

Réponse à C. Rangarajan et S. Gopalakrishnan

Par ALAIN MARENCO et JACQUES FONTAN, *Centre de Physique Atomique,
Physique des Aérosols et Echanges Atmosphériques (équipe de recherche associée
au C.N.R.S. n° 378), Université Paul Sabatier, Toulouse, France*

(Manuscrit reçu le 2 juin 1975)

Il existe de nombreuses mesures, réalisées en différents points du globe, des variations de concentration de divers éléments radioactifs. Ces mesures ne portent généralement que sur un seul élément par station et correspondent à des prélèvements de longue durée; les conclusions que l'on peut en tirer sont quelquefois discutables. Notre objectif a été de comparer les variations simultanées d'éléments radioactifs d'origines différentes pour voir si ces mesures confirmaient les résultats obtenus précédemment. Nous avons dû nous limiter à un point de mesure et nous sommes conscients qu'il serait plus intéressant de disposer de plusieurs stations, réparties à la surface du globe et mesurant comme nous l'avons fait une série d'éléments, mais ceci demanderait des moyens très importants.

Bien qu'il soit possible, étant donné la circulation zonale organisée, d'étendre à la bande des latitudes moyennes les résultats moyens obtenus à Toulouse, notre but cependant n'a jamais été d'extrapoler nos résultats à l'ensemble de l'hémisphère. Nous avons voulu étudier un certain nombre de problèmes, comme de vérifier par exemple, puisque c'est un des points soulevés par Rangarajan et al., si les ^7Be et ^{32}P dans l'air près du sol étaient effectivement de bons traceurs de l'origine stratosphérique de l'air. L'interprétation de nos résultats ainsi que de ceux d'autres auteurs nous ont permis de dégager les conclusions présentées dans l'article (Marenco & Fontan, 1974).

On peut distinguer 2 composantes dans les variations à Toulouse des 5 éléments radioactifs étudiés (^{90}Sr , ^7Be , ^{32}P , ^{210}Po et ^{210}Pb). Il existe une variation moyenne lente (valeurs mensuelles) caractéristique de chaque élément avec des fluctuations (journalières) autour de cette valeur moyenne. Ces fluctuations sont identiques pour les 5 éléments (origines et

périodes différentes) et nous avons montré que c'est essentiellement le lessivage qui est la cause de ce phénomène (Marenco & Fontan, 1974; Marenco, 1974). Or, on trouve dans la littérature des interprétations différentes de ces fluctuations à courte période, comme par exemple des introductions stratosphériques pour le ^{90}Sr . La comparaison de 5 éléments est ici très intéressante et permet de conclure qu'en général le lessivage en est la cause principale. Un effet local ne peut être invoqué pour interpréter nos résultats. Nous pensons qu'il serait intéressant de réaliser des mesures identiques en d'autres points du globe et nous espérons qu'effectivement nos résultats peuvent amener d'autres chercheurs à faire cette vérification.

Les variations moyennes d'activité à Toulouse sont très semblables à celles obtenues de 1964 à 1969 dans d'autres stations de la même bande de latitude. C'est ainsi le cas pour le ^{90}Sr avec les villes de New York (USA) et Ispra (Italie) ou du ^7Be avec la ville de Brunswick (Allemagne). Lorsque l'on compare les variations des ^{90}Sr et ^7Be , on trouve une augmentation au printemps pour ces deux éléments. Si l'on considère les mesures de ^{90}Sr et de ^7Be provenant de stations différentes, on peut être amené à conclure que le ^7Be est d'origine stratosphérique comme le ^{90}Sr . Cependant, une comparaison plus attentive des résultats obtenus dans une même station (Toulouse) montre un décalage dans les variations. Et l'étude des variations des rapports d'activité permet d'aller plus loin.

Pour interpréter ces résultats, nous avons essayé de séparer l'action des différents paramètres en faisant des expériences de simulation sur un modèle numérique simple. En prenant des conditions extrêmes — en particulier en ce qui concerne les échanges verticaux — ce modèle donne une contribution limite de l'ordre

de 15% pour le ^7Be d'origine stratosphérique, dans l'air au niveau du sol. Il s'agit là d'une valeur intégrée qui n'exclut pas la possibilité d'avoir des contributions plus importantes mais pendant des temps assez limités (cas des descentes rapides d'air stratosphérique par des brèches à travers la tropopause). Ces phénomènes localisés ont en fait une durée assez courte et les augmentations d'activité de ^7Be qui en résultent sont pratiquement noyées, pour un prélèvement de quelques jours, dans le ^7Be d'origine troposphérique. En faisant intervenir par contre la variation dans le temps des phénomènes de lessivage (1964 à 1969), le modèle permet de retrouver de manière très satisfaisante les variations expérimentalement constatées pour les éléments cosmogéniques.

Si l'on considère les articles de Gedeonov et al. (1969) et de Reiter et al. (1970), cités par Rangarajan et al., nous avons montré (Marenco, 1974) que leurs conclusions sur les arrivées stratosphériques de ^7Be étaient loin d'être convaincantes.

