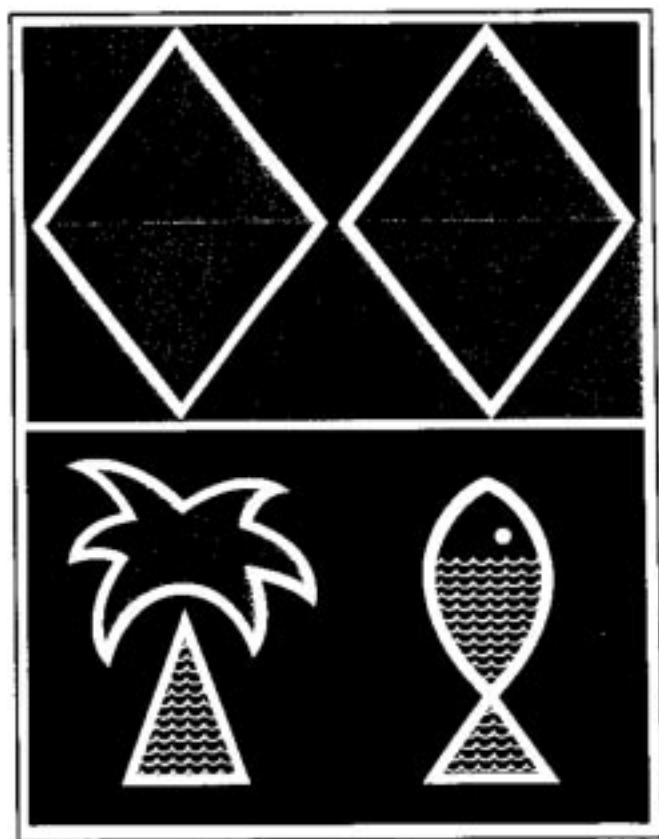


Andrew S. Burrows, Robert S. Norris
William M. Arkin, and Thomas B. Cochran



**Les essais nucléaires français
1960 - 1988**

GREENPEACE / Damoclès

GREENPEACE

*28 rue des Petites Ecuries
75010 Paris*

Tél. (1) 47 70 46 89

n° 3 - septembre 1989

Directeur de publication, Philippe Lequenne
CPPAP n° en cours

Damoclès

*B.P. 1027
69201 Lyon Cedex 01*

Tél. 78 36 93 03

n° 38/39 - mai/août 1989

CCP Lyon 3305 96 S
Directeur de publication, Patrice Bouveret
CPPAP n° 67010

Composition/Maquette : P. Bouveret

Imprimé sur papier blanchi sans chlore par **Atelier 26** / Tél. 75 85 51 00

Dépot légal à date de parution

Avant-propos à l'édition française

La traduction française de cette étude sur les essais nucléaires français entre dans le cadre d'une campagne mondiale de **GREENPEACE** pour la dénucléarisation du Pacifique.

Les chercheurs américains du **NRDC** sont parvenus à percer le secret qui couvre en France tout ce qui touche au nucléaire militaire. Ainsi, la France :

- a effectué 172 essais nucléaires de 1960 à 1988, soit environ 10 % du nombre total d'essais effectués depuis 1945 ;
 - doit effectuer 20 essais pour la mise au point d'une tête d'arme nucléaire ;
- effectuait 8 essais annuels depuis quelques années et ces essais ont permis la mise au point de la bombe à neutrons dès 1985 ;
 - a produit, depuis 1963, environ 800 têtes nucléaires et près de 500 sont actuellement déployées ;
- a effectué près de 110 essais souterrains à Mururoa. Les dégats causés à l'atoll sont très importants.

La récente décision officielle du regroupement des essais en une seule campagne de tirs annuelle n'a probablement pas été prise uniquement pour des impératifs économiques ou de conjoncture internationale.

Les révélations de cette étude concernant les essais français, la présence, révélée par **GREENPEACE**, de plusieurs dizaines d'armes nucléaires sur les fonds marins et l'opinion croissante des peuples en faveur de l'abolition des armes nucléaires imposent un abandon sans délai, comme première étape, de tous les essais nucléaires dans le monde.

Traduction : *Bruno Barrillot*

Centre de Documentation et de Recherche sur la Paix et les Conflits

Une version développée de ce document de travail sera publiée dans un chapitre de **Thomas B. Cochran, William M. Arkin, Robert S. Norris, Andrew S. Burrows, et al.**, *Nuclear Weapons Databook, Volume V, British, French, Chinese Nuclear Weapons and Nuclear Weapons Proliferation* (New York : Ballinger Publishing Company, à paraître). Les corrections et additions des lecteurs seraient appréciées.

Natural Resources Defense Council

1350 New York Avenue, NW

Washington, D.C. 20005

202/783-7800

Sommaire

- 3 Introduction
- 4 Source d'information. Sérieux des estimations
- 4 Les premiers préparatifs
- 5 Les essais en Algérie
- 5 Les essais atmosphériques à Mururoa et Fangataufa
- 6 Carte de l'Archipel des Tuamotu
- 7 Les essais souterrains à Mururoa et Fangataufa
- 8 Cartes de l'atoll de Mururoa et de Fangataufa
- 9 Autres activités à Mururoa
- 10 Coupe géologique de l'atoll de Mururoa
- 11 Dégats causés aux atolls
- 12 Les missions d'inspection scientifiques
- 13 Les futurs sites d'essais souterrains
- 14 Les types d'essais
- 17 *Tableau 1* : essais nucléaires français connus, 13 février 1960- 31 décembre 1988
- 27 *Tableau 2* : récapitulatif des essais nucléaires français, 1960-1988
- 28 *Appendice 1* : géographie et géologie des sites d'essais français
- 29 *Appendice 2* : organisation des services travaillant au programme d'essais nucléaires français
- 30 Abréviations
- 30 Titres courts utilisés dans les notes
- 31 Publications du Nuclear Weapons Data Center

Les essais nucléaires français 1960 - 1988

Andrew S. Burrows, Robert S. Norris
William M. Arkin, and Thomas B. Cochran

Février 1989

Introduction

Depuis 1960, la France a procédé au moins à 172 essais nucléaires. Jusqu'à 1988, les essais nucléaires français ont représenté 9,6 % du total des essais effectués depuis 1945 (1).

Le plus grand nombre d'essais effectués en une seule année est de 13 en 1980. Il n'y a eu qu'une seule année (1969) sans aucun essai. Sur les 28 années passées, la France a effectué en moyenne 5,9 essais par an. Les campagnes de tirs comportent à présent 8 essais par an.

En moyenne, depuis 1960, environ 20 essais nucléaires ont été nécessaires pour tester chaque type d'arme nucléaire de l'arsenal français. En comparaison, chaque tête nucléaire américaine moderne a nécessité 6 à 8 essais. Ces 172 essais nucléaires français ont permis la production d'environ 800 têtes nucléaires depuis 1963 et continuent d'assurer le soutien de l'actuel stock d'environ 500 têtes nucléaires déployées. La majorité des essais, 39 atmosphériques et 108 souterrains ont été effectués sur l'atoll de Mururoa dans le Pacifique.

La puissance totale cumulée des 172 essais peut être estimée à 12,55 mégatonnes, dont 10 Mt pour les 48 essais atmosphériques dénombrés (2). La plus importante explosion (2,6 Mt) eut lieu le 24 août 1968 à Fangataufa. Les puissances des essais souterrains effectués au Centre d'expérimentation du Pacifique (CEP) ont passablement varié, depuis environ 1 kilotonne jusqu'à 150 kt. La puissance cumulée de tous les essais souterrains effectués dans le Pacifique depuis 1975 jusqu'à 1988 est estimée à 2 200 kt.

L'ensemble des essais français peut être divisé en quatre périodes :

1960-1961 : 4 essais atmosphériques en Algérie,

1961-1966 : 13 essais souterrains en Algérie,

1966-1974 : 44 essais atmosphériques au CEP, dont 39 sur Mururoa et 5 sur Fangataufa,

1975-1988 : 111 essais souterrains au CEP, dont 108 à Mururoa et 3 à Fangataufa.

L'objet des prochaines campagnes d'essais nucléaires français est de développer un nombre de nouveaux systèmes d'armes nucléaires devant être déployés dans les années 90, soit la TN 35 (tête thermonucléaire 35) pour le S4 du Plateau d'Albion ; la TN 75 et la TN 76 pour le M5 des SNLE, la tête de la bombe à neutrons et la tête "standard" pour le missile Hadès et peut-être une bombe nucléaire sous-marine utilisable par la marine.

1. Environ 1 793 essais nucléaires ont été effectués dans le monde par 6 Etats depuis 1945. Depuis 1960 (le début des essais français), la France a effectué 11,3 % des essais conduits dans le monde.

2. DIRCEN, Dossier n°7, Table 1

Source d'information - Sérieux des estimations

La France n'a pas l'habitude d'annoncer tous ses essais nucléaires, ce qui laisse planer une certaine incertitude sur le nombre total d'essais effectués depuis 1960.

