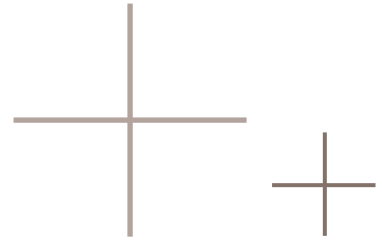


Les déchets immergés

Dossier

1



Suite aux travaux du Grenelle de la Mer qui s'est tenu en 2009, l'engagement a été pris de mettre en place une meilleure surveillance et un contrôle plus efficace du milieu marin.

En ce qui concerne les déchets radioactifs immergés, cet engagement se traduit par « Consolider l'inventaire des décharges sous-marines de déchets nucléaires, en apprécier la dangerosité et établir des priorités pour réaliser des analyses sur la faune et la flore sédentaire et les sédiments ». Le présent chapitre apporte des éléments de réponse sur les deux premiers points. Il synthétise notamment les données présentées dans les deux rapports en référence [1].

1. Contexte et historique

L'évacuation en mer a été de tout temps un moyen de gestion de tous types de déchets.

Les déchets radioactifs n'ont pas fait exception à cette règle.

La solution de l'immersion simple de ces déchets, c'est-à-dire le dépôt sur les fonds marins, sans enfouissement, après conditionnement pour les plus actifs d'entre eux, était en effet considérée comme sûre par la communauté scientifique car la dilution et la durée présumée d'isolement apportées par le milieu marin étaient suffisantes.

C'est ainsi que cette pratique a été mise en œuvre par de nombreux pays pendant plus de quatre décennies, à partir de 1946.



Immersion de déchets radioactifs en mer dans les années 1960

[1] AIEA 1999 : « Inventory of radioactive waste disposals at sea » (TECDOC 1105) et DSND : Visite de Mururoa du 24 juin 2010.

1.1. Contexte réglementaire

Les premiers textes réglementant l'immersion de déchets radioactifs ont été formulés par la Conférence des Nations Unies sur le droit de la mer de 1958.

Ces textes demandaient d'une part à tous les États de prendre des mesures visant à éviter la pollution des mers par déversement de déchets radioactifs et recommandaient d'autre part que l'AIEA¹ établisse des critères de sûreté et des recommandations sur ce sujet. Les États restaient toutefois libres d'organiser leurs opérations d'immersion.

Au début des années 1960, l'AIEA a recommandé que ces immersions aient lieu dans des sites spécialement désignés par une autorité compétente qui assurerait également le contrôle des opérations.

C'est dans cet esprit qu'à partir de 1967, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, qui ne comptait alors comme membres que des pays européens, a commencé à coordonner les collectes de déchets au niveau des États européens candidats, en vue d'optimiser les opérations d'immersion.

Puis la Convention de Londres de 1972, reconnue comme le principal dispositif international de contrôle de l'immersion de déchets dans la mer, a interdit, dès son entrée en vigueur en 1975, l'immersion de déchets fortement radioactifs et a exigé une autorisation spéciale pour immerger les déchets faiblement radioactifs.

La Convention de Londres a en outre confirmé le rôle de l'AIEA en matière de définition de règles spécifiques pour l'immersion de déchets radioactifs en mer.

Malgré la mise en place de ces dispositions réglementaires, un certain nombre de parties à la Convention se sont montrées préoccupées par les risques éventuels pour la santé humaine et l'environnement qu'implique l'évacuation en mer des déchets radioactifs. Un moratoire volontaire sur l'immersion de ces déchets a été adopté en 1983 dans l'attente d'un examen global de la question.

À l'issue de cet examen, auquel a largement contribué l'AIEA, les parties signataires de la Convention ont décidé en 1993 d'interdire l'immersion de tout type de déchets radioactifs dans la mer, en précisant toutefois que cette décision ne se fondait pas sur des considérations scientifiques et techniques, mais plutôt sur des critères moraux, sociaux et politiques.

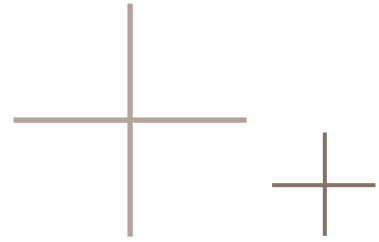
1.2 Les différents types de déchets immergés

Les déchets radioactifs qui ont fait l'objet d'immersions se présentent sous plusieurs formes :

- **des déchets liquides**, directement évacués en mer sur des sites dédiés ou mis en conteneurs mais non solidifiés ;
- **des déchets solides**, non conditionnés ou, pour la plupart, emballés, généralement dans des fûts métalliques, après incorporation dans une matrice de béton ou de bitume, conformément aux recommandations de l'AIEA.

