

## Essai sur la possibilité d'employer Ag 110 dans l'étude du transport du sable par la mer

**1.** L'objectif du présent travail est de donner une contribution à un problème d'hydraulique: l'étude du transport du sable par l'eau de la mer. Les méthodes classiques\* d'étude ne sont pas toujours satisfaisantes, soit qu'elles s'appuient sur des recherches granulométriques soit qu'elles portent sur la composition minéralogique. Notre travail, placé dans le cadre des recherches générales du Laboratório Nacional de Engenharia Civil, où il a été fait, s'est orienté vers la recherche d'une méthode de marquage du sable, permettant l'identification, sur une plage donnée, du sable en provenance d'une autre plage également déterminée. Ce marquage peut être fait soit par apposition d'une marque, soit par addition d'une substance inséparable du sable.

On peut envisager à priori différentes hypothèses de travail. Nous avons développé l'une d'elles, basée sur l'emploi d'argent radioactif, Ag 110, sous la forme de nitrate d'argent.

Nous traiterons ici de l'organisation générale du travail.

Les problèmes spéciaux de chimie qu'il a fallu résoudre et les conditions pratiques d'application aux essais réels, à l'échelle de la Nature, seront l'objet d'autres notes.

**2.** Le sable est transporté par l'eau de la mer dans des conditions qui font prévoir qu'un changement de la masse

spécifique des grains ou de leur composition granulométrique, peut modifier le transport, par sélection.

Le marquage de ce sable doit donc être fait de telle façon qu'il n'affecte pas ces paramètres.

D'autre part, il faut tenir compte de l'énorme dispersion du sable marqué dans le processus que nous voulons étudier. En effet, si nous marquons, par n'importe quel moyen, une partie du sable d'une zone d'alimentation que nous supposons être responsable de l'apport du sable dans une autre zone — ou zone de prospection — nous trouverons dans celle-ci du sable qui y existait déjà, du sable non marqué de la zone d'alimentation et, enfin, du sable marqué. Si nous appelons dispersion l'ensemble des causes qui font qu'une partie seulement du sable en provenance de la zone d'alimentation soit retrouvé dans la zone prospectée, lorsqu'on prend un échantillon dans celle-ci, on peut définir un «coefficient de dispersion» qui représentera le nombre de parties du sable échantillon qu'il faut pour y retrouver une partie du sable marqué.

Différentes raisons nous ont conduit à admettre pour le coefficient de dispersion une valeur de l'ordre de  $10^6$ .

Les données du problème peuvent donc être résumées de la façon suivante:

- le marquage ne doit pas modifier la masse spécifique du sable
- le marquage ne doit pas modifier sa composition granulométrique
- le coefficient de dispersion doit être prévu autour de  $10^6$ .

\* KRUMBEIN & PETTJOHN — Manual of Sedimentary Petrography (1938).

Les deux premières conditions ne sont guère compatibles avec l'emploi d'une substance différente du sable lui-même, comme support de l'agent du marquage.

Cependant on peut admettre à priori certaines hypothèses de marquage indirect que nous n'avons pas pu essayer. Nous en citerons quelques unes, que nous avons envisagé, tout en reconnaissant que l'une d'elles du moins, la 5<sup>ème</sup>, ne nous paraît guère recommandable par suite du caractère dangereux des manipulations qu'elle exigerait. Ce sont les suivantes:

1.<sup>o</sup> Emploi de pyrites, que l'on isolerait ultérieurement au moyen d'un électro-aimant (1). L'emploi de fer ou de cobalt radioactif nous donnerait encore une marge très importante. (Contre-indication: la masse spécifique).

2.<sup>o</sup> Activation dans une pile atomique d'une substance équivalente au sable au point de vue des conditions de transport mais dont l'irradiation serait plus efficace. (Difficulté: le grand volume à activer).

3.<sup>o</sup> Emploi de micro-sphères de substances plastiques contenant un isotope radioactif.

4.<sup>o</sup> Emploi de grains d'une résine synthétique permutatrice d'ions, activée au préalable par permutation.

5.<sup>o</sup> Emploi de résidus de piles atomiques (ou de minerais pauvres d'uranium).