Durant les années 60 et au début des années 70, la France a effectué 48 essais atmosphériques, 4 en Algérie et le reste dans le Pacifique. Evidemment, comme tous ces essais atmosphériques étaient difficiles à cacher, les Français les ont automatiquement annoncés après chaque série, souvent en indiquant l'objectif et la puissance estimée de chaque essai (3). Les dates, puissances et localisations des 13 essais souterrains en Algérie entre 1961 et 1966 sont assez bien connus, en grande partie parce qu'ils furent aussi étudiés pour de possibles applications pacifiques.

Depuis que la France a commencé ses essais souterrains dans l'archipel des Tuamotu, dans le sud du Pacifique, en 1975, une volonté de secret a pesé sur l'ensemble du programme d'essais, en grande partie à cause de l'opposition continuelle exprimée par presque toutes les nations du Pacifique. Cette étude s'appuie sur plusieurs institutions scientifiques, en premier lieu sur le *Département de la recherche scientifique et industrielle de Nouvelle-Zélande* (DSIR) et l'*Institut national de recherche de défense de Suède* (FOA) qui, de manière indépendante, recueillent et analysent les données sismiques et ont situé les épicentres, la date et la magnitude de la plupart de ces essais.

En octobre 1985, le service gouvernemental français en charge des essais nucléaires (DIRCEN), en réponse à une demande du NRDC, publia un récapitulatif des essais français depuis 1960 jusqu'à 1984 (4). Le total était de 138, soit 11 de plus que ce qu'on pensait auparavant. Le nombre total des essais atmosphériques effectués était de 48, soit 3 de plus de ce qu'on estimait auparavant (5). Le nombre total des essais souterrains était de 90, soit 8 de plus que prévu. Parmi ces 8 essais, 5 n'avaient pu être détectés par aucune source (incluant DSIR et FOA), 2 pendant la période 1975-1977, 2 en 1980 et 1 en 1981 (6).

Des examens ultérieurs des enregistrements sismologiques du Geological Survey du Canada et du DSIR ont révélé 2 essais souterrains supplémentaires en 1983 (7). Ces 2 essais de très faible puissance, antérieurement non détectés, sont à ajouter aux 5 mentionnés ci-dessus.

On ne sait pas si des essais non détectés se sont produits depuis la publication du rapport du DIRCEN. Le directeur du DIRCEN a indiqué en octobre 1985 que les Français effectueraient 8 essais par an en moyenne (8), et c'est de fait le nombre d'essais détectés chaque année depuis 1984. Le ministre des Affaires étrangères, M. Roland Dumas, a annoncé en 1988 que la France annoncerait désormais à la fin de chaque année le nombre des essais nucléaires effectués pendant les 12 mois précédents (9).

Les premiers préparatifs

Après la décision officielle de construire une bombe atomique prise en 1954, les Français ont commencé à chercher un site convenant aux essais. Les lieux possibles comprenaient les îles Kerguelen dans l'océan Indien, l'Îlot de Clipperton et l'archipel des Tuamotu dans l'océan Pacifique et l'Algérie (alors française). Clipperton et l'archipel des Tuamotu furent éliminés à cause de l'absence de terrain d'aviation. Les Kerguelen étaient trop éloignées et d'un climat médiocre. Restait l'Algérie française (10). En 1957, le site de Reggane fut choisi et en avril 1958, le gouvernement français prit la décision d'effectuer un essai dans le premier trimestre de 1960 (11).

Pour aider à préparer le premier essai nucléaire de la France, plusieurs délégations françaises se rendirent sur le site d'essais américain du Nevada (NTS) en 1957 et 1958 pour assister et participer à des essais nucléaires américains. Ces visites fournirent des renseignements sur les effets des essais nucléaires, notamment lorsqu'ils participèrent à l'essai atmosphérique américain *SMOKY*, le 31 août 1957, au cours duquel les Français expérimentèrent quelques-uns de leurs abris souterrains personnels ainsi que des équipements et des instruments d'expérimentation. L'importance de ces visites tient au haut rang des délégués français, dont le général Charles Ailleret, souvent désigné comme le père de la bombe atomique française et

3. En plus, avant chaque essai, la France devait donner un avertissement public maritime et aéronautique aux navires et avions présents au voisinage du site d'essais.

4. DIRCEN, *Dossier n°1*.

5. Ces trois essais supplémentaires sont situés en 1966, 1971 et 1974.

6. Tout ce que l'on connaît sur ces essais est l'année où ils ont été effectués. Ils ont été inclus dans le tableau 1 (voir 1977 pour les 2 essais supplémentaires de la période 75-77).

7. "Scientists Confirm Bomb Tests", *New Zealand Herald*, 13 May 1988.

8. Voir la citation du général Mermat ; Jacques Isnard, "L'enjeu de l'indépendance nationale", *Le Monde*, 25 octobre 1985.

9. Discours à la Troisième session spéciale des Nations Unies sur le désarmement ; Service de presse et d'information de l'ambassade de France (Washington D.C.), *News from France*, Vol. 88.11, 14 juin 1988, p.2.

10. Général Ailleret, *L'aventure atomique française*, Paris, Grasset, 1968, p. 228

11. Commissariat à l'énergie atomique (CEA), "Les principales activités du Commissariat à l'énergie atomique", *Notes d'information*, n°33- 971, janvier 1970, p.15.

Les essais en Algérie

Le premier essai nucléaire français, *Gerboise bleue* selon son nom de code, s'est déroulé le 13 février 1960 depuis une tour haute de 105 mètres près de Reggane en Algérie (13).

Avec une puissance entre 60 et 70 kt, cet engin au plutonium était trois fois plus puissant que les premiers essais américains ou britanniques. Les trois essais atmosphériques suivants, de plus faible puissance, eurent lieu sur le site de Reggane en 1960 et 1961. Tous ces engins étaient à fission de plutonium pur, l'explosion se produisait depuis des tours et ils étaient étudiés pour leurs effets militaires. A la suite de chacun de ces essais, les pays africains voisins ont protesté, quelques-uns allant même jusqu'à rompre temporairement leurs relations diplomatiques avec la France (14). De plus, les premiers essais français furent effectués pendant un moratoire sur les essais décidé par les Américains, les Soviétiques et les Britanniques et qui avait commencé en 1958.

A la suite des quatre premiers essais atmosphériques, les Français commencèrent leur programme d'essais souterrains. Treize essais furent effectués de 1961 à 1966 dans les couches granitiques du Taourirt Tan Afella (également appelé Massif du Hoggar). La puissance de ces treize essais souterrains a varié grandement, entre 3,6 et 127 kt. La loi de programmation militaire couvrant la période 1960-1965 indiquait que l'objectif du développement du programme nucléaire était "la création d'un premier système d'armes nucléaires opérationnelles consistant en des bombardiers Mirage IV transportant une bombe à fission d'un pouvoir équivalent à 50 kt" (15). Cette bombe était probablement l'AN 11. Ces treize essais prétendaient conduire à la miniaturisation de la bombe AN 11, dont un prototype fut expérimenté avec succès le 1er mai 1962 (16).

Les essais atmosphériques à Mururoa et Fangataufa

Après l'indépendance algérienne en 1962, la France décida de conduire son programme d'essais nucléaires sur les atolls déserts de Mururoa (17) et Fangataufa dans l'archipel des Tuamotu. Plus tard dans cette même année, le site des essais du Pacifique fut officiellement désigné sous le nom de Centre d'expérimentation du Pacifique (18).

Le traité d'interdiction partielle des essais de 1963, signé en août, interdisait les essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, sous l'eau et dans l'espace. Cependant, en 1963, De Gaulle annonça officiellement que la France conduirait ses essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère à partir de l'atoll de Mururoa. Après la signature du traité, le président Kennedy offrit l'aide américaine pour le développement du programme nucléaire français, si la France décidait l'abandon des essais dans l'atmosphère. De Gaulle répondit que la France n'était pas signataire du traité et que si elle acceptait cette aide, cela l'attacherait et nuirait à l'indépendance de la France. De plus, les capacités militaires de la France n'étaient pas encore à un stade qui lui auraient permis de faire des essais souterrains (19).

Entre 1966 et 1974, la France a effectué 44 essais atmosphériques dans le Pacifique, 39 à Mururoa et 5 à Fangataufa. Les tirs étaient effectués depuis des barges, des ballons ou par largage depuis des Mirage IVA, Mirage IIIE ou Jaguar A. De 1965 à 1970, des têtes nucléaires ont été développées pour le missile S2 du Plateau d'Albion (tête à simple fission MR 31 testée en 1966), pour les missiles M1 et M2 des SNLE (tête à fission "dopée" MR 41 testée en 1968) et pour les missiles M20 des SNLE et S3 du Plateau d'Albion (tête thermonucléaire TN 60 testée en 1970).

A la suite des essais à fission de faible puissance de 1967 et du début de 1968, la France fit exploser son premier engin thermonucléaire à deux étages, le 24 août 1968, huit ans après son premier essai nucléaire. Ce premier essai thermonucléaire,

12. U.S. AEC, information de presse LAV-58-17, du 17 février 1958, donnant des informations selon le Freedom of Information Act (FOIA).