Il s'y ajoute des cuves de réacteurs nucléaires, contenant éventuellement du combustible, provenant des États-Unis ou de l'ex-URSS.

¹ AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique



1.3 Historique des immersions

La première opération d’immersion a été réalisée par les États-Unis en 1946 dans le Pacifique Nord-Est, à quelques 80 kilomètres au large de la côte de Californie, la dernière, hors ex-URSS, a eu lieu sous l’égide de l’AEN en 1982 dans l’Atlantique, à environ 550 kilomètres au large du plateau continental européen.

Entre ces deux dates, 14 pays ont procédé à des immersions dans plus de 80 sites du Pacifique et de l’Atlantique (et de ses mers adjacentes). L’activité totale des déchets immergés était d’environ 85 000 térabecquerels à la date de leur immersion.

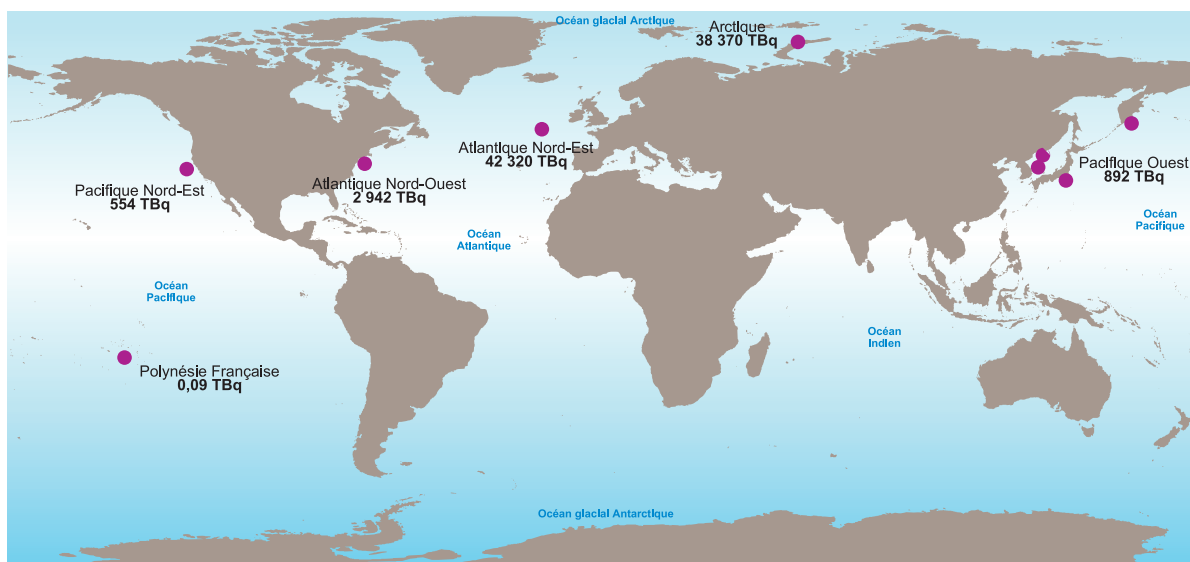
La *carte ci-dessous* recense les différents sites utilisés et le *tableau ci-dessous* indique les bilans d’activité immergée pour chaque zone concernée.

Répartition de l’activité des déchets immergés

	Activité α (TBq)	Activité β/γ (TBq)	Activité totale (TBq)	Pourcentage de l’activité totale (TBq)
Atlantique Nord-Est	675	41 645	42 320	49,7 %
Atlantique Nord-Ouest	-	2 942	2 942	3,5 %
Arctique	-	38 370	38 370	45,1 %
Pacifique Nord-Est	0,04	554	554	0,7 %
Pacifique Ouest	-	892	892	1 %
Pacifique (Polynésie française)	0,07	0,02	0,09	-
Total	~ 675	~ 84 400	~ 85 100	100 %

99 % de la radioactivité totale provient des déchets contenant des émetteurs bêta/gamma, notamment des produits de fission et d’activation tels que le strontium 90, le césium 137, le fer 55, le cobalt 58, le cobalt 60, l’iode 125, le carbone 14 et le tritium.