Il serait éventuellement intéressant d'étudier en profondeur chacune de ces méthodes du point de vue de leur efficacité relative, en tenant compte, d'ailleurs, du degré de sécurité et des charges économiques pour chacune d'elles. On pourrait également les comparer aux méthodes où l'agent du marquage est un aditif du sable lui-même.

L'avantage des méthodes de ce 2<sup>ème</sup> groupe, sur celles du premier, est avant

tout dans la réalisation automatique des deux premières conditions exigées plus haut.

Nous examinerons à la suite, et seulement en ce qui concerne les méthodes du second groupe, les conséquences de la valeur  $10^6$  admise pour le coefficient de dispersion.

**3.** Dans les méthodes du 2<sup>ème</sup> groupe nous admettons un agent responsable du marquage du sable. Cet agent doit avoir les propriétés suivantes :

a) pouvoir être rendu adhérent au sable

b) une fois lié au sable, ne pas en être séparé, soit par action chimique de l'eau de la mer, soit par action mécanique de l'eau et du sable lui-même.

c) maintenir son caractère de «marque» jusqu'à la conclusion des essais.

d) ne pas mettre en cause la sécurité de la population voisine de la zone des essais.

e) ne pas rendre les essais trop onéreux.

On peut imaginer plusieurs méthodes employant des agents de marquage susceptibles de remplir ces conditions. Parmi celles-ci, nous citerons les suivantes

1.<sup>o</sup> Emploi de sable marqué au moyen de colorants.

2.<sup>o</sup> Activation du sable dans une pile atomique.

3.<sup>o</sup> Activation du sable par adjonction d'un isotope radioactif.

4.<sup>o</sup> Marquage du sable par voie chimique.

5.<sup>o</sup> Emploi du sable marqué au moyen d'une substance fluorescente.

6.<sup>o</sup> Addition au sable d'une substance identifiable par analyse spectrale.

7.<sup>o</sup> Marquage du sable au moyen d'un agent biologique susceptible d'apparaître macroscopiquement plus tard, en le plaçant dans un milieu favorable à son développement.

8.<sup>o</sup> Addition au sable d'une substance chimiquement inerte, ayant un point de fusion bas.

(1) Nous sommes redevables de cette suggestion à Monsieur Manuel Matias, Directeur du Port de Figueira da Foz.

De ces méthodes, celles qui nous semblent les plus intéressantes sont la 3<sup>ème</sup>, la 4<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup>.

Cette dernière n'a pas pu être examinée par nous, mais elle nous paraît digne d'étude, spécialement avec des moisissures.

Quant aux deux autres, il est évident qu'elles ne sont pas foncièrement distinctes puisque le marquage par voie chimique a peu de chances de succès si l'on n'emploie pas un isotope radioactif traceur et le marquage par isotope radioactif sera difficilement fait autrement que par voie chimique.

**4.** C'est dans ce dernier sens que nous avons dirigé nos efforts et à cet effet nous avons imposé, aux isotopes à examiner, deux conditions préalables seulement, à savoir:

1.° Avoir une vie moyenne supérieure à 90 jours mais ne dépassant pas quelques mois.

2.° Emettre des radiations rendant facile leur détection.

Malgré cela, nous n'avons trouvé qu'une douzaine d'isotopes satisfaisants et, parmi ceux-ci, un second triage, ne nous en a laissé que trois: le manganèse 54, le zinc 65 et l'argent 110.

Ce dernier nous a semblé, à priori, le plus intéressant étant donné l'espoir de le déposer sur le sable par réduction et action photochimique à partir du nitrate d'argent.

Des essais préliminaires portant sur la bonne adhésion de l'argent au sable, sa résistance aux actions chimiques et mécaniques, l'étude des conditions de marquage du sable, celle des moyens d'extraction de l'argent du sable contenu dans les échantillons pauvres en sable marqué, l'examen des conditions de sécurité dans le cas d'essais à grande échelle, nous ont permis d'établir un schéma de travail partant des bases suivantes

1.° Le marquage du sable doit se faire au moyen d'une solution de 10 g de nitrate d'argent en 100 cc d'eau par kg de sable.

2.° Dans des limites suffisantes, le pourcentage d'argent fixé par le sable est proportionnel au pourcentage de nitrate d'argent employé.

3.° La récupération chimique de l'argent est possible et sa détermination quantitative assez rigoureuse.