13. Le communiqué officiel, le jour du premier essai de la France indique que "quoique l'objectif final de la France soit le désarmement... l'échec des négociations sur le désarmement jusqu'à présent a conduit le gouvernement français à doter ses forces militaires d'armes atomiques". 27 ans plus tard (1987), la situation était en tous points semblable ; le Premier ministre Jacques Chirac, en réponse à une question concernant l'éventualité de la cessation des essais nucléaires français, disait : "Nous cesserons lorsque les États-Unis et l'Union Soviétique auront le même nombre de têtes nucléaires que nous. Alors nous serons prêts à les arrêter et même à réduire aussi nos forces nucléaires".

14. Bertrand Goldschmidt, *L'aventure atomique : ses aspects politiques et techniques*, p. 122.

15. Information donnée par l'ambassade de France à New York, 1972.

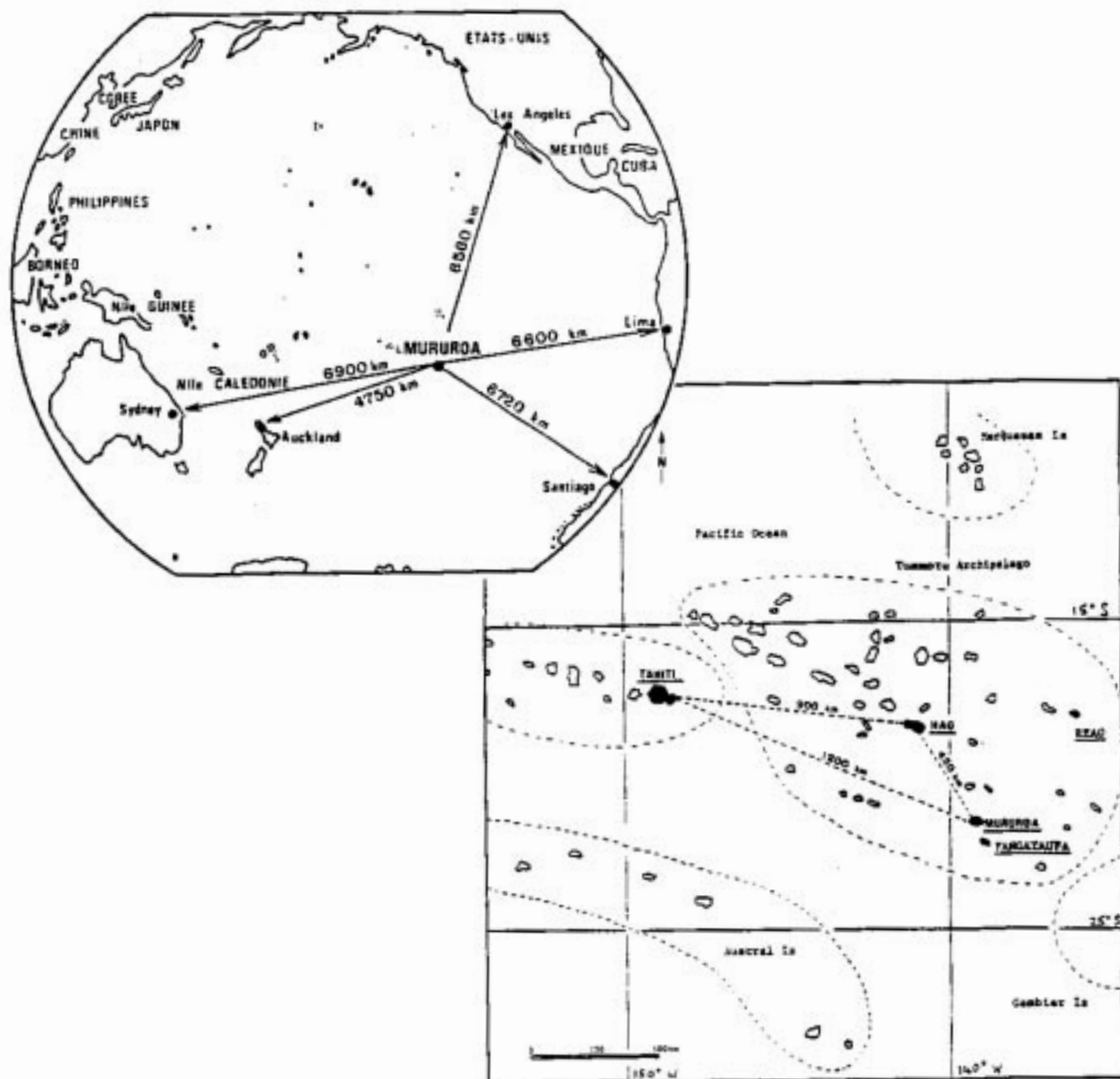
16. Goldschmidt, op. cit., p.155. La production opérationnelle de l'AN 11 a commencé en 1963.

17. A l'origine, l'île était nommée Moruroa, de son nom local traditionnel. Cependant il fut changé en Mururoa par les militaires français dans les années 60. Les opposants à l'utilisation de cet atoll (et de n'importe quel autre du Pacifique) pour les essais nucléaires français utilisent encore l'ancien nom de Moruroa.

18. Voir Appendice 2 qui donne d'autres détails sur le CEP.

19. Bertrand Goldschmidt, conférence donnée à Washington D.C., le 12 juin 1986.

Carte de l'Archipel des Tuamotou



Canopus selon son nom de code, fut aussi la plus puissante explosion française connue à ce jour avec une puissance de 2,6 mégatonnes. Cet essai fut facilité par la mise en service de la première installation française d'enrichissement d'uranium militaire à Pierrelatte, en avril 1967.

Pendant la période 1971-1975, les essais nucléaires contribuèrent à des développements supplémentaires des têtes pour les SNLE, en même temps que commencèrent le développement, les essais et la fabrication d'une tête nucléaire tactique plus petite. Cette tête nucléaire tactique devant être partagée entre l'armée de terre (pour le missile Pluton), les forces aériennes tactiques (bombes à gravité pour les Jaguar A et les Mirage IIIE) et l'aéronavale (bombes à gravité pour les Super-Etendard); elle fut désignée AN 51 et AN 52 et fut testée en 1971.

Les essais souterrains à Mururoa et Fangataufa

Au plus tôt en 1972, le président Pompidou demanda à l'armée de trouver un lieu convenable pour des essais souterrains dans le Pacifique. Initialement l'armée pensa à Eiao, une petite île inhabitée des Marquises. Des forages furent effectués dans la couche de basalte jusqu'à la profondeur de 1 000 mètres, mais en raison de la fragilité du basalte Eiao fut déclarée inapte. Le 30 août 1973, Robert Galley, ministre de la Défense, annonça que Fangataufa qui avait aussi une base basaltique avait été choisie (20). Le 8 juin 1974, le président Valéry Giscard d'Estaing décida qu'à partir de 1975, la France n'effectuerait plus que des essais d'armes nucléaires souterrains (21). La France fit ses deux premières explosions "exploratoires" à Fangataufa en 1975. Cependant, tous les autres essais depuis 1975, à l'exception du dernier effectué en 1988, ont été réalisés à Mururoa. Les essais furent prétendument transférés à Mururoa pour éviter des dépenses supplémentaires consécutives au maintien de deux sites opérationnels (22).

Les essais souterrains de Mururoa ont été réalisés au fond de puits forés soit au travers de la couronne extérieure de l'atoll soit au travers du lagon dans le cœur basaltique de l'atoll à une profondeur entre 500 et 1 200 mètres selon la puissance de l'engin (23). De 1976 à 1981, tous les essais furent effectués sous la couronne de l'atoll de Mururoa (24).

Au début des années 80, la couronne qui avait été comparée à du gruyère par les employés de Mururoa, a été saturée (25). En conséquence, le DIRCEN décida début 1979, d'effectuer les essais dans la zone centrale de l'atoll, dans des puits forés dans le cœur central basaltique de l'atoll, sous le lagon (26). Pour confirmer ce projet, le DIRCEN effectua deux essais sur la "zone centrale" en 1981 (27) dont le premier eut lieu le 5 décembre 1981. L'année suivante fut marquée par des essais d'une puissance de plus en plus forte au centre du lagon (28). Comme les puits étaient forés dans le lagon, loin des bords extérieurs de l'atoll, les forages n'étaient pas exactement aussi profond, entre 500 et 700 mètres (29). Cette nouvelle technique a été utilisée, a-t-on dit, pour augmenter la capacité des deux sites d'essais de Mururoa et Fangataufa (30). Depuis octobre 1986, tous les essais ont été effectués dans la "zone centrale" (31).