Sites d’immersion de déchets radioactifs dans le monde



2. Les immersions en Atlantique Nord-Est

La première immersion dans l'Atlantique Nord-Est en 1949, a été réalisée par le Royaume-Uni (qui avait déjà immergé en 1948 des déchets liquides dans ses eaux territoriales à l'est de Norwich) au travers d'une opération expérimentale menée dans un site situé à environ 600 km à l'ouest de la Bretagne.

Cette opération portait sur 9 tonnes de déchets conditionnés qui représentaient une activité de l'ordre de 0,04 térabecquerels.

À partir de cette date et jusqu'en 1966, le Royaume-Uni, mais aussi la Belgique dans une moindre mesure, ont procédé régulièrement à des immersions dans différents sites de l'Atlantique et de la Manche. Ces deux pays ont notamment immergé des déchets dans la fosse des Casquets, située à 15 km au nord-ouest du Cap de La Hague (50) *(site 2 du tableau ci-dessous)*.

Les immersions en Atlantique Nord-Est de 1949 à 1966

Site	Latitude	Longitude	Profondeur (m)	Date	Pays	Tonnage (t)	Activité (TBq)
1	48°30' N	13°0' W	3 600-4 000	1949	Royaume-Uni	9	0,04
2	49°50' N	2°18' W	65-160	tous les ans de 1950 à 1963	Belgique, Royaume-Uni	17 274	60
3	55°20' N	11°20' W	2 700	1951	Royaume-Uni	33	0,2
4	55°8' N	12°10' W	2 800	1953	Royaume-Uni	57	0,15
5	32°37' N	14°5' W	4 000-4 200	1955	Royaume-Uni	1 453	1,7
6	32°42' N	19°30' W	3 600-4 100	1957, 1958	Royaume-Uni	7 098	131
7	32°38' N	20°5' W	2 100-4 800	1961	Royaume-Uni	4 360	81
8	46°27' N	6°10' W	4 200-4 600	1962	Royaume-Uni	253	6,7
9	45°27' N	6°16' W	4 100-4 800	1963, 1964	Belgique, Royaume-Uni	10 201	850
10	48°20' N	13°16' W	1 900-4 500	1965, 1966	Royaume-Uni	2 803	617
TOTAL						~ 43 500	~ 1 800

La Suède a de son côté immergé 230 conteneurs (environ 44 m³) en mer Baltique, à environ 30 km au sud-est de l'île d'Öja, au cours de deux opérations en 1959 et 1961 pour une activité totale d'environ 15 gigabecquerels (0,015 TBq).

Le *tableau ci-dessus* synthétise les données recueillies par l'AIEA sur ces différentes opérations.



De 1967 à 1983, date à laquelle le moratoire sur l'évacuation des déchets faiblement radioactifs en mer a été signé, les opérations d'immersions ont été coordonnées par l'AEN. Elles ont concerné 3 sites, tous situés dans les fosses abyssales.

- **En 1967**, l'Allemagne, la Belgique, la France, le Royaume-Uni et les Pays-Bas ont immergé environ 11 000 tonnes de déchets (36 000 fûts) dans un site à 400 km au large de la Galice (Espagne) (site repéré en violet sur la *carte page 113*) par plus de 4 600 mètres de fond : ces déchets représentaient une radioactivité de l'ordre de 300 térabecquerels.

Les immersions coordonnées par l'AEN sur le site de 1967

Pays	Nombre de conteneurs	Masse (t)	Activité (TBq)
Allemagne	480	181	0,2
Belgique	1 945	600	7
France*	31 596	9 184	220
Royaume-Uni	-	722	66
Pays-Bas	-	207	0,07
TOTAL	34 021	10 894	293,27

* Ces données pour la France sont détaillées page 114.

- **En 1969**, une nouvelle opération, regroupant cette fois la Belgique, la France, le Royaume-Uni, l'Italie, les Pays-Bas, la Suède et la Suisse s'est traduite par l'immersion d'environ 9 000 tonnes de déchets correspondant à une radioactivité de l'ordre de 900 térabecquerels sur un site à 900 km à l'ouest de la Bretagne, à une profondeur comprise entre 4 000 et 4 600 m (site de Porcupine repéré en jaune sur la *carte page 113*).

Les immersions coordonnées par l'AEN sur le site de 1969

Pays	Nombre de conteneurs	Masse (t)	Activité (TBq)
Belgique	2 222	600	18
France*	14 800	5 015	134
Italie	100	45	0,2
Pays-Bas	-	303	1
Royaume-Uni	-	1 878	665
Suède	2 895	1 081	3,2
Suisse	100	224	13
TOTAL	20 117	9 146	834,4

* Ces données pour la France sont détaillées page 114.

