

DEPARTEMENT DE CHIMIE APPLIQUEE

Service d'Application des Radioéléments
et des Rayonnements

Section d'Application de la Radioactivité

NOTE TECHNIQUE

METHODES D'ESSAI IN SITU A L'AIDE D'ELEMENTS
RADIOACTIFS

SAUZAY, G.

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Session de
formation continue: défense des côtes. Phénomènes
et conception des ouvrages. Paris, France, 18-21
décembre 1976

CEA-CONF--3760

FR7701413

I - INTRODUCTION -

En l'époque actuelle de contestation de l'énergie nucléaire, il paraît souhaitable d'expliquer pourquoi des éléments radioactifs peuvent être employés pour l'étude de la défense des côtes.

Il est tentant de faire une comparaison simple. Les médecins, les hopitaux utilisent dans leur défense du corps humain des éléments radioactifs permettant de décrire l'état d'organes tels la thyroïde, le foie ou le cerveau, la mesure de temps de circulation sanguine ou de temps de résidence pulmonaire. Les chercheurs biologistes utilisent d'autres éléments radioactifs pour étudier les mécanismes fondamentaux des cellules et donc de la vie.

Dans les études hydrauliques ou sédimentologiques, le spécialiste chargé de faire le diagnostic d'un littoral dispose de nombreux moyens d'essai, tels les études en modèles, les mesures de courant et de houles ou les mesures sédimentaires mais il dispose aussi des méthodes basées sur l'emploi d'éléments radioactifs qui ne sont en fait que des méthodes de traceur.

II - GENERALITES SUR LES METHODES DE TRACEUR -

Depuis 1954, dates d'apparition des premiers traceurs radioactifs de nombreux expérimentateurs les ont employés et, il faut bien le reconnaître, avec peu d'efficacité. Il est nécessaire d'analyser ce phénomène.

Dès les premières années de leur utilisation, les traceurs ont fourni des informations qualitatives sur le transport de fond mais rares sont les expériences où mesures radioactives et mesures hydrométéorologiques furent associées. Il n'était donc pas possible d'utiliser correctement les résultats fournis par le traceur. On demandait alors au traceur de remplacer les outils conventionnels.

.../...

Cependant une évolution s'est faite et de plus en plus l'expérience de traceur est conçue comme un outil supplémentaire à la disposition du sédimentologue et de l'hydraulicien. C'est dans un tel contexte que la méthode du traceur a pu se développer et contribuer à une meilleure connaissance des phénomènes naturels.

Cette évolution suppose ce qu'on pourrait appeler un changement d'échelle dans la compréhension des lois naturelles. En effet les cycles de la nature sont de grande durée, les effets sont lents tandis qu'une expérience de traceur est par nature limitée dans le temps et dans l'espace. Ainsi pour chaque expérience de traceur il faut concevoir la transposition, le passage entre les quelques mois et kilomètres de sa durée et de son étendue et les années de la nature. Ceci a permis de définir les caractéristiques principales de la méthode des traceurs :

1) Elle permet de vérifier dans des zones précises d'étendue limitée les hypothèses de transport établies par l'homme de l'art sédimentologique.

2) Elle permet de quantifier certains paramètres de lois de transport pour des conditions hydrodynamiques connues, c'est un étalonnage de ces lois.

3) L'ensemble des deux propriétés ci-dessus peut s'appliquer aussi au tarage des modèles sédimentologiques en effectuant les mêmes expérimentations en nature et sur le modèle.

4) La méthode des traceurs permet aussi une description du processus de transport, c'est alors un outil de recherche et non seulement de mesure.

5) C'est un moyen lagrangien d'investigation et de mesure en complément des mesures eulériennes habituelles. Cette propriété est fort importante pour les développements à venir car la mesure lagrangienne est la mieux adaptée à la prévision du transport des polluants.

On se limitera à ce bref rappel des propriétés des méthodes de traceur, il ne paraît pas utile de discuter des différentes méthodes, des différents traceurs utilisables :

- traceurs radioactifs artificiels,
- traceurs radioactifs naturels,
- minéraux lourds,
- traceurs fluorescents.
- traceurs activables,

qui ont fait l'objet d'un rapport publié par l'A.I.E.A.