Les préparatifs d'un essai souterrain

L'engin nucléaire est placé dans un caisson, un tube en acier blanc long d'au moins 20 mètres et d'un mètre de diamètre. Le caisson contient des instruments de mesure capables d'enregistrer ce qui se produit durant l'explosion. Quand les puits sont forés sur la terre ferme, le caisson d'essai est transporté en position horizontale sur une remorque à 28 roues, depuis l'installation d'assemblage jusqu'au puits, distant habituellement de quelques kilomètres. Le caisson est alors dressé en position verticale et descendu avec des câbles dans le puits rempli d'eau. Quand le tube atteint le fond, le puits est comblé avec un tampon de ciment qui enchasse les câbles et est recouvert d'un couvercle de béton (32). Pour les essais sous le lagon, une plateforme offshore (semblable aux plateformes pétrolières), appelée *Tila*, est actuellement utilisée. Il faut 4 à 6 semaines pour forer un puits de 700 mètres de profondeur et de 2 mètres de diamètre (33).

20. Danielsson, *Poisoned Reign*, pp. 196-198.

21. Ibid., p. 204.

22. DIRCEN, *Dossier n°1*, section 51.
23. Ibid.

24. Le CEA disposait seulement d'un terrain s'étendant sur 25 km pour l'ensemble des programmes d'essais parce que depuis 1975, la moitié des 50 km de la circonférence de l'atoll est couverte de routes, terrains d'atterrissage, blockheuss et casernements (Danielsson, *Poisoned Reign*, p. 245).

25. Quoiqu'ils disposaient de 25 km de long, chaque puits a été séparé de l'autre d'une distance entre 400 et 1 000 mètres (selon la puissance de l'engin), en raison de l'étendue de roche qui est fracturée à chaque explosion. Selon des estimations officielles, un essai de haute puissance à 900 mètres de profondeur produit des fractures sur un rayon de 220 mètres, une cavité d'un rayon de 50 mètres et d'une hauteur de cheminée de 300 mètres (ministère des Affaires étrangères, ministère de la Défense, *Les essais nucléaires français*).

26. DIRCEN, *Dossier n°1*, section 51. Une source laisse entendre que les essais furent transférés sous le lagon afin qu'on ne puisse pas observer les effets directs (comme les failles de surface, les affaissements de terrains, les fuites de gaz); MP Hochstein and MJ O'Sullivan, *Geothermal Systems Created by Underground Nuclear Testing: Implications for Long-Term, Direct Effects of Underground Testing*, contribution présentée au Symposium scientifique international sur l'interdiction des essais nucléaires, Las Vegas, Nevada, 15-16 janvier 1988, p. 7.

27. CEA, *Rapport annuel 1981*, p. 51.

28. CEA, *Rapport annuel 1982*, p. 71.

29. Gaston Flosse, secrétaire d'Etat pour le Pacifique sud, conférence de presse, 19 novembre 1987.

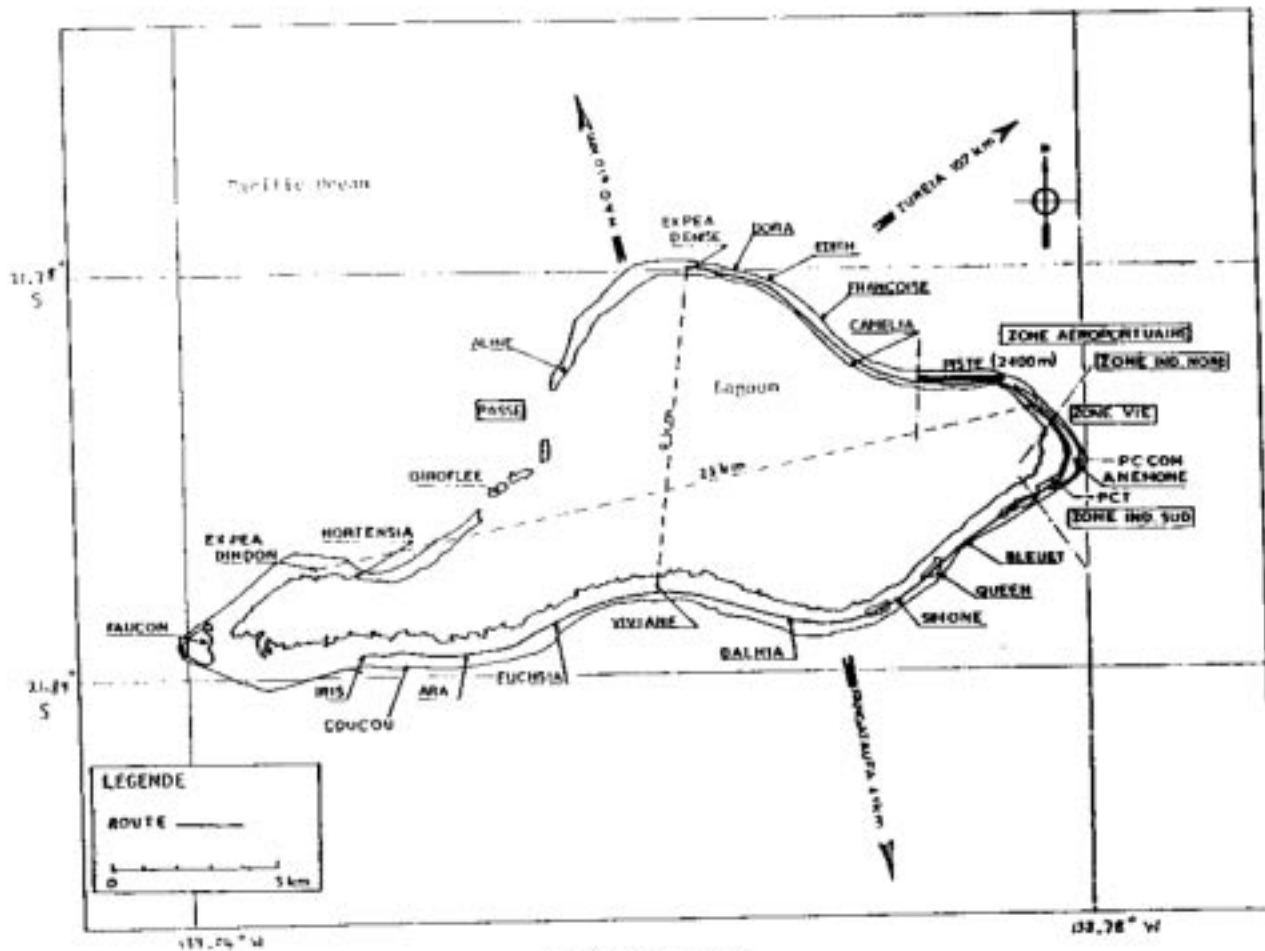
30. DIRCEN, *Dossier n°1*, section 1/11, p. 1.

31. CEA, *Rapport annuel 1986*, p. 20.

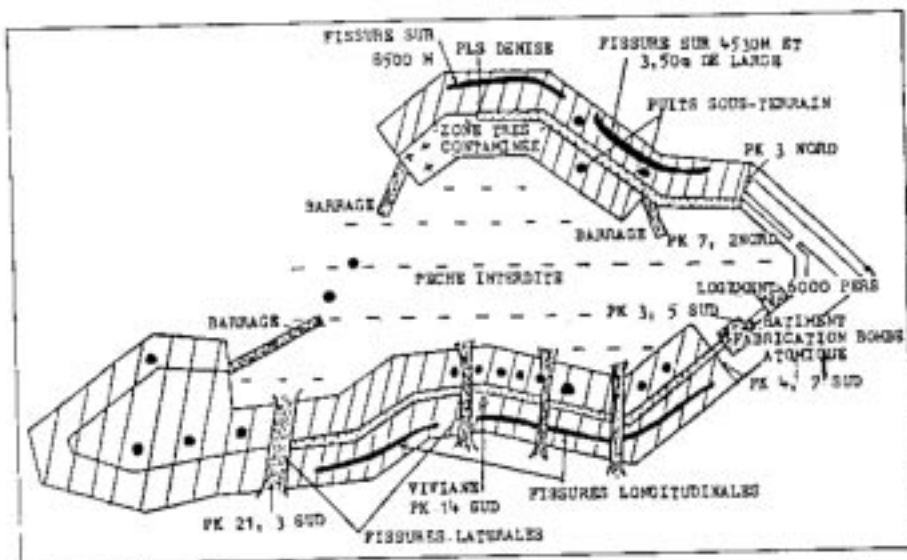
32. Agence France Presse (Mururoa), dépêche datée du 4 juillet 1978.

