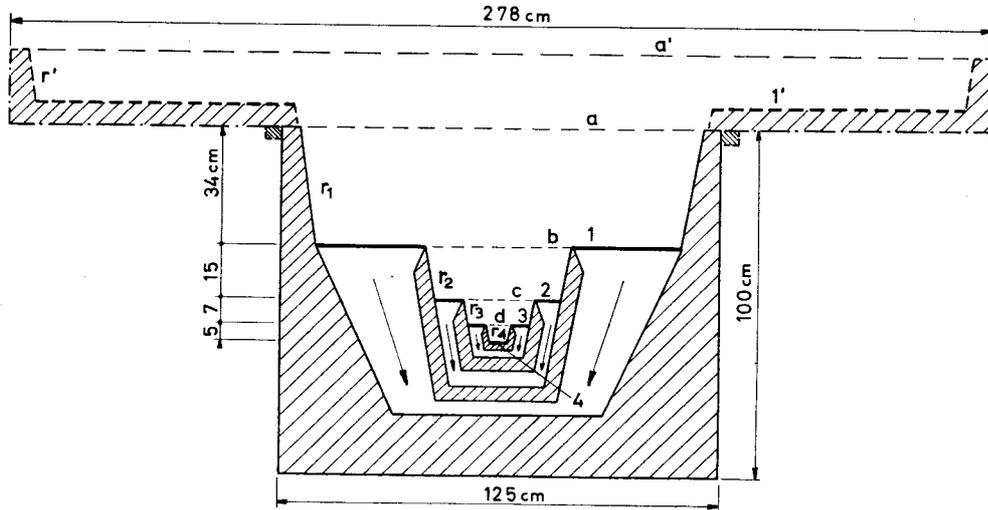


Fig. 1.

Nous avons effectué, avec des appareils du type précédent fonctionnant simultanément, diverses expériences pour tenter de mettre en évidence l'effet de serre négatif, indépendamment de l'intervention d'autres facteurs. L'enlèvement des films inférieurs b, c, d et a si l'on utilise l'étage a' (*fig. 1*) produit, dans certains cas, une augmentation de la température du radiateur 4 (période d'inversion atmosphérique), mais parfois aussi une légère diminution.

Date et heure.	Température ambiante.	I. Appareil à cinq étages aluminium. Type début 1963.	II. Appareil à quatre étages dont deux dorés et quatre plastiques.	III. Appareil à quatre étages dont deux dorés et un plastique 30 cm CO ₂ .
17 décembre 1963 :				
21 h.....	-7	-36	-40	-42
22 h.....	-7	-37,5	-41,5	-42
Introduction du CO ₂				
23 h.....	-7	-37,5	-41,5	-43
24 h.....	-6	-38	-42	-44
18 décembre 1963 :				
1 h.....	-6	-38	-42	-44
2 h.....	-6	-37,5	-41,5	-43,5
2 h 30 mn....	-3	-35	-38	-40
Nuages				

Le film supérieur, a ou a' , séparant la cavité de l'air ambiant, joue, par contre, un rôle fondamental, mais nous n'avons pu, jusqu'à présent, dissocier nettement ses multiples rôles (effet de serre, effet de réflexion, barrière pour les échanges par convection). On peut constater seulement, qu'en l'absence de condensations, il se refroidit notablement, 5 à 7°C, en dessous de l'air ambiant. Par ailleurs, l'emploi comparé de gaz transparents de densité et de conductibilité calorifique différentes (air, argon, xénon) donne des températures de radiateurs sensiblement identiques.