• **De 1971 à 1982**, un seul site, d'une superficie de 4 000 km², situé au large du golfe de Gascogne, à près de 1 000 km des côtes françaises (sites repérés en vert sur la *carte page 113*) a été recommandé par l'AEN et utilisé par la Belgique, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et la Suisse : 123 000 colis y ont été immergés pour environ 35 000 térabecquerels (*voir tableau ci-dessous*).

Les immersions sur le site AEN entre 1971 et 1982

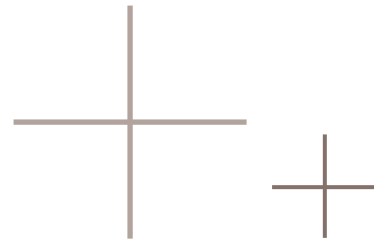
Pays	Nombre de conteneurs	Masse (t)	Activité (TBq)
Belgique	51 157	27 026	2 090
Royaume-Uni	-	23 788	29 050
Pays-Bas	> 28 428	18 652	335
Suisse	7 370	5 097	4 407
TOTAL	86 955	74 563	35 882

Pendant toute la période 1949-1982, le Royaume-Uni a en outre mené des opérations d'immersion dans une vingtaine d'autres sites relevant de ses eaux territoriales, notamment en mer d'Irlande, pour une activité d'environ 10 térabecquerels.

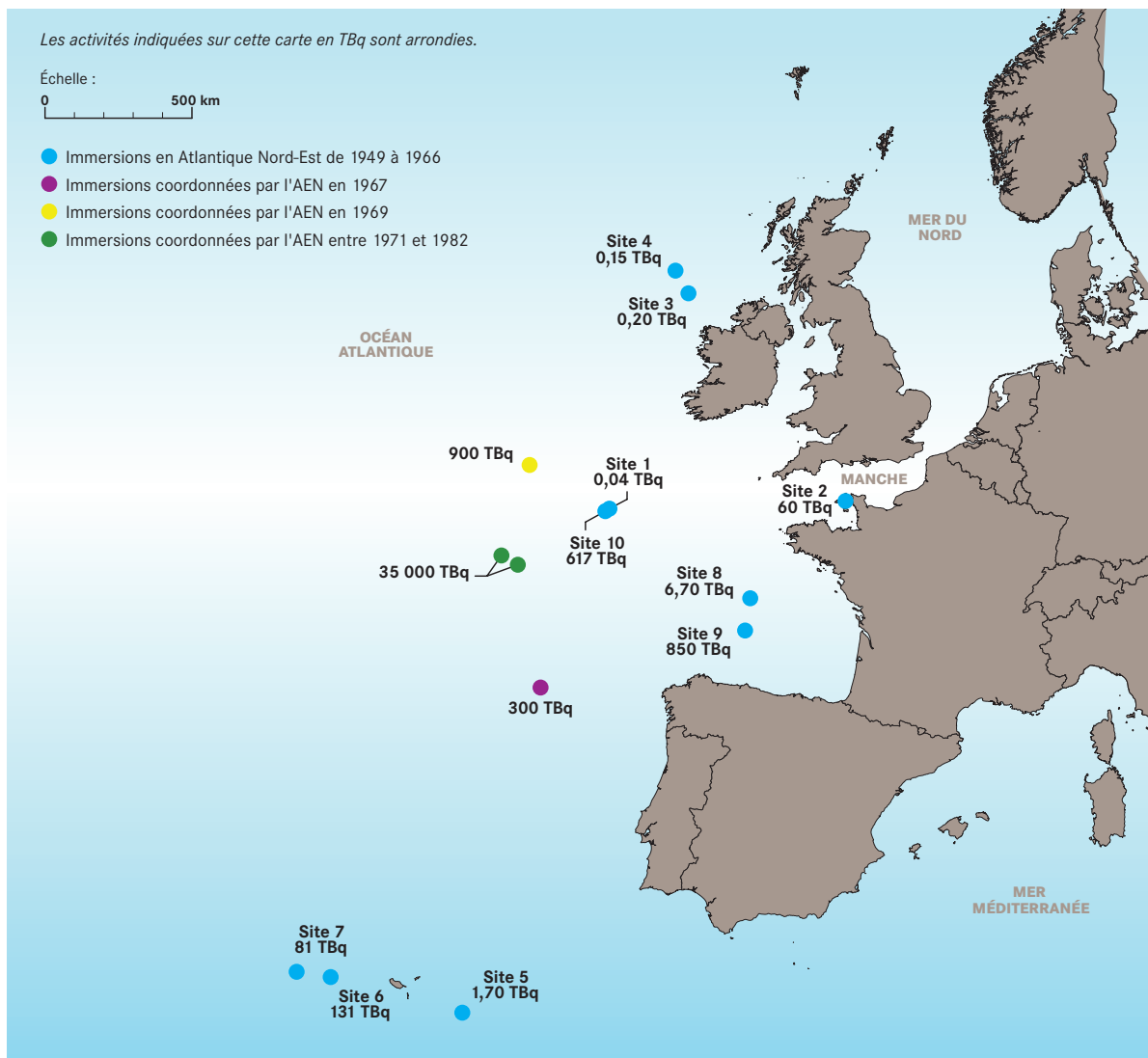
Il a par ailleurs procédé à deux opérations en 1968 et 1970 dans un site (site 10 du *tableau*