33. Bertrand Labasse, "L'enter maîtrisé", *TAM*, décembre 1985, p. 22-25.

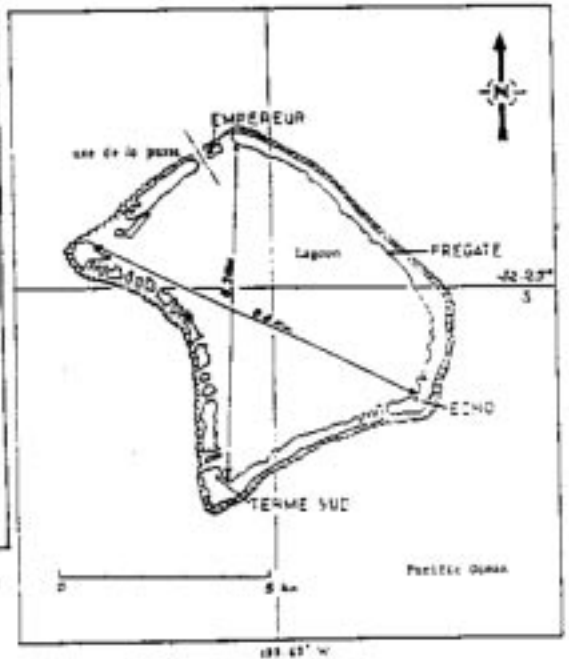
Cartes de l'atoll de Mururoa et de Fangataufa



Atoll de Mururoa



Ce document de source militaire datant de juin 1980 montre l'étendue de la pollution et les dégâts faits sur l'atoll de Mururoa.



Atoll de Fangataufa

Explosion d'un essai souterrain

L'engin est mis à feu à partir d'un blockhaus ou PC de tir qui, dans le cas de l'essai *Héro* du 24 octobre 1985, était localisé à 20 km du site de l'essai (34). A la suite de l'explosion, le sol se soulève d'abord puis retombe, laissant une dépression (seulement visible pour les essais effectués sur la couronne) et accompagné d'un "léger tremblement de terre" et de vagues traversant les eaux du lagon (35).

A la suite de chaque explosion souterraine, des échantillons radioactifs sont extraits de la cavité pour obtenir des mesures plus exactes sur la puissance de l'engin (36). Dans ce but, un second puits est foré en oblique vers la cavité. Une nouvelle technique, appelée COSMOS (Colonne oscillante support de mat de forage off-shore) a été mise au point en 1983 pour perfectionner ce forage quand les essais étaient effectués sous le lagon (37). En octobre 1986, une nouvelle barge est entrée en service pour le forage des deux puits et pour la récolte des échantillons après les essais (38).

En 1978, le coût total de chaque essai s'élevait à environ 35 millions de francs, dont près de 2 millions de francs pour forer le puits. Cette somme représente le septième du coût d'un essai effectué pendant la première année des essais souterrains (en 1975) et seulement la moitié du coût d'un essai atmosphérique (39). Le passage des essais de la couronne corallienne au lagon a, selon certains, augmenté le coût de 30 %. (40).

Autres activités à Mururoa

Depuis 1966, Mururoa a aussi été utilisé pour effectuer des essais de sécurité et pour d'autres activités relatives au programme d'armes nucléaires. La "zone de tir de sécurité" est située probablement sur la côte nord de Mururoa. Les deux seuls tirs de sécurité connus furent *Ganymède*, le 21 juillet 1966, où une bombe AN 22 fut fragmentée (le plutonium fut dispersé sans aucune explosion) sur la surface de Mururoa, et un autre en 1971.

Il semble qu'à la suite des deux tirs de sécurité de 1966 et 1971 et de la dispersion consécutive du plutonium, cette zone terrestre ait été utilisée comme une zone de tests de sécurité. Selon des techniciens employés à Mururoa, la zone de "haute contamination" de la côte nord de Mururoa a, depuis 1971, été utilisée pour des exercices de sécurité pour entraîner le personnel "aux opérations nécessaires lors d'un éventuel accident d'aviation". Pour éviter que "plusieurs kilos de plutonium" ne soient dispersés, on les a fixés par une couche de goudron (41).

Mururoa est aussi utilisé pour des explosions expérimentales pour "l'étude des ondes de choc" (42). Ces expériences qui sont conduites depuis des bunkers en béton sur la surface de l'atoll et se terminent par la libération, à chaque fois, de quantités inconnues de plutonium, comportent, pense-t-on, l'étude de l'implosion de l'explosif chimique de haute puissance qui entoure la matière fissile.

Les bunkers sont habituellement scellés et abandonnés après chaque expérience. Cependant, début juillet 1979, le DIRCEN décida, pour des motifs économiques, d'effectuer des opérations de décontamination afin de réutiliser la dernière grande "chambre" construite sur la couronne corallienne. A la suite de l'expérience du 6 juillet 1979, les employés chargés de la décontamination provoquèrent, en entrant dans le bunker, une étincelle qui enflamma l'acétone gazeux qui remplissait la chambre. L'accident causa la mort de deux employés, en blessa quatre autres et laissa échapper de la radioactivité sur tout l'atoll (43).

En dernier lieu, une zone terrestre de l'atoll de Mururoa a été utilisée pour le stockage des déchets radioactifs (fragments métalliques, bois, sacs plastiques et vêtements) formant un immense tas d'une superficie de 30 000 m² sur la côte nord de l'atoll (44).

34. Labasse, op. cit., p. 22-25.

35. AFP (Mururoa), op. cit.

36. DIRCEN, Dossier n°7, section 51.

37. CEA, Rapport annuel, 1983, p. 73-74.

38. L'entrée en service de cette barge sur le lagon de Mururoa a permis d'effectuer tous les essais en "zone centrale".

CEA, Rapport annuel, 1986, p. 20.

39. AFP (Mururoa), op. cit.

40. Reuters, "France Plans to Continue A-Tests at Pacific Atoll", Newark Star-Ledger, 10 septembre 1985, p. 27.

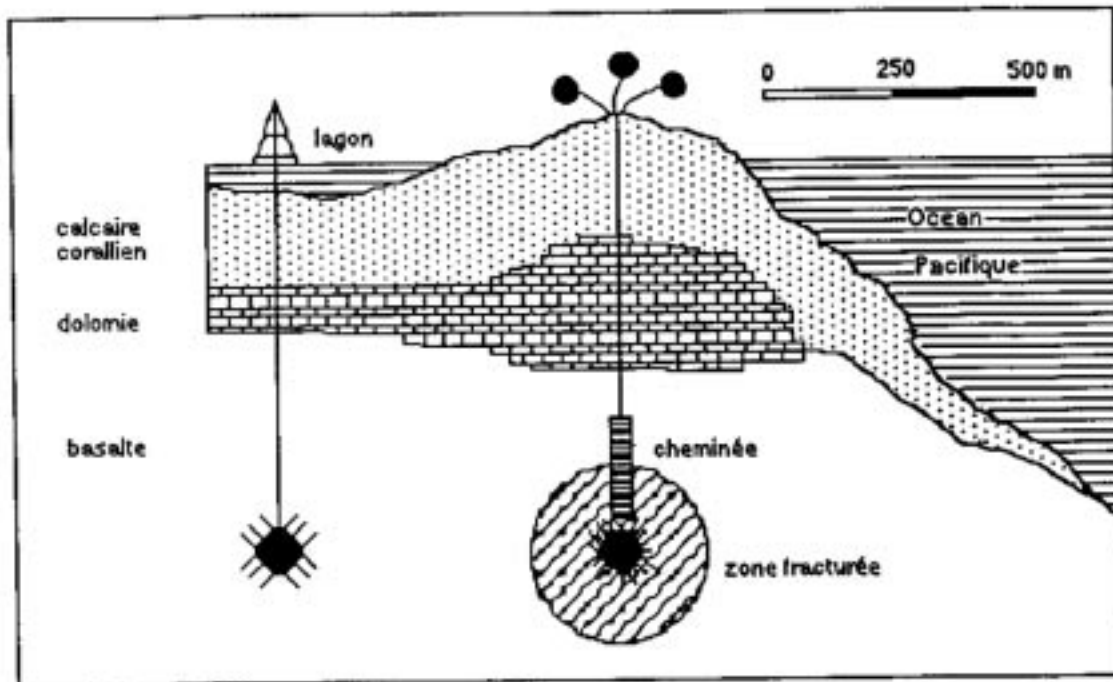
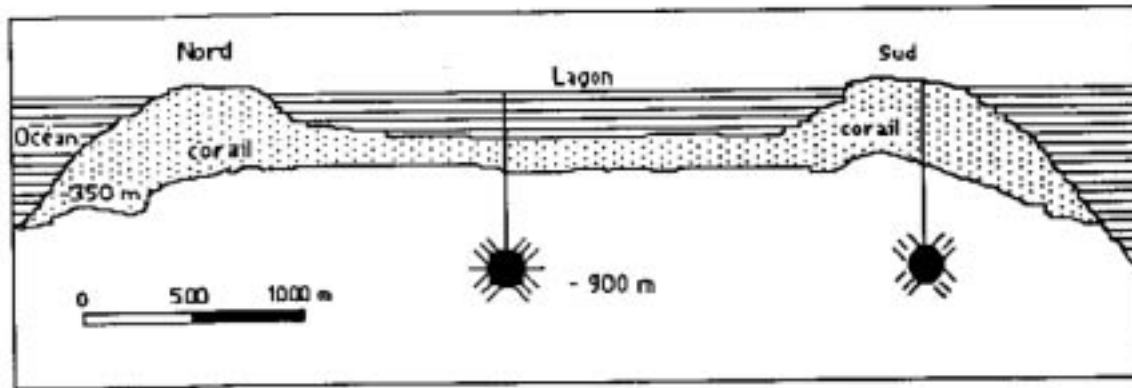
41. Déclaration de la CFDT représentant les techniciens de Mururoa ; CFDT, section B-III, "Contamination à Mururoa", Paris, 19 octobre 1981 et publié par Libération du 6 novembre 1981. Cette installation est, semble-t-il, utilisée dans un but semblable à l'Interservice Nuclear Weapons School de la base des forces aériennes de Kirtland (Nouveau-Mexique), où des personnels américains et britanniques ont effectué des exercices préventifs d'accident d'arme nucléaire en utilisant du thorium 232 répandu sur le sol.