Ainsi, la variation moyenne à Léninegrad du rapport $^7\text{Be}/^{32}\text{P}$ est assez irrégulière et l'on constate — comme à Toulouse — que l'on a souvent en automne ou en hiver des valeurs aussi élevées qu'au printemps, ce qui montre bien combien il faut être prudent dans l'interprétation des augmentations de ce rapport. Il est par ailleurs difficile avec des prélèvements de 10 jours de relier de manière certaine les augmentations d'activité à des phénomènes atmosphériques rapides.

De la même façon pour les mesures de Reiter, il semble assez délicat d'attribuer à du ^7Be et ^{32}P d'origine stratosphérique les augmentations d'activité constatées, même si elles sont plus ou moins en phase avec les périodes de descentes stratosphériques. Ces périodes en effet correspondent à des maxima du rapport $^{32}\text{P}/^7\text{Be}$, c'est-à-dire à des minima pour la valeur du rapport $^7\text{Be}/^{32}\text{P}$, ce qui va à l'encontre de la possibilité d'une contribution stratosphérique puisque celle-ci doit entraîner une augmentation de ce rapport. Une explication de ces augmentations d'activité peut par contre résider dans l'arrivée au point de mesure d'air de la haute troposphère par des phénomènes de subsidence, associés aux descentes stratosphériques. Ceci expliquerait la diminution du rapport $^7\text{Be}/^{32}\text{P}$ en de telles occasions en accord, comme nous

l'avons montré (Marenco & Fontan, 1974), avec la décroissance de ce rapport dans la haute troposphère.

Ce sont les résultats expérimentaux obtenus à Toulouse qui nous permettent finalement d'orienter nos conclusions et d'attribuer les variations saisonnières des ^7Be et ^{32}P aux phénomènes de lessivage plutôt qu'aux apports stratosphériques. C'est, en effet, la seule manière d'expliquer l'ensemble des variations obtenues, en particulier :

- absence de corrélation entre les variations (journalières) d'activité des ^7Be et ^{32}P et celles du rapport $^{90}\text{Sr}/^7\text{Be}$ caractéristique de l'air stratosphérique;
- absence de maximum au printemps pour le rapport $^7\text{Be}/^{32}\text{P}$;
- décalage vers l'été des maxima saisonniers des ^7Be et ^{32}P par rapport à celui du ^{90}Sr ;
- amplitude de variation du ^{32}P supérieure à celle du ^7Be .

Il existe sûrement des arrivées stratosphériques au printemps, comme le montre l'augmentation du rapport moyen $^{90}\text{Sr}/^7\text{Be}$ à cette époque, mais leur contribution en ^7Be et ^{32}P dans l'air au niveau du sol reste relativement faible, à cause de l'importance de la production troposphérique et du fait que le lessivage dans la moyenne troposphère diminue encore la quantité d'éléments d'origine stratosphérique pouvant atteindre la basse troposphère.

Enfin, en ce qui concerne le problème des composantes du ^{210}Pb , nous sommes en plein accord avec Rangarajan et al. sur l'intérêt de l'utilisation du Rn. Le ThB par contre a une période radioactive un peu courte par rapport à celle des autres éléments, ce qui limite son intérêt, et de plus il a une source (le Tn) dont le dégagement est beaucoup plus variable avec l'état du sol que celui du Rn (Guedalia et al., 1970; Druilhet et al., 1972).

En conclusion, notre travail montre que l'étude des variations simultanées de 5 éléments, d'origines et de périodes différentes, ne confirme pas toujours les conclusions tirées par d'autres auteurs avec des mesures différentes moins complètes.

Nous ne voyons pas quels effets locaux pourraient expliquer autrement nos résultats, et nous espérons amener d'autres auteurs à se repencher sur ces problèmes et à infirmer ou confirmer nos conclusions.

REFERENCES

- Druilhet, A., Guedalia, D., Fontan, J. & Laurent, J. L. 1972. Study of Rn-220 emanation deduced from measurement of vertical profile in the atmosphere. *J. Geophys. Res.* 77, 6508.
- Gedeonov, L. I. & Rys'yev, O. A. 1969. Annual course of variations in the concentration of Be-7, S-35 and P-32 in surface air and in fallout in the area of Leningrad during 1963-1966. USAEC, HASL-UNSCEAR Number A/AC.82/G/L 1306 S. 263.
- Guedalia, D., Laurent, J. L., Fontan, J., Blanc, D. & Druilhet, A. 1970. A study of Rn-220 emanation from soils. *J. Geophys. Res.* 75, 357.
- Marenco, A. & Fontan, J. 1974. Etude des variations des ^7Be , ^{32}P , ^{90}Sr , ^{210}Pb et ^{210}Po dans la troposphère. *Tellus* 26, 386.
- Marenco, A. 1974. Utilisation des éléments radioactifs ^7Be , ^{32}P , ^{90}Sr , ^{210}Po et ^{210}Pb pour l'étude du comportement de la matière à l'état particulaire dans la troposphère. Thèse de doctorat n° 585, Toulouse.
- Reiter, R., Sladkovic, R., Potzl, K., Carnuth, W. & Kanter, H. J. 1970. Measurements of airborne radioactivity and its meteorological application. USAEC Report NYO-4061-2.