



Rapports isotopiques en tant qu'indicateurs des sources de pollution et du comportement des agents polluants

Les dernières années ont été marquées par d'importants progrès des techniques isotopiques employées pour déterminer les sources de la contamination et de la pollution de l'environnement et étudier le comportement de traces d'agents contaminants et polluants dans les conditions réelles. Les environmentalistes ont bénéficié d'améliorations dans plusieurs domaines: disponibilité d'isotopes stables et de composés marqués, appareils d'analyse et renseignements sur les variations des rapports isotopiques des agents contaminants selon leur origine ou leur comportement. Autrefois, dans les expériences classiques à l'aide d'indicateurs, les variations des nucléides stables et radioactifs naturels ou artificiels du milieu pouvaient être considérées comme un "bruit de fond"; maintenant, elles offrent à ceux qui prêtent une oreille attentive à ce bruit des renseignements d'un intérêt exceptionnel sur les sources et le comportement de la pollution.

Le colloque s'est efforcé de tirer parti de ces progrès en vue d'obtenir des réponses aux questions suivantes: d'où viennent les agents contaminants ou, si on le sait, qu'en advient-il? L'intérêt de ces questions est bien illustré par le problème de l'azote minéral — engrais précieux lorsqu'il se trouve au bon endroit et au bon moment, mais polluant s'il se trouve en concentrations trop élevées là où il est indésirable — par exemple les lacs et les réservoirs d'eau potable.

Une quantité croissante d'azote (à l'heure actuelle plus de 30 Mt par an dans le monde) est appliquée aux sols pour faire face aux besoins de plus en plus grands de l'humanité en denrées alimentaires. Il est rare que plus de la moitié de l'azote appliqué soit récupérée dans les récoltes. On se demande alors tout naturellement ce que deviennent les autres 50%, 50% d'engrais de plus en plus coûteux et d'une importance capitale, notamment pour les pays en voie de développement! Quelle proportion retourne dans l'atmosphère par les processus de "dénitrification" du sol? Quelle proportion est entraînée par lixiviation dans les eaux souterraines, superficielles ou même potables? Il a également été établi que les concentrations de nitrate inorganique se sont sensiblement accrues dans certains sols et certaines eaux de surface, et que parfois elles dépassent déjà les limites pour l'eau potable recommandées par l'OMS. En deuxième lieu, on peut donc se demander si, et dans quelle mesure, ces augmentations sont dues aux applications d'engrais azotés ou aux rejets de déchets d'origine animale ou ménagère. Ces questions sont urgentes et d'un grand intérêt, non seulement du point de vue de la conservation des engrais et des risques de pollution,

Source au californium 252 utilisée par la US Geological Survey pour déterminer la teneur en eau et la porosité des roches d'un trou de forage. Photo: Dupont de Nemours & Comp. ►



mais aussi du fait que des mesures de précaution mal conçues peuvent compromettre l'efficacité de pratiques culturelles d'importance primordiale, sans pour autant améliorer de façon appréciable la qualité de l'environnement.

Ces questions ne sauraient trouver de réponses utiles et convaincantes dans les conditions réelles de l'environnement et de l'agriculture que sur une période suffisamment longue. Malheureusement, ces conditions excluent normalement le recours aux applications classiques des radioindicateurs en raison des coûts ou des dangers d'irradiation, réels ou imaginaires. Trente quatre communications ont été présentées au colloque, et la séance finale a été consacrée à une évaluation générale de la situation.

Plusieurs mémoires ont traité de l'emploi des radionucléides existants ou naturels pour déterminer ou caractériser les sources de la pollution de l'environnement qui résultent de la production d'énergie nucléoélectrique ou d'autres processus nucléaires. Les études sur ^{90}Sr et ^{137}Cs et sur les rapports isotopiques du rutherfordium ($^{103-106}\text{Ru}$) et de l'iode ($^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$) dans les systèmes sol-plante-animal, effectuées dans des conditions stationnaires de contamination de l'environnement, ont donné l'idée qu'il existait des bases plus sûres pour prévoir le mouvement de ces radionucléides dans les chaînes alimentaires agricoles et établir une corrélation entre les concentrations mesurées et les rejets. Les rapports isotopiques krypton 85/tritium et entre les radioisotopes du ruthénium se sont révélés utiles en tant qu'indicateurs des diverses sources de contamination possibles telles réacteurs de puissance, usines de traitement du plutonium et essais atmosphériques d'armes nucléaires.

Autre point important: il a été démontré que le comportement de traces de radiocontaminants dans le sol variait selon leur forme physique et chimique, et notamment selon qu'elles se présentaient sous forme de particules, d'ions ou de cations. Une communication sur l'emploi des rapports entre isotopes stables du soufre a fait état de constatations semblables en ce qui concerne le rôle des particules dans le comportement chimique de l'anhydride sulfureux contenu dans la fumée dégagée par les usines électriques.