42. Stewart Firth, Nuclear Playground (Honolulu : South Sea Books, 1987), p. 103.

43. Le Matin, 8 août 1979.

44. CFDT, section B-III, op. cit.

Coupe géologique de l'atoll de Mururoa



Legats causes aux atolls

Alors qu'on considérait ces atolls comme un site idéal pour les essais atmosphériques (le centre habité le plus proche étant à plus de 800 km) (45), il est maintenant évident qu'il s'agit d'un mauvais choix. Les essais effectués sous la couronne corallienne et sous le lagon ont causé de graves dommages à l'atoll et, selon ce qui a été dit, ont contaminé les sols et l'eau.

Avant 1981, les engins nucléaires explosaient dans des puits d'une profondeur entre 500 et 1 200 mètres directement en-dessous de la couronne corallienne. La plus faible profondeur du puits, la proximité de l'explosion du bord extérieur de l'atoll renforçaient la possibilité de causer des dommages aux fondations. Inévitablement, les multiples explosions ont produit des fractures, des fuites d'eau et des infiltrations. Ceci a été admis officiellement en mars 1988 par l'amiral Thireaut qui indiquait que les précédents essais plus proches du bord de l'atoll auraient provoqué sous la mer des glissements de blocs coralliens calcaires sur le flanc de l'atoll (46).

Les ingénieurs français prétendent que les essais souterrains ont causé un lent mais irréversible effondrement de l'atoll de Mururoa, environ de 2 cm par explosion, soit d'un mètre cinquante entre 1976 et 1981 (47). La France a reconnu qu'à la suite des explosions antérieures, il y avait eu "un léger affaissement de la surface calcaire directement au-dessus des cavités d'essais" (48). En raison de ces affaissements au nord et au sud de l'atoll, le DIRCEN a fait rehausser les routes sur ces zones depuis la fin de 1978 (49).

Des fractures sont apparues sur la paroi extérieure de l'atoll, en-dessous du niveau de la mer et ont été clairement signalées sur une carte de l'armée française datant de juin 1980 (50). On a reconnu qu'une de ces fissures produite par les tirs nucléaires a 50 cm de large sur 800 mètres de long et a occasionné des fuites d'eau radioactive dans l'océan (51). Selon le gouvernement français, l'existence de fissures périphériques sur les bords de l'atoll est "en fait un phénomène naturel causé par l'affaissement des bords du platier sous le poids du corail qui le recouvre" (52).

On a prétendu que les explosions de Mururoa étaient régulièrement suivies de fuites de gaz, de fuites d'eau et d'infiltrations et que Mururoa est comme une éponge radioactive, contaminant en permanence les mers environnantes. De plus, on a dit qu'il y avait un risque sérieux de contamination des eaux du lagon à travers les infiltrations, même quand les essais étaient effectués sous la couronne corallienne de l'atoll. Le point de vue général, hormis celui du gouvernement français, indique que ce risque aura été encore plus grand depuis le transfert des essais au centre du lagon.

L'ancien secrétaire d'Etat français pour le Pacifique sud, Gaston Flosse, a répondu qu'à la profondeur des essais - autour de 700 mètres -, "il n'y a ni fuites d'eau, ni problème d'irradiation" (53). Le président François Mitterrand est même allé plus loin en constatant que le taux de radioactivité à Mururoa est inférieur à celui de Paris (54).

L'essai nucléaire français du 25 juillet 1979, détecté à la station sismique de Rarotonga dans les Iles Cook, produisit le plus important tremblement de terre jamais enregistré sur Mururoa. L'explosion "étrangement surdimensionnée" indiquait 6,3 sur l'échelle de Richter, correspondant à un engin d'une puissance de 150 à 200 kt (55). A la différence des autres fois, l'engin s'est coincé pendant les opérations de descente dans le puits profond de 800 mètres foré dans la partie sud de la couronne corallienne. N'ayant pu le déloger, le DIRCEN le fit exploser quand même, à une profondeur de 400 mètres seulement.

En conséquence, un énorme morceau de la partie extérieure de l'atoll se détacha. Un géologue de l'université de Victoria, en Nouvelle-Zélande, a calculé que l'explosion initiale a provoqué une cavité de 140 mètres de large et fait voler en éclats une vaste zone de rochers au-dessus de la cavité qui s'est effondrée (56). Une autre source estime que l'énorme morceau de paroi extérieure qui fut perdu dans ce seul accident représente un million de m³ de corail et de roche (57). Trois heures après l'explosion, il se produisit un raz-de-marée qui fut ressenti à travers les Tuamotu, blessant six personnes dans la partie sud de l'atoll (58).

45. Selon le DIRCEN, Mururoa était le site idéal pour les essais atmosphériques parce que 5 000 habitants seulement vivaient dans un rayon de 1 000 km de Mururoa. En comparaison, le site soviétique du Khazakstan et celui du Nevada aux Etats-Unis comptaient respectivement pour même distance 4,195 et 37,5 millions d'habitants. DIRCEN, Dossier n°1, section 3/41.

46. Michael Richardson, "France to Shift Some Nuclear Tests to a 2d Site", *International Herald Tribune*, 28 mars 1988.

47. CFDT, Section B-III, op. cit.; Reuters, op. cit. p. 27.

48. Michael Richardson, op. cit.

49. DIRCEN, Dossier n°1, section 2/21, p. 1-2.

50. Cette carte a été reproduite par *Pacific Islands Monthly*, d'août 1983.

51. *The Guardian*, septembre 1981, et Reuters, op. cit.

52. Gouvernement français, op. cit. p. 21.

53. Gaston Flosse, conférence de presse à Londres, 19 novembre 1987.

54. Conférence de presse de François Mitterrand à Djakarta (Indonésie), 17 septembre 1986.

55. Danielsson, *Poisoned Reign*, p. 263.

56. Greenpeace, "Les essais nucléaires français dans le Pacifique", note à la presse du 4 septembre 1985.

57. Selon Haroun Tazieff, Commissaire du gouvernement à la prévention des risques majeurs, cité par Jean Chesneaux dans "La France dans le Pacifique", *Peace Dossier 20* (Melbourne, Australie : Victorian Association for Peace Studies, février 1988) p. 8.

58. Selon une déclaration de la CFDT de 1979, citée dans Danielsson, *Poisoned Reign*, p. 263, l'engin explosa sur la rive sud de Mururoa.

temps après, le CEA nia la moindre relation entre l'essai et le raz-de-marée et même qu'il y avait eu un accident au cours de l'essai. Cependant, en octobre 1985, le DIRCEN a reconnu "l'accident du 25 juillet 1979", sans toutefois donner de détails (59). A la suite de cet accident, la puissance maximum des essais fut diminuée temporairement jusqu'à ce que la technique des essais sous le lagon soit maîtrisée fin 1982. A partir de ce moment, les puissances commencèrent à augmenter de nouveau.

Pour finir ce chapitre, quelques cyclones dévastateurs ont touché Mururoa dans la dernière décennie et certains ont causé des dégâts sur la côte nord. Un des cyclones les plus importants a atteint Mururoa les 11 et 12 mars 1981, balayant les déchets radioactifs localisés sur la rive nord intérieure du lagon (l'atoll n'émerge pas beaucoup au-dessus du niveau de la mer) (60). En 1981, une personnalité officielle française confirma les faits en signalant que "quelques déchets nucléaires laissés par les explosions atmosphériques effectuées avant 1975, avaient pu être précipités dans le lagon depuis la côte est de l'atoll" (61). Auparavant, officiellement, il n'y avait pas de déchets nucléaires à Mururoa. Le goudron imprégné de plutonium de la zone d'entraînement aux essais de sécurité fut aussi arraché et s'est répandu sur l'atoll (62).

Dans la même année 1981, d'autres cyclones ont pu disperser des matériaux radioactifs, notamment ceux des 22 mars, 11-12 mai (63) et 2 août.

Le DIRCEN ne semble pas avoir pris de précautions pour prévenir de futures dispersions de matériaux radioactifs à la suite de cyclones. Au lieu de cela, depuis 1983, il a assuré que les cyclones n'interrompent pas le programme d'essai puisqu'on l'avait ajusté de façon à ce que les essais soient maintenant effectués en dehors de la période des cyclones (de décembre à avril) (64).