III - QUELQUES APPLICATIONS TYPIQUES DE LA METHODE DES TRACEURS -

III - 1 - Extractions de sables et graviers sur le plateau continental.

Il est prévu pour les années à venir un fort développement de la demande en sables et graviers d'origine marine. Une telle activité débouche sur deux types de problèmes :

- la gêne à la pêche par la création de souilles,
- la modification des conditions écologiques du milieu naturel par changement de la transparence de l'eau et dépôt sur les fonds des éléments fins remis en suspension lors de l'extraction.

Le C.N.E.X.O. et le C.E.A. ont entrepris un programme d'études visant à caractériser une extraction expérimentale en vraie grandeur en baie de Seine. Deux études ont été faites par emploi de traceurs radioactifs.

Dans l'étude des suspensions la méthode de traceurs a consisté à marquer les éléments fins remis en suspension à la surverse de la drague et à suivre leur comportement au gré des courants.

Le marquage s'opère par dépôt d'un métal rendu radioactif en réacteur, directement sur les sédiments. La détection du traceur

.../...

se fait par son rayonnement et la quantité de rayonnement mesuré est directement proportionnelle à la quantité de traceur injecté donc à la concentration de sédiment en suspension. Cette détection se fait à bord d'une embarcation équipée de systèmes électroniques de mesure du rayonnement.

Les mesures faites sont ensuite traitées selon un modèle de convection, de dispersion et de décantation de la suspension. On en déduit :

- le taux de décantation de la suspension,
- les paramètres de la dispersion horizontale,
- la circulation lagrangienne de la suspension.

Répétée plusieurs fois, cette opération a permis d'étudier les relations existantes ou tout au moins une forme approchée de ces relations entre les paramètres représentatifs du transfert de la suspension et les conditions hydrodynamiques.

Ainsi le taux de décantation SR est une fonction linéaire du coefficient de marée CM et de la hauteur de la houle h (en baie de Seine)

$$Sr \propto 160 + 1,7 CM - 28 h$$

Le taux SR est exprimé en grammes par tonne de suspension et par seconde. La valeur moyenne est de 250 g/t.s. et correspond à une décantation moitié en un temps de 50 mn environ.

On peut traduire ce taux de décantation en une vitesse de chute des sédiments, dans le cas de l'étude, cette vitesse est nettement supérieure à celle mesurée en eau calme. La turbulence améliore l'efficacité de décantation.

.../...

Les paramètres de la dispersion sont peu variables. Le coefficient de dispersion transversale varie de 0,02 à 0,12 m²/s tandis que le coefficient de dispersion longitudinale varie entre 0,1 et 0,4 m²/s (dispersion due principalement à la convection différentielle).

Ces mesures permettent d'établir une prévision du panache turbide d'une exploitation régulière.

La méthode des éléments radioactifs a aussi été appliquée à l'étude du comblement de la souille.

En simulant les matériaux naturels par du verre contenant une impureté radioactivée (ce verre est broyé à la granulométrie des sables naturels) on étudie les mouvements naturels sur le fond. En analysant simultanément les variations de la répartition du traceur et les courants et les houles, on a pu

- montrer que la souille ne se comble que très lentement (transports très faibles),
- vérifier les diamètres critiques d'érosion et de charriage des sédiments naturels en place.

III - 2 - Etude du transport par la houle pour les profondeurs de plus de 8 à 10 m.

La limite en profondeur du transport sous l'action de la houle est une question peu claire. Il a paru souhaitable d'étudier ce problème par des mesures directes in situ pour des conditions de marées et de houles variées, ceci dans des zones sans courants généraux.

Après une première étude en Méditerranée Orientale, une campagne intensive de mesures par traceurs a été entreprise au Sud de la côte des Landes.

.../...

Du verre radioactif a été immergé aux profondeurs de 8,15 et 22 m. avec soit la granulométrie médiane soit la fraction grossière des sédiments en place.

