

SUR L'ÉVALUATION DES RISQUES INDIVIDUELS ET COLLECTIFS
POTENTIELS DES REJETS NORMAUX OU EXCEPTIONNELS EN MILIEU AQUATIQUE

A. GARNIER

Association EURATOM/CEA

Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
BP N° 6, 92 260 FONTENAY-AUX-ROSES, FRANCE

I - INTRODUCTION

Dans l'évaluation des risques potentiels des rejets d'effluents dans le milieu aquatique, l'importance relative des rejets normaux des différentes installations conduit à s'intéresser tout d'abord aux effluents des usines de traitement rejetés en milieu marin. En effet, on sait que les rejets de routine des installations nucléaires de la C.E.E. contribuent pour une part minime à l'irradiation de la population. L'équivalent de dose collective engagée du fait des rejets de l'ensemble des installations a été estimé pour 1978 / LUYCKX 82 / à environ 500 man-Sv, contre 62 000 man-Sv pour l'ensemble des autres sources d'irradiation (naturelle, médicale, retombées d'essais nucléaires, professionnelles, etc ...), soit moins de 1 %. Sur ces 500 man-Sv, 90% proviennent des effluents des usines de traitement, rejetés principalement par voie liquide. Les quantités rejetées en sites côtiers (Windscale, La Hague) sont beaucoup plus importantes que celles rejetées en rivière (WAK, Marcoule) en raison des capacités d'acceptation de l'environnement. Pour ces rejets, le principal vecteur de contamination est l'ingestion de produits de la mer. De ce point de vue, une précédente étude montre que l'incorporation collective résultant de rejets en Méditerranée serait considérablement moins importante que celle due aux rejets en Manche (200 à 300 fois moins pour la population française pour un même rejet de ^{137}Cs / LOCHARD 81 / .

D'autre part, l'impact de rejets exceptionnels par leur nature, leur quantité, ou les conditions dans lesquelles ils seraient effectués, doit pouvoir être évalué, au niveau collectif et au niveau individuel, et il est important de connaître la distribution des doses individuelles et de localiser les groupes susceptibles d'être les plus exposés.

L'évaluation de l'impact des rejets en mer nécessite tout d'abord la connaissance du transport et de la dispersion des masses d'eau et des matières en suspension, puis celle des différents mécanismes et paramètres de transfert du milieu marin à l'homme / ANCELLIN 79 /. De nombreuses études, mesures et interprétations, ont déjà été effectuées dans ces domaines et les données collectées doivent permettre d'étayer des modèles ou d'envisager leur application à des cas bien définis. Pour le premier problème, concernant la dispersion des effluents, de nombreux modèles existent, en particulier des modèles locaux. Une étude en cours, dans le cadre de notre programme, porte sur l'application d'un modèle de circulation résiduelle à l'évaluation des concentrations jusqu'à de longues distances du point de rejet, en tenant compte de la climatologie des régions concernées.

II - ZONES ET MOYENS D'ÉTUDES

Divers organismes ont de longue date effectué des études orientées vers la protection radiologique ou vers les recherches océanographiques et biologiques, dont la confrontation nous paraît riche d'enseignements.

2.1. La présence de radioactivité dans les eaux marines est non seulement un sujet de problème mais aussi une source d'enseignements. Rappelons brièvement

qu'en différentes zones de l'Atlantique Nord-Est, des prélèvements d'eau de mer et des analyses de divers radioéléments (surtout le ^{137}Cs) ont été effectués systématiquement depuis de nombreuses années. Ce sont les différentes parties de la Mer du Nord explorées par l'Institut Océanographique de Hambourg depuis 1969 pour la partie Nord, et 1971 pour la partie Sud et pour la Manche, d'une part ; la Mer d'Irlande, les Minches, le Nord de l'Ecosse, surveillés par le F.R.L. (Lowestoft), d'autre part, (11 croisières effectuées de 1971 à 1978). La Baltique et les mers adjacentes sont également explorées et les résultats de mesures sont intéressants notamment pour l'étude du comportement des radioéléments dans le milieu marin. Les radioéléments considérés comme traceurs ont permis d'observer le déplacement des masses d'eau et des matières en suspension (soit en suivant un radioélément particulier, surtout le ^{137}Cs , soit en examinant les rapports entre les niveaux d'activité $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{241}\text{Am}/^{239+240}\text{Pu}$, $^{239+240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ qui permettent d'en détecter l'origine, connaissant les proportions présentes dans les effluents. Les trajets moyens des effluents, qui dépendent fortement des conditions météorologiques et des caractéristiques hydrographiques, ont été estimés, ainsi que le facteur de dilution, et diverses explications sont proposées pour les variations saisonnières des courants.