page 110) de l'Atlantique qu'il avait déjà utilisé en 1965 et 1966, y immergeant 4 838 tonnes de déchets pour une activité totale de 13 500 térabecquerels.

La *carte ci-contre* indique la localisation des sites utilisés dans l'Atlantique Nord-Est et les mers adjacentes ainsi que l'activité des déchets qui y ont été immergés (à la date de leur immersion).



Sites utilisés dans l'Atlantique Nord-Est



3. Les immersions pratiquées par la France

Comme indiqué ci-dessus, la France a pris part aux deux opérations coordonnées par l'AEN en 1967 et 1969 dans l'Atlantique Nord-Est.

Elle n'a pas participé aux campagnes suivantes coordonnées par l'AEN, l'ouverture du Centre de Stockage de la Manche ayant été autorisée en 1969.

Par ailleurs, la France a procédé à des immersions dans le Pacifique afin d'évacuer certains déchets induits par les activités liées aux essais nucléaires réalisés en Polynésie.

Trois sites ont été utilisés, tous situés dans les eaux territoriales françaises : 2 au large de l'atoll de Mururoa, 1 au large de l'atoll d'Hao.

Aucune immersion française n'a été pratiquée en Manche : seuls le Royaume-Uni et la Belgique ont utilisé la fosse des Casquets au nord-ouest du Cap de La Hague (50).

En ce qui concerne la Méditerranée, le CEA a annoncé en 1962 son intention d'immerger 6 500 fûts de déchets radioactifs, à une profondeur de 2 500 m à 80 km au large des côtes entre Toulon (83) et la Corse mais ce projet a été abandonné à la suite de différentes protestations.

Toutefois, afin de vérifier la faisabilité de telles opérations, des fûts inactifs ont été immergés dans cette zone.

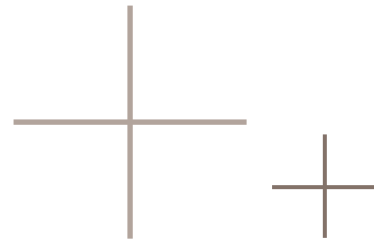
3.1. Détail des immersions françaises en Atlantique Nord-Est

Lors de la campagne d'immersion coordonnée par l'AEN en 1967, la France a immergé 896 conteneurs métalliques (347 tonnes) contenant des déchets enrobés dans du béton, correspondant à une activité d'environ 0,4 térabecquerel et 30 700 fûts en acier galvanisé (8 837 tonnes) contenant des boues de traitement d'effluents liquides épaissies pour une activité de 220 térabecquerels.

Tous ces déchets provenaient du Centre de Marcoule (30).

Lors de la campagne d'immersion coordonnée par l'AEN en 1969, 14 800 conteneurs, soit au total 5 015 tonnes, de fûts métalliques contenant soit des boues de traitement d'effluents liquides enrobées ou non dans du bitume (2 201 tonnes), soit des déchets bétonnés (2 814 tonnes) provenant aussi du Centre de Marcoule (30), ont été immergés entre 4 000 et 4 600 m de profondeur sur le site dit « Porcupine ».

L'activité totale de ces déchets était de 134 térabecquerels.



3.2 Détail des immersions françaises dans le Pacifique

Deux sites ont été utilisés à proximité de Mururoa :

- le site *Novembre*, situé entre 4 et 8 km de l'atoll ;
- le site *Oscar* à une distance de 5 à 10 km (voir carte).