Ces injections de traceur (5 x 1 kg) ont été suivies au cours de tempêtes successives tout au long de l'automne 1975.

On a pu observer et quantifier des phénomènes connus ou méconnus:

- remontée de sédiments vers la côte : transport dans le profil depuis des fonds d'autant plus importants que les houles sont plus fortes et s'effectuant soit par charriage soit par remise en suspension,

- cheminement sur le fond de sédiments meubles (non cohésifs) sur des distances nulles à 8 m, et augmentant avec la profondeur selon une direction parallèle au rivage, vers le Sud,

- la quantité de sédiments remontés ou érodés dans le profil, augmentant avec la diminution de la profondeur se fait au détriment du fond qui est érodé,

- il y a une limite très nette vers les fonds de 11 à 12 m. au-delà desquels les quantités transportées restent très faibles et n'entraînent pas de modification sensibles à court terme,

- des sédiments marqués en provenance des fonds de 8m. sont retrouvés en faible quantité sur l'estran. Il existe une possibilité de remonter sur l'estran des matériaux grossiers par très forte houle. Ceci avait déjà été observé lors d'expériences sur la madrague, sédiments très grossiers de 1 à 3 mm de diamètre. Malheureusement s'il est difficile de quantifier ce mécanisme on peut néanmoins dire que les quantités retrouvées sur l'estran sont toujours restées très faibles,

- il n'est pas exclu que la superposition de courants et de houles ait un effet plus marqué.

.../...

III - 3 - Etude des circulations sableuses sur le site de Bonne Anse -
Saint-Palais.

A l'époque de ces mesures, il a paru souhaitable d'étudier par traceurs :

- l'éventuel franchissement du chenal de la baie de Bonne-Anse par les sédiments cheminants le long de la flèche de la Coubre,

- le transport sur la plage située à l'est,

- l'évolution des petits fonds entre le chenal de sortie de Gironde et la côte Nord.

Déposés sur les fonds près de la flèche, les traceurs ont été repris vers le Sud par les courants de jusant sortant de la Baie. Pour les conditions météorologiques rencontrées, les sables ne franchissent pas la passe et n'alimentent pas la plage.

Déposés sur la plage, des traceurs ont permis de quantifier le transport sur celle-ci, transport qui correspond à un déficit sableux et un état de regression de la côte.

Déposés sur les fonds, les traceurs n'ont pas eu le résultat souhaité, ils n'ont indiqué que l'action des courants de flot et de jusant sans direction préférentielle résultante dans aucune direction, mais il faut ajouter que le beau temps observé pendant cette partie de la campagne en est le responsable.

IV - TECHNOLOGIE ET CONDITIONS DE SECURITE -

IV - 1 - Marquage

Selon la granulométrie et la nature des sédiments, on adopte l'un des procédés suivants :

- vases ; marquage par absorption d'un métal radioactif en solution, 1 gramme d'or suffit au marquage de 5 kg de vases,

.../...

- sables : simulation par du verre de même densité, broyé à la granulométrie voulue et irradié en réacteur nucléaire,

- galets : inclusion dans le galet d'un petit fil métallique radioactif (Etudes dans les torrents, Etude sur les Bas Champs).

IV - 2 - Détection.

- En suspension, on traverse le nuage radioactif en y trempant une sonde de mesure du rayonnement.

- Sur le fond, on traîne une même sonde sur le fond de façon à tracer la cartographie de la répartition spatiale du traceur. La variation de cette répartition est ensuite interprétée en termes de mouvement.

IV - 3 - Interprétation.

Elle est adaptée à chaque expérience, des exemples ont été donnés avec des cas décrits en III.

IV - 4 - Sécurité.

L'utilisation de produits radioactifs est soumise à une autorisation donnée par la Commission Interministérielle des Radioéléments Artificiels après avis d'organismes spécialisés : Affaires Maritimes, ISTEPM, Service Central de Protection contre les Radiations Ionisantes. Elle peut être assortie d'une interdiction de pêche et d'une obligation de surveillance de la plage.