Des essais faits en bassin à houle, avec de l'eau salée, nous ont permis de confirmer que, dans la plupart des cas intéressants, le coefficient de dispersion de  $10^6$  n'est pas dépassé, y comprise l'action disséminatrice de l'eau elle-même, ainsi que son action chimique. Nous avons vérifié que 70% de l'argent, après son adhésion au sable, s'y maintient en dépit de l'action de l'eau de la mer et du sable lui-même.

Nous avons pu établir <sup>(1)</sup> des techniques précises pour le marquage du sable d'une part et, d'autre part, pour la concentration de l'extrait des échantillons contenant l'argent, de telle façon que ce résidu occupe un volume d'environ 1,5% à peine du volume de l'échantillon de sable dont il est extrait.

**5.** Nous avons examiné également l'utilité pratique de ces techniques, compte tenu des limites de sécurité et d'économie qu'il nous faut respecter.

A cet effet, nous avons préparé des échantillons de sable marqué, le nitrate d'argent ayant été additionné de nitrate d'argent 110. Des essais préliminaires nous ont montré que les échantillons devaient être prévus avec un poids de 10 à 100 kg, produisant donc des résidus de 100 à 1000 cc.

Nous avons préparé des échantillons de sable dûment marqué, avec une quantité connue de Ag 110, et ayant des poids de: 200, 400, 600 et 800 g. Tous ces échantillons contenaient  $10^{-2}$   $\mu$ C de Ag 110.

(1) A. Gibert et J. F. Vasconcelos Pinheiro — Marcação de areias com prata radioactiva e sua identificação em amostras empobrecidas na razão de 1:106. Bol. da Ordem dos Engenheiros, Vol. IV, Fev., 1955.

Ces échantillons ont été placés dans le vase tubulaire schématiquement représenté sur la Fig. 1 et leur activité mesurée au

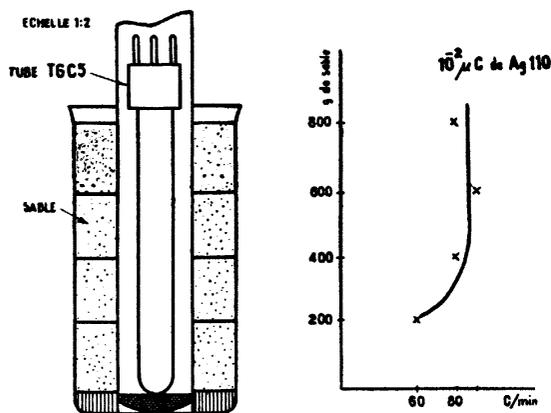


Fig. 1

moyen d'un tube de Geiger-Müller T G C 5 placé le long de l'axe. Les résultats sont reportés sur le graphique de la Fig. 1, d'après lequel on vérifie que les mesurés sont indépendantes, dans de larges limites, de la quantité de matière inerte à laquelle est mélangé l'isotope radioactif, même si, comme c'est le cas, les conditions géométriques ne sont pas exactement reproduites.

Avec  $10^{-2} \mu C$  de Ag 110, nous avons obtenu une valeur moyenne de 80 coups par minute, au compteur, contre un mouvement propre de 20 coups par minute. Donc, si nous envisageons une quantité 10 fois moindre de Ag 110, soit  $10^{-3} \mu C$ , nous pouvons encore la mesurer facilement puisqu'elle produira un comptage d'environ 40% du mouvement propre.

Nous pouvons donc mesurer une activité de  $10^{-3} \mu C$  dans le résidu de l'extraction de 100 kg de sable. Avec le coefficient  $10^6$ , ceci signifie que 100 kg de sable marqué doivent contenir  $10^3 \mu C$  de Ag 110. Par conséquent, 100 mC suffiront pour marquer 10 tonnes de sable.

Nous sommes ainsi amenés à prévoir un marquage, par gramme de sable, de 10 mg de nitrate d'argent ordinaire contenant  $10^{-2} \mu C$  de Ag 110.

Remarquons que si nous devons envisager des facteurs de dispersion supérieurs à  $10^6$  nous pouvons le faire dans une large mesure quoique dans des conditions économiques plus onéreuses et éventuellement avec des risques plus grands.