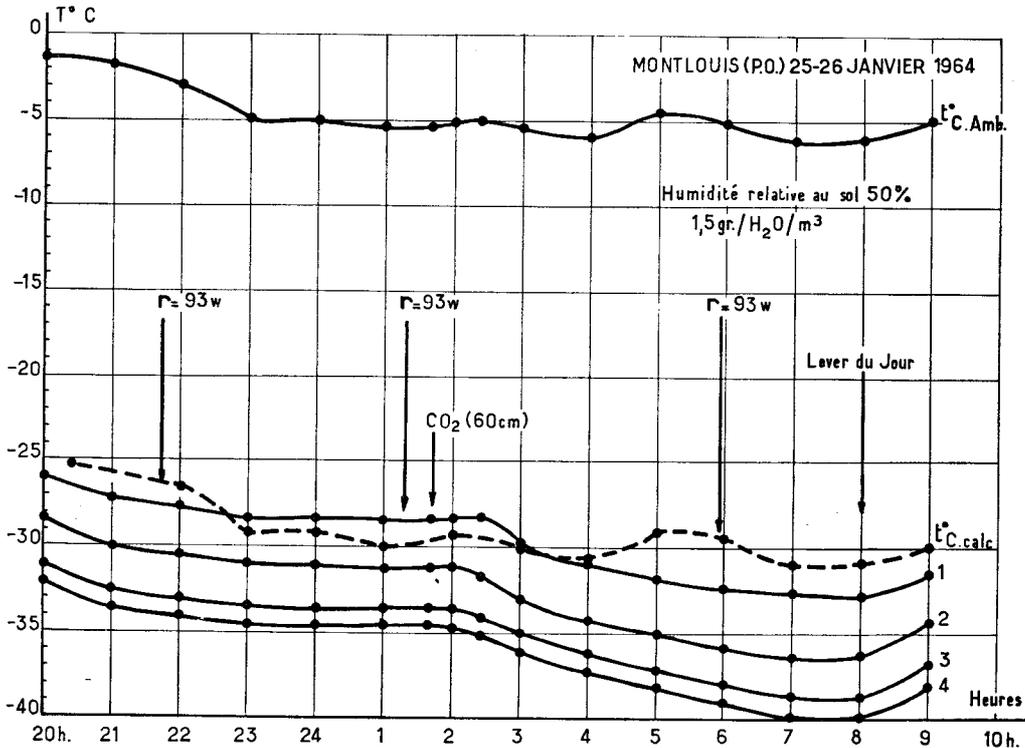


Fig. 2.

Nos expériences avec les films plastiques étant tributaires de facteurs complexes, nous avons tenté de montrer l'existence de l'effet de serre négatif dans des conditions plus simples : en introduisant dans la cavité rayonnante du gaz carbonique pur CO₂ qui présente, de 13,5 à 16 μ , donc en dehors des « fenêtres », d'intenses bandes d'absorption. Le CO₂ de l'atmosphère étant très dilué ($3 \cdot 10^{-4}$, en volume), une faible épaisseur de ce gaz pur (moins de 1 m) peut, *a priori*, donner un effet important s'il est, en moyenne, plus froid que la zone atmosphérique émettrice.

L'appareil fonctionne, soit avec quatre étages, 30 cm de CO₂ froid, soit avec un cinquième étage 1', refroidissant le CO₂ plus haut.

Le tableau ci-contre donne les résultats obtenus avec quatre étages par temps moyen, les 17 et 18 décembre 1963. La valeur de r était de l'ordre de 110 W et la température calculée de -36 à -37°C.

On voit, colonnes I et II, que l'appareil à quatre étages (1963-1964) donne déjà de meilleurs résultats que l'appareil à cinq étages (1962-1963).

Dans la colonne III, apparaît l'intervention du CO_2 . On obtient -44°C et un Δt_{max} de -38°C . Rappelons qu'on avait obtenu précédemment, dans les mêmes conditions atmosphériques, un Δt de -32°C environ; le gain total est donc de 6°C , et le décalage avec la température calculée de plus de 7°C .

Dans d'autres essais intervient l'étage 1' supérieur, pour obtenir le refroidissement d'une plus grande hauteur de CO_2 (60 cm environ). Les résultats obtenus en janvier 1964, malgré un rayonnement moyen médiocre et une humidité assez forte, sont très nets. Nous donnons (fig. 2) l'enregistrement du 25 au 26 janvier 1964.

L'intervention du CO_2 , introduit lentement, alors que les températures étaient stabilisées, est très marqué sur tous les radiateurs et particulièrement sur les étages 3 et 4 (la température de 1' n'est pas mesurée).

On peut noter que la température atteinte par le radiateur 4 est de -40°C alors que la température calculée, pour $r = 93 \text{ W}$ et une température ambiante de -6° , est de -31° (courbe en pointillé). L'écart est donc de 9° , et le rôle du CO_2 , dans cet écart, de 4 à 5°C .

Nous poursuivrons, en 1964-1965, ces essais avec des épaisseurs de CO_2 plus grandes et, si possible, avec des climats plus secs.

Dès maintenant on peut conclure à l'existence très marquée d'un effet de serre négatif dû au CO_2 , et à la possibilité de descendre bien au-dessous de la température calculée à partir de la détermination expérimentale du rayonnement terrestre r .

(*) Séance du 1^{er} juin 1964.

(1) F. TROMBE, *Comptes rendus*, 256, 1963, p. 735.

(2) F. TROMBE, *Comptes rendus*, 256, 1963, p. 2013.

(3) A. BOUTARIC, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1303.

(4) G. RIBAUD, *Comptes rendus*, 256, 1963, p. 3395.

(5) F. TROMBE, H. GONDET et F. CABANNES, *Comptes rendus*, 258, 1964, p. 4819.