De plus, des murs de protection ont été érigés en 1981 et 1982 pour protéger les zones d'habitation et de travail des risques de cyclones. Ces murs s'élèvent face à l'océan (d'une hauteur de 4 m sur 4,5 km de long) et au lagon (d'une hauteur de 2 m sur 3 km de long) (65).

Les missions d'inspection scientifique

Les autorités françaises ont tout fait pour démentir les accusations dénonçant le manque de sûreté des essais. Trois missions scientifiques internationales - la mission Tazieff de 1982, la mission Atkinson de 1983 et la mission Cousteau de 1987 - ont, selon les autorités françaises, constaté qu'il n'y avait pas de problèmes à Mururoa. Il faut souligner que ces missions n'ont duré que très peu de temps et que les scientifiques n'étaient pas autorisés à visiter les lieux les plus contaminés et qu'ils s'appuyaient sur des données fournies par les autorités militaires françaises. L'analyse indépendante s'est montrée plus critique sur la sûreté du programme.

La mission Tazieff fut organisée par le ministre de la Défense Charles Hernu, et conduite par Haroun Tazieff, commissaire du gouvernement pour la prévention des risques majeurs. L'équipe a reçu l'autorisation d'étudier les aspects géologiques et radiobiologiques pendant sa visite de trois jours (26-28 juin 1982). L'équipe avait apporté ses propres instruments pour effectuer des mesures pendant l'essai nucléaire dont elle a été témoin le 27 juin 1982. Cependant, la puissance de l'engin étant "la plus petite jamais effectuée", moins d'une kilotonne, la mission ne put apprendre que peu de choses sur les risques des expériences normales, quand les puissances sont beaucoup plus importantes (66). Après la dispersion de quantités significatives de plutonium dans l'environnement marin pendant les cyclones de 1981, on a interdit à la mission Tazieff de visiter la côte nord de Mururoa où le tas de déchets avait été localisé.

En raison de la prise de conscience des nations du Pacifique que les essais pouvaient être moins sûrs que le gouvernement français le prétendait, la France a invité les Etats intéressés à visiter Mururoa. Une équipe appelée aujourd'hui mission Atkinson, composée de cinq scientifiques d'Australie, de Nouvelle-Zélande et de Papouasie-Nouvelle-Guinée ont visité Mururoa pendant quatre jours en octobre 1983. L'enquête fut conduite sous la surveillance étroite des Français qui ont prescrit

59. DIRCEN, Dossier n°1, section 51.

60. CFDT section B-III, op. cit.

61. *Pacific Islands Monthly*, octobre 1981, p. 23.

62. CFDT section B-III, op. cit.

63. *Gouvernement français*, op. cit. p. 21 : "quelques résidus provenant des essais atmosphériques antérieurs à 1975 furent dispersés par une tempête dans la nuit du 11 au 12 mai 1981".

64. DIRCEN, Dossier n°1, section 2/21.

65. Ibid.

66. Danielsson, *Poisoned reign*, p. 294-296.

67. Ibid, p. 317.

68. Hochstetler and O'Sullivan, op. cit., p. 7-8.

69. Malheureusement l'équipe de Cousteau ne poursuivit pas ses recherches en-dessous de 50 mètres de profondeur. Un tournage à une profondeur de 700 m ou plus (la profondeur minimum des essais souterrains) aurait révélé le véritable état géologique de la base basaltique de l'atoll. La découverte de fissures à cette profondeur impliquerait que la radioactivité issue de la cavité produite par les essais souterrains aurait atteint l'océan.

70. Bien que ce soit autrefois une option, l'utilisation des Kerguelen a été éliminée par Charles Hernu, ministre de la Défense, le 28 décembre 1984. La France maintient actuellement une station scientifique et météorologique aux Kerguelen, un archipel du sud de l'océan Indien comprenant quelque 300 îles. L'inconvénient consiste principalement dans son climat hostile et les difficultés d'accès par voies aérienne et maritime.

71. La perspective d'essais nucléaires sur le territoire français lui-même est en fait peu envisageable. Cependant, le Bureau des ressources minérales australien a identifié deux sites convenables pour des essais souterrains en France, la région de Guéret et de Margeride, dans le Massif Central, et d'autres sites en Corse. Jane Ford, *French Told: Take Your A-tests Home*, *New Scientist*, 15 novembre 1984, p. 8.

72. Selon une seule source, les Etats-Unis ont offert secrètement à la France d'utiliser ses installations d'essais nucléaires du Nevada. Bien que le gouvernement français ait démenti qu'une telle offre lui ait été faite, il affirmait que la France rejetait l'offre "pour des raisons de fierté nationale" et que cela "nuirait au développement d'une dissuasion nucléaire française indépendante". L'offre reste ouverte. Les motivations américaines d'une telle offre seraient pour tempérer le sentiment anti-nucléaire dans le Pacifique qu'engendre le programme d'essais français. Michael Richardson, "U.S. Offered Nevada Site For French Nuclear Tests", *International Herald Tribune*, 22 juin 1987, p. 1.

73. Le vice-amiral Thireaut est aussi le commandant du CEP.

74. On dit que l'atoll de Mururoa ne pourrait plus supporter des essais de 100 kt. Reuters, op. cit. p. 27.

75. *The Guardian* de septembre 1981 signale qu'à la suite de ces essais, l'atoll de Fangataufa "avait littéralement éclaté dans la mer".

76. Michael Richardson, "France to Shift Some Nuclear Tests to a 2d Site", *International Herald Tribune*, 28 mars 1988.

non seulement la délimitation des recherches, mais aussi les sites de l'atoll à visiter ainsi que le type et l'emplacement des échantillons à prélever. Ainsi, l'équipe n'a assisté à aucun essai, elle ne fut autorisée à inspecter aucun site d'essai, et il lui fut défendu de visiter la zone de la côte nord où se trouvent les déchets ainsi que le "site des essais de sûreté" (67). Il ne lui fut pas permis de prélever des échantillons biologiques ou des sédiments du lagon pour les examiner. On a restreint leurs investigations aux sols situés près des zones d'habitation. Pour l'évaluation des effets souterrains, la mission eut à sa disposition des données fournies par les autorités françaises (68). De plus, la mission Atkinson manquait de personnels compétents aussi bien en médecine qu'en hydrologie.

En juin 1987, l'explorateur des mers Jacques-Yves Cousteau dirigea la mission la plus récente sur Mururoa. Pendant cinq jours, Cousteau et son équipe de *la Calypso* n'ont eu qu'un accès restreint à l'atoll. Dans une conférence de presse de novembre 1988, Cousteau a présenté quelques résultats scientifiques préliminaires. En premier lieu, il a constaté que l'analyse d'échantillons de sédiments, d'eau et de plancton de Mururoa n'a pas révélé de contamination radioactive significative, sauf la présence d'iode radioactif. Cependant la mission n'a pas été autorisée à accéder aux sites considérés comme les plus contaminés par les déchets radioactifs. Cousteau a présenté un film sous-marin montrant de grandes fissures dans la partie immergée de l'atoll et résultant sûrement du programme des essais souterrains (69). Une autre séquence du film montrait le jaillissement d'un geyser d'eau de 60 mètres de haut pendant un essai nucléaire.

Plusieurs questions concernant l'état de Mururoa restent encore sans réponse. Il faut un examen prolongé, indépendant et approfondi sur les conséquences pour l'environnement du programme d'essais français. En février 1989, le Parlement européen a repoussé de peu une résolution demandant l'envoi en Polynésie française d'une commission scientifique indépendante et internationale (comprenant des experts en médecine, biologie et hydrologie) en vue d'évaluer les effets des essais nucléaires français sur la santé et l'environnement. Cependant, au cours du débat, la commission européenne signala qu'elle essaierait de discuter avec le gouvernement français à propos de ses inquiétudes sur la question.

Les futurs sites d'essais souterrains

La France a compris qu'elle ne pouvait pas continuer à faire tous ses essais d'armes nucléaires souterrains à Mururoa à cause du mauvais état de l'atoll. Le gouvernement cherche donc une nouvelle fois à installer un nouveau centre d'essais souterrains. Plusieurs lieux ont été envisagés, mais le candidat le plus probable est le tout proche atoll de Fangataufa (spécialement à la suite de l'essai du 30 novembre 1988). D'autres options ont été envisagées, pense-t-on, sur les îles Kerguelen dans l'océan Indien (70), sur le territoire national (71) et au centre d'essais américain NTS du Nevada (72) quoique toutes ces options sont peu probables.

En mars 1988, le vice-amiral Pierre Thireaut, chef d'état-major de la marine du Pacifique (73) révélait que pour éviter de sérieuses fractures dans les fondements de Mururoa - qui pouvaient être causées par les explosions souterraines répétées - (et pouvant ainsi laisser échapper des matériaux radioactifs), les plus fortes explosions (74) du programme d'essais seront dans le futur effectuées sur Fangataufa. L'atoll de Fangataufa, de 5 km de large sur 8 km de long, de petite taille par rapport à Mururoa, a été le lieu de cinq essais atmosphériques et de trois essais souterrains dont le plus puissant jamais effectué par la France (2,6 Mt) (75). Il n'est pas établi clairement comment cet atoll pourrait résister à de nombreux nouveaux essais, particulièrement ceux de grande puissance, alors que Mururoa ne le peut pas. L'amiral Thireaut a répondu que l'imminent départ pour Fangataufa était une mesure de précaution et il assura qu'il n'y avait "absolument aucun problème de pollution de Mururoa. Elle est nulle" (76).