En effet nous pouvons augmenter la sensibilité de cette méthode par trois moyens:

a) la sensibilité de l'appareillage détecteur: nous pouvons gagner un facteur 100 soit en employant un tube G. M. plus sensible que le T G C 5 soit au moyen d'un compteur à scintillations

b) la réduction du volume du résidu: nous pouvons admettre de la poursuivre jusqu'à la limite de l'extraction du chlorure d'argent pur dont l'activité spécifique sera beaucoup plus grande que celle du résidu que nous mesurons à présent.

c) un marquage plus intense: par exemple au moyen de  $1 \mu C$  de Ag 110 par gramme, de sable, ce qui nous donnerait encore un facteur 100.

Il est donc sans doute difficile et onéreux, mais non impossible, de pousser l'application de la présente méthode jusqu'à des facteurs de dispersion de  $10^{10}$ .

Cependant, il faut tenir compte de ce que la nature même du matériel étudié nous impose une limite par sa discontinuité de structure. En effet, à  $10^{10}$  de dispersion, nous ne pouvons espérer qu'un seul grain de sable marqué dans une échantillon de 100 kg de sable. Nous pouvons l'identifier mais à condition qu'il ne soit pas perdu.

D'autre part il est utile de remarquer que jusqu'à une dispersion de  $10^4$ , nous pouvons détecter la radioactivité directement dans le sable suspect, sans extraction chimique. Ceci nous permet de faire une prospection préalable nous donnant très rapidement l'emplacement des zones d'accumulation plus actives. Cette même méthode directe serait applicable au coefficient  $10^6$  si le marquage était fait à la dose de  $1 \mu C/g$ .

Ceci nous porte à examiner soigneusement les charges économiques et les conditions de sécurité d'un essai réel.

**6.** Pour le faire nous allons envisager le marquage de 10 tonnes de sable au taux de  $10^{-2} \mu\text{C/g}$ , d'abord du point de vue de la sécurité.

La quantité totale de Ag 110 employé sera de 100 mC. Il est évident qu'il n'y a aucun risque sérieux dans la manipulation d'une telle quantité, pas plus que dans ses effets éventuels après dissémination.

En effet, si nous prenons un coefficient de dispersion 100, très peu probable, nous trouverons sur la plage en question,  $1 \mu\text{C}$  de Ag 110 dans 10 kg de sable. Or,  $1 \mu\text{C}$  de Ag 110, est la quantité admise sans danger dans le corps humain <sup>(1)</sup> et il est évident que personne ne pourra l'absorber à partir de 10 kg de sable.

Dans l'eau et dans l'air nous admettons les M. P. C. (maximum permissible concentration) suivantes <sup>(1)</sup>:

eau:  $3 \cdot 10^{-4} \mu\text{C/cc}$   
air:  $5 \cdot 10^{-8} \mu\text{C/cc}$

Dans le cas de l'eau, la M. P. C. nous permet de conclure qu'il n'y a plus aucun risque d'ingestion de l'eau aussitôt que l'argent dissous (30%) s'est diffusé dans 100.000 litres d'eau, volume peu important pour l'eau de la mer.

En ce qui concerne l'air, le risque pourrait être créé par les poussières provenant du sable pendant les opérations de marquage. La M. P. C. ne serait pourtant atteinte, dans les conditions prévues, que si 500 g de poussières se trouvaient dans  $100 \text{ m}^3$  d'air respirable. Il faut remarquer cependant que ceci n'est qu'une valeur moyenne et des précautions doivent être prises en ce qui concerne la protection spéciale des voies respiratoires des travailleurs.

Quant à l'action des radiations, les mesures de protection à prendre sont les couran-

tes et n'engagent à aucune procédure spéciale.

Néanmoins, si l'on envisage un taux de marquage plus élevé que  $10^{-2} \mu\text{C/g}$ , les problèmes de protection grandissent en importance et pourraient amener de très grosses difficultés, surtout du point de vue populationnel.

**7.** Examinons maintenant l'aspect économique.

La situation est loin d'être satisfaisante et la méthode que nous avons étudiée est malheureusement très onéreuse.

En effet, quoique le coût de l'isotope Ag 110 ne soit pas très important, le besoin de l'employer avec du nitrate d'argent ordinaire, cependant cher, représente une lourde charge. Le nitrate d'argent ordinaire est pourtant indispensable, comme «carrier», pour les opérations finales d'extraction, du résidu, enrichi en Ag 110, du sable des échantillons.