Dans les zones côtières ont été recueillis pour l'analyse de la radioactivité des échantillons de produits de la pêche côtière, des sédiments et divers échantillons biologiques : côtes britanniques, côtes françaises de la Manche, de Brest à Dunkerque et plus particulièrement côtes normandes et bretonnes (Laboratoire de Radioécologie Marine de la Hague), et d'autre part, côtes françaises de la Méditerranée (Laboratoire de l'AIEA, Monaco). La comparaison des résultats d'analyses de différents radionucléides montre que les proportions transférées de l'eau aux sédiments varient selon les radionucléides et selon les régions et les paramètres d'environnement. L'interprétation est difficile et une connaissance approfondie du milieu est nécessaire à l'interprétation du comportement des éléments considérés / IAEA-TECDOC 265, 1982 /.

Les principaux trajets des matières en suspension ont été décrits, tant pour la Mer du Nord / KAUTSKI 81 / que pour la Mer d'Irlande / MAUCLINE 80 /. Ils sont à compléter pour la Manche. D'après les mesures effectuées depuis 1976 dans les sédiments littoraux de sites répartis entre Brest et Dunkerque, la dispersion des radionucléides provenant des rejets industriels, essentiellement de la Hague, semble se faire selon deux directions différentes / GUEGUENIAT / : la fraction soluble (^{125}Sb , ^{137}Cs) s'orientant vers la Manche Orientale, comme le laissait prévoir l'étude de site (rejets de rhodamine, largage de bouées lestées), la fraction particulaire (^{144}Ce , ^{95}Zr , ^{106}Ru en partie) s'orientant vers l'Ouest, jusqu'au secteur compris entre l'embouchure du Trieux et la baie de Morlaix). Le piégeage de certains éléments dans le Golfe Normand Breton suggère l'existence d'une cellule de circulation résiduelle cyclonique, s'ajoutant au courant résiduel hivernal allant du Cotentin vers la Bretagne (en été, une partie du courant Ouest-Est se renverse, au contraire, en direction de la pointe de la Cornouaille).

On a noté un décalage d'environ deux ans entre le rejet à l'émissaire et la présence de ^{144}Ce dans les sédiments sur le littoral breton. Les tempêtes peuvent jouer un rôle dans le transfert par la remise en suspension des vases contaminées.

De nouvelles mesures dans l'eau de mer et les sédiments (programme en cours du Laboratoire de Radioécologie Marine, auquel participe l'Association) devraient permettre de compléter et d'interpréter ces résultats, comparativement avec ceux résultant de l'application des modèles adéquats.

2.2. Pour la recherche océanographique, il existe dans l'Atlantique Nord-Est d'importants moyens (stations et navires) d'observation et d'enregistrement

des vagues et des marées, ainsi que des données météorologiques. En Méditerranée, des moyens ont été développés dans le but d'étudier les interactions air-mer (Programme Medalpex) (bouée océanographique de Calvi).

2.3. Enfin, des programmes de recherches en biologie marine sont susceptibles de favoriser non seulement la compréhension des transferts, mais aussi celle des phénomènes de dispersion. Leurs méthodes d'étude combinent les mesures à la mer, la télédétection et la modélisation mathématique.

- Les mesures à la mer comprennent celles des paramètres physiques tels que température, salinité, et des paramètres biologiques tels que les teneurs en phytoplancton, éléments nutritifs ou chlorophylle, entre lesquels des corrélations ont pu être établies.

- La télédétection, aéroportée ou par satellite, permet d'obtenir des images sur lesquelles on peut détecter les zones où des différences de température (photo infrarouge) ou de couleur (mesures de réflectance) permettent, compte tenu des corrélations précédentes, de déceler la variation de caractéristiques hydrobiologiques et la présence de courants, de tourbillons, ou de fronts.

Les zones ainsi décelées peuvent être examinées plus en détail, en vue d'études théoriques (par exemple pour l'intercalibration des méthodes) ou en vue d'applications pratiques (aide à la navigation et à la pêche, description des panaches turbides en zone côtière) ou même les deux à la fois. Citons par exemple - l'étude de la croissance du phytoplancton dans des régions de fronts thermiques en présence de tourbillons, sur le pourtour des Iles Britanniques et à proximité de la Bretagne / PINGREE 75 et 78 / - l'étude de l'enrichissement biologique sur le front d'Ouessant (interprétation d'images fournies par LANDSAT / VIOLLIER 80 pub 7 / qui suggère une interprétation intéressante pour l'étude des phénomènes de diffusion (possibilité d'échanges verticaux grâce à une certaine érosion de la thermocline en bordure du front, due à l'augmentation d'intensité des courants de marée en période de vive-eau) - l'étude du champ thermique à la surface de la mer sur le plateau celtique / GRALL 81 /, comparant les images obtenues par exploitation des données de satellites (programme SATIR) et les résultats de mesures effectuées par deux navires.