Ces deux sites permettaient des immersions à partir d'hélicoptères pour *Novembre* et de bateaux pour *Oscar* à une profondeur supérieure à 2 000 m.

Un seul site, *Hôtel*, a été utilisé à Hao, à environ 8 km de l'atoll, pour réaliser des immersions par bateau à une profondeur de 2 500 m.

76 tonnes de déchets radioactifs non conditionnés ont été immergés entre 1972 et 1975 sur le site *Novembre*, pour une radioactivité totale de huit gigabecquerels (0,008 TBq).

Sur *Oscar*, ce sont 2 580 tonnes de déchets conditionnés en conteneur béton ou en vrac qui ont été immergés entre 1974 et 1982, pour une radioactivité totale d'environ 60 gigabecquerels (0,06 TBq).

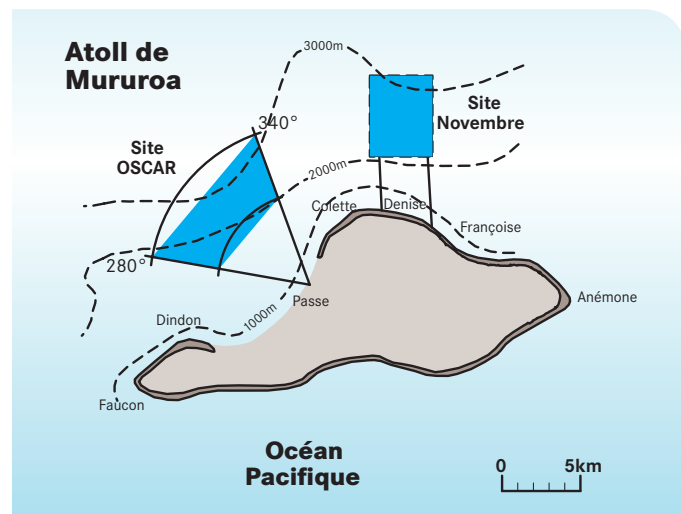
L'activité de ces déchets provient essentiellement des émetteurs alpha, notamment du plutonium.

Enfin, 310 tonnes de déchets radioactifs conditionnés en fûts de béton et 222 tonnes de déchets radioactifs en vrac ont été immergées sur le site *Hôtel* entre 1967 et 1975 : l'activité de ces déchets est due aux émetteurs bêta-gamma et est d'environ 15 gigabecquerels (0,015 TBq).

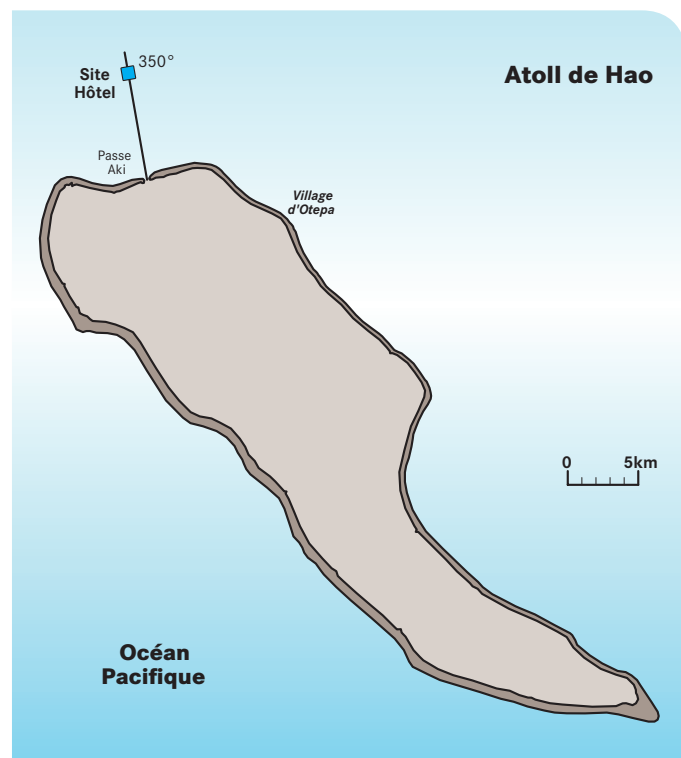
Il faut noter que ces sites ont aussi été utilisés, notamment après 1982, pour immerger des déchets non radioactifs.

Ces trois sites sont décrits plus précisément dans l'Inventaire géographique.