Des études sur le comportement du tritium dans les arbres ont montré qu'il importe de distinguer le comportement à court terme du tritium de l'environnement dans le compartiment "eau libre" ou l'eau labile du feuillage du comportement à plus longue échéance du tritium "lié au tissu".

L'emploi des rapports des isotopes de l'environnement ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C en tant qu'indicateurs de l'origine et du comportement des polluants carbonés dans l'atmosphère, le sol et l'eau avait fait l'objet de plusieurs communications. La possibilité de caractériser les sources des composés organiques du carbone contenus dans les aliments et l'eau potable sur la base des rapports de ^{13}C , ^2H et ^{18}O présente un intérêt nouveau et pourrait se révéler importante.

Plusieurs mémoires ont porté sur l'utilisation des rapports naturels et artificiellement modifiés de ^{15}N et ^{14}N pour étudier le grave problème du comportement de l'azote des engrais du point de vue de sa conservation en tant qu'élément nutritif des plantes, et de celui des risques de pollution qu'il présente pour les eaux souterraines (voir plus haut).

Un mémoire a montré comment on pouvait employer le soufre 34, qui est un isotope stable, comme indicateur pour déterminer le sort de l'anhydride sulfureux et sa rétention par les plantes dans des terrains où les conditions ne permettent de recourir au soufre 35 qui est radioactif; c'est là une importante contribution à la solution du problème que posent les effets possibles de l'anhydride sulfureux sur des secteurs étendus de la vie végétale.

Plusieurs mémoires ont confirmé que la préparation des isotopes stables et leur utilisation comme indicateurs sur le terrain font de rapides progrès. Cette évolution permettra peut-être de perfectionner sensiblement les moyens dont on dispose à l'heure actuelle pour appliquer les indicateurs in situ de façon sûre, efficace et économique.

Plusieurs expériences fort ingénieuses ont montré que grâce au double marquage, la molécule marquée, par exemple le méthane sous forme de $^{13}\text{C}^2\text{H}_4$, pouvait subir une dilution isotopique dans le milieu tout en continuant à jouer son rôle d'indicateur avec une sensibilité pouvant égaler et même dépasser celle que permet d'atteindre le marquage simple.

Plusieurs mémoires ont décrit ou pour le moins mentionné des perfectionnements de méthodologie, tels que diminution sensible du bruit de fond pour le dosage, par spectrométrie gamma, des radioisotopes de l'iode; surveillance efficace de ^{238}U par spectrométrie gamma de basse énergie; améliorations apportées à la préparation des échantillons d'azote en vue de l'analyse $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$; praticabilité du marquage multiple des composés organiques à l'aide de plusieurs isotopes stables pour permettre la détection des molécules ou fragments marqués ayant subi une dilution qui exigerait normalement l'emploi de radioisotopes; utilisation de $^{15}\text{NO}_2$ pour la détection et le dosage de NO_2 qui est un important agent de pollution atmosphérique.

L'approvisionnement en isotopes stables et en composés de ces isotopes ainsi que les possibilités de les employer sur le terrain se sont déjà considérablement élargies, mais toute nouvelle amélioration sera conditionnée par la demande. Pour utiliser avec succès des isotopes stables comme indicateurs et interpréter correctement les résultats, il est souvent indispensable de disposer de méthodes perfectionnées, d'un appareillage complexe et de beaucoup d'expérience. Les programmes de recherche et de contrôle fondés sur des centres régionaux ou internationaux méritent donc d'être encouragés. Le colloque a mis nettement en évidence l'intérêt et les possibilités que présentent certains isotopes stables employés comme indicateurs. Il existe toutefois d'autres éléments pour lesquels le fractionnement des isotopes naturels pourrait justifier un élargissement à l'échelle expérimentale, des programmes d'enrichissement ou d'appauvrissement, mais il ne faut pas perdre de vue que les coûts et les difficultés iront probablement en croissant avec l'augmentation du nombre de masse. Du point de vue économique et technique, il est dès maintenant possible d'employer les isotopes stables ^2H , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}N , ^{15}N , ^{17}O et ^{18}O sur le terrain comme indicateurs. Ces applications offrent des avantages très appréciables par rapport aux radioindicateurs. Elles n'entraînent aucun risque d'irradiation. Elles ne comportent aucune date limite d'emploi due à la décroissance radioactive. Le marquage multiple des molécules a permis de les distinguer et de les déceler, après dilution isotopique, avec un degré de précision qui ne le cède en rien à celui que permet de réaliser l'emploi d'un seul radioindicateur.