Citons encore des expériences d'intercalibration entre les survols aériens et les mesures à la mer (" vérité-mer ") qui ont permis de décrire le gradient côtier des propriétés hydrobiologiques (turbidité des eaux, concentration en chlorophylle) dans le détroit du Pas-de-Calais / VIOLLIER 80 / (Lille et Wimereux).

Dans le cadre du projet EURASEP, une intercalibration préliminaire entre images fournies par Coastal Zone Color Scanner et mesures à la mer avait été effectuée en Mer Ligure, entre Nice et Le Cap Corse en Mars 1979. Les premières analyses ont mis en évidence l'importance des corrections atmosphériques.

Les avantages que constituent l'étendue et la répétitivité des images fournies par satellites permettent d'espérer beaucoup de données utiles à la compréhension de certains phénomènes océanographiques. L'interprétation doit cependant rester prudente et tenir compte des particularités locales et saisonnières. Dans l'Atlantique Nord-Est, la fréquence de la couverture nuageuse constitue un inconvénient de cette méthode en réduisant le nombre des images utilisables, d'où l'intérêt de mesures aéroportées. Dans la Méditerranée, par contre, des conditions atmosphériques beaucoup plus favorables ont permis d'établir des cartes mensuelles des fronts grâce à 1200 images obtenues sur deux ans, et d'étudier les variations saisonnières et interannuelles de leur position et de leurs contours / PHILIPPE 82 /.

- La modélisation mathématique peut contribuer à ces études sur le plan pratique, en prévoyant approximativement les limites des zones marines où des mesures " in situ " détaillées seraient le plus utiles, compte tenu des moyens et du temps nécessaires.

Ainsi, le modèle numérique de marée de/PINGREE et GRIFFITHS 78 / permet de prédire la position et les contours de la plupart des régions de fronts. Les différences entre prédictions et observations par satellite ou mesures à la mer sont liées notamment à la profondeur et à la salinité des eaux, aux variations géographiques du flux de chaleur, aux effets du vent et des vagues, ainsi qu'aux variations saisonnières.

Inversement, de nombreuses données étant nécessaires à la mise en oeuvre des modèles mathématiques, il serait intéressant de mettre à profit la télé-détection pour compléter les autres sources d'information. Selon NIHOUL/82 / qui a souligné les exigences de qualité et les progrès à réaliser en vue de l'application aux modèles hydrodynamiques, la meilleure voie serait la mesure directe des flux, permettant de déterminer les conditions à l'interface air-mer, dont une formulation trop simplifiée ou approximative pourrait conduire à de notables erreurs.

III - CHOIX D'UN MODELE

La complexité des problèmes abordés conduit en effet à s'orienter vers des modèles explicatifs fondés sur les principes de l'hydrodynamique et la connaissance des caractéristiques du milieu marin et de leur variabilité. Certains résultats d'observation paraissent contradictoires entre eux ou avec les prévisions / GUEGUENIAT 79 / / JEFFERIES 82 /. Plusieurs explications sont possibles : non seulement différences de comportement des radionucléides, modification des quantités rejetées ou des conditions de rejet, mais aussi variabilité des conditions climatiques ou occurrence de situations extrêmes, pouvant se conjuguer avec l'influence de paramètres négligés ou dont la fluctuation est mal connue. Ceci plaide en faveur d'une modélisation suffisamment détaillée, écartant des simplifications abusives, ce qui toutefois n'exclut pas les schématisations.

Dans une analyse comparative de différents modèles hydrodynamiques / MEJON 83 /, effectuée dans le cadre de notre programme, les principes, les méthodes de résolution et les limitations des modèles sont étudiés de façon approfondie, en prenant pour exemples d'application l'étude des marées et tempêtes (Mer du Nord), l'étude des courants résiduels (Mer du Nord, Manche) ou des courants littoraux (côtes françaises de La Manche et de L'Atlantique). Les modèles de dispersion des polluants sont présentés, en particulier celui mis au point à l'Université de Liège, qui a été retenu pour une étude à plus grande échelle (plateau continental nord-européen limité par l'isobathe de 200 mètres environ). Au cours de cette étude, effectuée sous la direction de J.C. NIHOUL, on souhaiterait répondre aux questions suivantes :

- Quels sont à l'échelle européenne les trajets prévisibles des polluants, en fonction de la nature de ceux-ci, des conditions de rejet et des caractéristiques de l'environnement ?

- Quelles seront les concentrations de ces éléments dans les vecteurs de contamination les plus importants à plus ou moins longue échéance ?

Les applications seront faites en simulant des situations météorologiques typiques ainsi que des situations réelles pour lesquelles existent des observations in situ (1976). Les résultats de calculs seront autant que possible comparés aux résultats des mesures de radioactivité, et pourront éventuellement être pris en considération pour le choix d'autres zones à explorer.