Sites utilisés en Polynésie française



Site de Mururoa



Site d'Hao

4. La surveillance des sites d'immersion

Jusqu'en 1977, conformément aux dispositions prises par la Conférence des Nations Unies sur le droit de la mer de 1958, les États étaient libres d'organiser et de superviser eux-mêmes des opérations d'immersion de déchets radioactifs sous réserve de respecter les recommandations émises par l'AIEA notamment en matière de choix de site d'immersion, de contrôle des opérations et d'évaluation de l'impact radiologique et de tenir informée l'AIEA des détails des opérations pratiquées.

La surveillance des sites se faisait donc sous le seul contrôle de l'État concerné, tel que défini par la Convention de Londres.

En 1977, la plupart des pays membres de l'AEN, notamment ceux qui avaient participé aux opérations coordonnées d'immersion mais aussi ceux qui s'opposaient à ces pratiques ont souhaité accroître leur coopération en vue d'ajouter une surveillance internationale efficace au contrôle national.

Ce souhait a été à l'origine de la décision du Conseil de l'OCDE de mettre en place un « mécanisme multilatéral de consultation et de surveillance pour l'immersion des déchets radioactifs en mer » qui a remplacé les arrangements *ad hoc* et volontaires en vigueur jusqu'alors. Cette décision obligeait les pays membres de l'AEN à se soumettre aux directives et à la surveillance exercée par l'AEN.

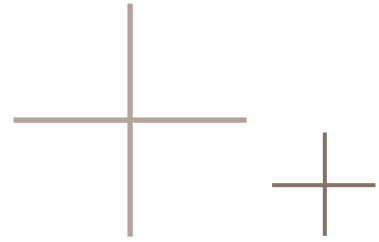
4.1. La surveillance des sites utilisés notamment sous coordination de l'AEN

En 1977, un seul site était encore utilisé par les pays de l'AEN pour faire des immersions (sites repérés en vert sur la *carte page 113*).

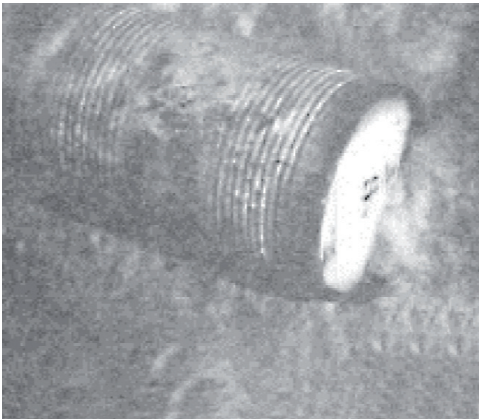
La décision du Conseil de l'OCDE obligeait aussi l'AEN à évaluer, au moins tous les 5 ans, si ce site était toujours approprié.

Un programme de recherche baptisé CRESP (acronyme anglais signifiant « programme coordonné de recherches et de surveillance du milieu lié à l'immersion des déchets radioactifs ») [1] a alors été mis en place en 1980 afin d'apporter des bases scientifiques fiables et complètes pour les évaluations du site.

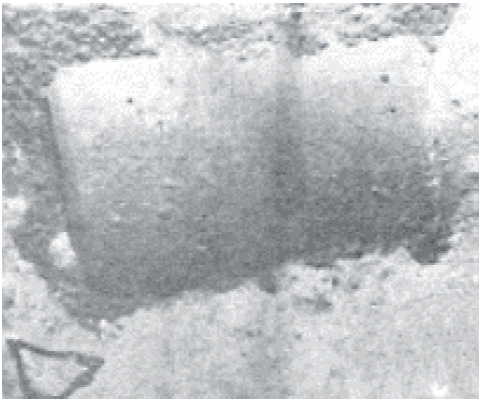
Essentiellement préoccupé des conséquences radiologiques des immersions et basé sur l'étude des processus qui contrôlent le transfert des radionucléides dans le milieu marin pour établir des évaluations de sûreté, ce programme international intégrait de très nombreuses données sur l'océanographie, la géochimie des eaux, la biologie..., récoltées par tous les navires de recherche ayant opéré sur ou dans les parages de la dernière zone d'immersion utilisée de 1971 à 1982 mais également sur les deux sites utilisés par la France en 1967 et 1969 (sites repérés en jaune et rose sur la *carte page 113*).



Photographies prises en 1984 de conteneurs immergés en 1979



Conteneur métallique



Conteneur en béton

Les résultats des analyses d'échantillons collectés n'ont montré aucune augmentation importante des concentrations des radionucléides représentatifs des déchets immergés.

La radioactivité observée dans la zone des déchets immergés se confond aux fluctuations de la radioactivité naturelle de ces fonds marins.