Nous avons, en conséquence, jugé qu'il ne serait pas économique d'employer une plus grande quantité que 1 kg de nitrate d'argent pour 100 kg de sable mais il ne nous paraît pas possible d'envisager une quantité moindre. Ainsi pour un essai portant sur 10 T de sable nous devons prévoir 100 kg de nitrate d'argent à raison d'environ US\$20. — dollars par kg. Cependant, avec un coefficient  $10^6$ , une telle quantité ne nous permet d'espérer que 1 mg de nitrate d'argent dans 10 kg de sable échantillonné, ce qui rend déjà assez délicates les opérations d'extraction.

Par contre, l'appareillage nécessaire n'est pas très coûteux et peut être presque entièrement récupéré après chaque essai.

**8.** En résumé, nous sommes à même de tirer de notre travail les conclusions suivantes:

1.° Il est possible de marquer du sable avec de l'argent dont environ 70% est retenu par le sable malgré les actions de l'eau de la mer.

<sup>(1)</sup> Ces valeurs nous ont été aimablement communiquées par M. W. Binks du The Radiological Protection Service, London.

2.º Il est possible de réduire à environ 1% en poids, par rapport au sable d'où il est extrait, le résidu contenant l'argent récupérable, en tout cas jusqu'à une concentration de 1 mg de nitrate d'argent par 10 kg de sable.

3.º Il est possible de mesurer quantitativement dans des échantillons de 1 kg de sable, environ jusqu'à  $10^{-3}$   $\mu$  C de Ag 110 et probablement moins avec un appareillage plus sensible.

4.º La detection du sable marqué dans une plage peut être faite directement à la dispersion de  $10^4$ , indirectement, jusqu'à  $10^6$  et, apparemment, jusqu'à  $10^{10}$ .

Mais, quoique la méthode décrite puisse contribuer à la résolution de certains problèmes d'hydraulique, il serait sans doute utile de la perfectionner et d'en faire une critique comparative, en tenant compte d'autres méthodes, dont nous avons rappelé quelques unes. Le transport du sable par la mer est perturbé par tant de facteurs, que de telles études nous laissent l'espoir

d'en arriver à mieux comprendre certains de ces éléments de perturbation.

Le présent travail est une contribution à cet effort d'intérêt général qui mérite d'être poursuivi.

Lisbonne, Octobre 1954.

NOTE — Pendant l'impression de ce travail nous avons appris qu'un groupe anglais étudiait ce même problème, en rapport avec les sables boueux de la Tamise. Ces chercheurs emploient le scandium 46, après lui avoir conféré les propriétés granulométriques du sable auquel il est mélangé. Les anglais emploient donc une méthode qui tient de celles que nous avons envisagé sous les alinéas 2<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> du 1<sup>er</sup> groupe et, plus précisément, sous le 3<sup>e</sup> du 2<sup>ème</sup> groupe. En ce qui concerne les sables non boueux il serait remarquable d'avoir la confirmation de l'inséparabilité du sable et du scandium sous l'action de la mer elle-même.

A. GIBERT

## Técnica aplicada ao estudo do funcionamento da glândula tiroideia com iodo $I^{131}$

Como é sabido um dos campos em que se utilizam os isótopos radioactivos é a medicina. Como o início da sua utilização é relativamente recente, as perspectivas parecem vastas e daí a sua utilização em trabalhos de investigação.

Pode por exemplo, determinado isótopo radioactivo, não tóxico e de período conveniente, ser utilizado como marcador do seu isótopo estável, permitindo estudar o metabolismo desse elemento no organismo, dado que este não os diferencia, tratando-os portanto de igual modo, o que se deve às suas propriedades químicas serem idênticas.

No entanto, embora possa parecer pre-

maturo falar em experiência adquirida, esta existe, e devido a ela há isótopos radioactivos que se pode dizer são já hoje mundialmente utilizados, para fins específicos, dum maneira que poderemos chamar rotineira.

É este justamente o caso do iodo  $I^{131}$ , que é utilizado praticamente em todos os países para conseguir obter diagnósticos mais objectivos das disfunções da glândula tiroideia.

No nosso país e que eu tenha conhecimento, só é utilizado dum modo sistemático no Serviço de Isótopos do Instituto Português de Oncologia, desde Abril de 1953.