Compte tenu des faibles niveaux d'exposition et d'irradiation qui ont pu être mis en évidence, la nécessité d'une surveillance continue du site de l'AEN après l'interdiction totale en 1993 d'immersion de déchets radioactifs n'a pas été retenue et le programme CRESP s'est donc terminé en 1995.

En parallèle à ces programmes de surveillance basés sur l'interprétation de différentes mesures, une campagne de reconnaissance photographique directe du site de l'AEN a été organisée par l'IFREMER, en collaboration avec le CEA, en juin 1984 [III].

Un submersible inhabité a parcouru 61 km linéaires à une altitude moyenne d'environ 3,6 m au-dessus du fond, permettant de prendre 15 890 photographies à raison d'une photographie toutes les 5 secondes. Six conteneurs ont ainsi pu être photographiés (à comparer aux 123 000 conteneurs immergés dans cette zone). Cinq ont des enveloppes métalliques (comme la plupart des colis immergés sur ce site), le sixième est en béton.

En 1984, ces six conteneurs semblaient intacts malgré quelques déformations. L'impact des conteneurs lors de leur arrivée sur le fond est différent suivant ces deux types et semble être fonction de la densité des conteneurs. Les cinq conteneurs métalliques sont très légèrement enfoncés dans le sédiment ; celui en béton est plus profondément enfoui au centre d'un large cratère.

L'enveloppe de certains conteneurs métalliques semblait corrodée. Deux des conteneurs ont pu être identifiés comme faisant partie de ceux immergés en 1979.

[III] CR de l'Académie des Sciences t. 301, série III, N° 10, année 1985 : « Reconnaissance photographique de conteneurs en place dans la zone d'immersion des déchets faiblement radioactifs de l'Atlantique Nord-Est » par Myriam Sibuet, Dominique Calmet et Gérard Auffret.



Enfin, l'association Greenpeace a procédé, au début des années 2000, à une exploration des fonds marins de la fosse des Casquets, utilisés par le Royaume-Uni et la Belgique, à une profondeur atteignant une centaine de mètres. Après la localisation de fûts de déchets radioactifs, un véhicule commandé à distance équipé de caméras a été descendu vers le fond pour permettre une inspection plus précise qui a permis de constater la dégradation de nombreux fûts.

Les pays qui ont effectué par le passé des opérations d'immersion, y compris dans le cadre des opérations coordonnées par l'AEN, restent responsables de ces opérations. Toute éventuelle nouvelle campagne de mesure ou de reconnaissance photographique reste donc à l'initiative de chaque pays concerné qui le déciderait.

4.2 La surveillance des atolls de Mururoa et d'Hao

Lors de l'arrêt définitif des essais nucléaires français dans le Pacifique en 1996, la France a demandé à l'AIEA de réaliser une expertise radiologique des sites d'expérimentation de Mururoa et Fangataufa et des zones proches de ces sites.

C'est cette expertise qui constitue la situation de référence des niveaux d'activité dans l'environnement des deux atolls d'expérimentation. Bien que les experts de l'AIEA aient conclu qu'il n'était pas nécessaire de continuer la surveillance radiologique des atolls, il a été décidé de maintenir un programme de surveillance afin de détecter, en particulier, d'éventuels relargages des radionucléides à partir des cavités et des sédiments des lagons.

Cette surveillance concerne l'environnement des deux atolls et se compose de deux volets :

- un suivi en continu des aérosols atmosphériques et de la dose intégrée ;
- une campagne annuelle de prélèvement d'échantillons, la mission Turbo, menée chaque année de mars à juin.

Les échantillons des différentes espèces de la flore et de la faune, tant terrestre que marine, ainsi que des eaux souterraines circulant dans le massif, sont prélevés pour en mesurer la radioactivité. L'ensemble des échantillons fait l'objet d'une recherche des radionucléides émetteurs gamma et une sélection d'entre eux d'une mesure du tritium, du strontium 90 et des isotopes du plutonium.

Les radionucléides mesurés entre Mururoa et Fangataufa sont présents à des niveaux très bas et le plus souvent proches de la limite de détection des appareils de mesure de la radioactivité.

Pour ce qui concerne plus particulièrement la zone d'immersion d'Hao, des mesures radiologiques par prélèvements étagés d'eau en profondeur au droit du site d'immersion ont été effectuées en 2007. Il n'a pas été constaté d'élévation de radioactivité par rapport à la radioactivité océanique de référence.