Cependant, une semaine après ces déclarations de l'amiral Thireaut, l'ambassade de France à Wellington affirma que Paris croyait qu'on avait faussement cité l'amiral qui aurait confirmé le déménagement des essais de Mururoa à Fangataufa. Pour l'ambassade, aucune décision n'a été prise d'étendre ou de transférer les installations

programme (77). Un engin nucléaire a explosé à Fangataufa le 30 novembre 1988 ; c'est la première explosion connue sur ce site depuis 1975.

Les types d'essais

Tous les essais nucléaires français depuis 1960 ont été effectués à des fins militaires quoique quelques-uns de ces essais aient été étudiés simultanément pour leurs effets militaires et de possibles applications pacifiques.

Les essais militaires

Le général Mermet, directeur du DIRCEN, a révélé en octobre 1985, qu'environ vingt essais étaient nécessaires pour la mise au point de chaque type d'arme nucléaire de l'arsenal français (78). Avec 172 essais, cela signifie qu'environ huit types de têtes nucléaires ont été développés et déployés (quelques essais ont été effectués, sans doute, pour des projets qui ne seront jamais déployés). Les plus probables sont :

- 1) AN 11 et AN 22 : 60-70 kt à fission de Pu-239 (Mirage IVA, mise en service en 1964) ;
- 2) MR 31 : 120 kt à fission de Pu-239 (missiles S2 du Plateau d'Albion, mise en service en 1971) ;
- 3) MR 41 : 500 kt à fission dopée d'U-235 (M1 et M2 des SNLE, mise en service en 1971) ;
- 4) AN 51 et AN 52 : 15-25 kt à fission de Pu-239 (Pluton / Jaguar A / Mirage IIIE / Super Etendard, mise en service en 1972) ;
- 5) TN 60 et TN 61 : 1 Mt thermonucléaire (M20 des SNLE et S3D d'Albion, mise en service en 1976) ;
- 6) TN 70 et TN 71 : 150 kt thermonucléaire (M4A et M4B des SNLE, mise en service en 1985) ;
- 7) TN 80 et TN 81 : 300 kt thermonucléaire (missiles ASMP, mise en service en 1986) ;
- 8) ERW : bombe à neutrons (missile Hadès, mise en service en 1992).

La récente acquisition d'ordinateurs américains de grande puissance Cray au laboratoire de conception des armes nucléaires du Centre d'études de Limeil-Valenton permettra sans doute de réduire le nombre d'essais nécessaires pour mettre au point chaque tête nucléaire française (79). A titre de comparaison, l'utilisation par les Américains des ordinateurs Cray-1 et 2 pour la simulation et la mise au point des armes nucléaires a réduit le nombre d'essais par type de tête aux environs de 6 (80).

Un nombre important d'essais sont nécessaires pour développer les prototypes pour les nombreux projets de têtes nucléaires français. Le premier essai thermonucléaire du 24 août 1968, par exemple, exigeait un engin expérimental d'une puissance de 2,6 Mt et d'un poids de près de 3 000 kg (81). Huit ans plus tard (1976), la France a déployé sa première tête thermonucléaire TN 60 d'une mégatonne pour le M20 à tête unique des SNLE. En 1977, le CEA commença à remplacer ces têtes par des versions plus légères, les TN 61. Aujourd'hui, les ogives des M20 pèsent seulement près de 700 kg.

Tandis que certains essais servaient à développer des prototypes, plus de la moitié de tous les essais ont été effectués pour perfectionner les modèles précédents. Les Français ont régulièrement développé et déployé des versions de têtes nucléaires plus légères, tout en maintenant leur puissance. L'essai *Héro* du 24 octobre 1985, par exemple, faisait partie d'une amélioration destinée à réduire le poids d'une tête tactique existante. Ainsi, une des différences majeures entre la TN 51 de 150 kt et la TN 70 qu'elle remplaçait, était une réduction de poids de 25 kg (82).

77. Jane Clifton, "France Denies Shift of Test Site", *Dominion*, 6 avril 1988 ; Paul Hewlett, "Atoll Plan Confusion", *Star*, 7 avril 1988.

78. Voir citation du général Mermet, *Le Monde*, 25 octobre 1985 ; Labasse, op. cit. p. 25.

79. Limeil-Valenton dispose maintenant de quatre super calculateurs achetés aux Etats-Unis : deux Control Data Cyber 860, un Cray 1S et un Cray X/MP 416 opérationnel depuis juin 1987. Le X/MP a multiplié au moins par 5 la capacité de calcul scientifique du centre d'études. CEA Rapport Annuel 1987, p. 19.

80. Robert S. Norris, Thomas B. Cochran and William M. Arkin, *Nuclear Weapons Databook Working Paper 86-2, "Known U.S. Nuclear Tests July 1945 to 31 December 1988"*, January 1989, p. 14.

81. AFP, 26 août 1968, conférence de presse du directeur du CEP.

82. Labasse, op. cit. p. 22-25.

Les essais sur les effets des armes nucléaires

La France a commencé à étudier les conséquences des effets des armes nucléaires en 1957, trois ans avant son premier essai. En 1957, une délégation française s'est rendue au site américain du Nevada dans ce but. Ces visites ont permis aux Français de participer à l'essai atmosphérique américain *SMOKY* du 31 août 1957, au cours duquel ils testèrent une partie de leurs abris souterrains, leurs équipements et instruments. La Protection civile française fut invitée à prendre part à l'essai *SMOKY* (une partie de l'opération *Plumbob*) à la demande du gouvernement français (83). Ces expériences sur les effets des explosions nucléaires furent les premières jamais réalisées par les Etats-Unis pour une nation étrangère (84).

La France a désigné la société Ammann & Whitney comme son représentant américain pour la construction d'abris sur le site de Yucca Flats au Nevada (85). Les projets français comprenaient deux abris en béton armé et trois structures souterraines pour les sas d'entrée. Ils furent conçus pour résister à des pressions d'à peu près 130 psi (86). Des souris furent utilisées pour des essais biologiques dans les cinq abris pour déterminer les conditions d'environnement des structures soumises à l'explosion (87).

Seules les informations non classifiées sur les essais ont été transmises aux délégations françaises et c'est ainsi que la puissance de l'essai *SMOKY* fut déclassifiée (43 kt). Les techniciens et officiels français ont visité le site du Nevada du 3 au 9 décembre 1957 et du 18 au 21 février 1958 pour des études plus approfondies sur les effets d'armes nucléaires et pour contrôler les abris testés pendant la série d'essais de l'été 1957 (88).

Les essais atmosphériques français des années 60 furent étudiés pour leurs aspects militaires, spécialement les trois premiers essais algériens de 1960-1961. De la même manière, les essais atmosphériques du CEP entre 1966 et 1974 furent probablement aussi étudiés pour les effets des essais.

Depuis le passage au programme souterrain en 1975, la France ne semble pas avoir conduit des expérimentations souterraines sur les effets. A titre de comparaison, les Etats-Unis ont effectué 59 expériences souterraines sur les effets depuis leur dernier essai atmosphérique du 4 novembre 1962, soit à peu près 9,3 % du total de leurs essais (634) depuis cette date (89).

Simulation de tir

Depuis le transfert souterrain des essais français en 1975, les effets des armes nucléaires ont été simulés en laboratoire. Un grand nombre d'installations publiques et privées ont été créées pour conduire la recherche sur les effets.

Pour simuler les effets thermiques et de souffle des armes nucléaires, l'Etablissement technique central de l'armement (ETCA, dépendant de la DGA) dispose de deux centres de recherche et développement à Gramat (Lot) et au Bouchet (Essonne) (90). Le Centre d'études de Gramat (CEG) couvre une superficie de 250 hectares, comprenant un simulateur d'effet de souffle nucléaire à grande échelle pour travailler au durcissement des systèmes d'armes (tanks, avions) et des installations militaires contre ces effets de souffle.

Le Centre d'études du Bouchet (CEB) dispose de 10 000 m² de laboratoires à Arcueil (Val de Marne) pour l'étude de la défense, de la protection et du durcissement.

Le centre d'Odeillo (Pyrénées-Orientales), une annexe du CEB, fait des recherches sur la protection (des humains comme des armements) contre les radiations thermiques provenant d'explosions nucléaires. A cet effet, il est équipé de deux fours solaires.

Depuis 1980, le laboratoire de l'armée américaine de recherches balistiques a fourni à la France la technologie de simulation permettant de réaliser des effets thermique et de souffle pour aider la France dans la construction de ses installations de recherche dans ce domaine, y compris la vérification du durcissement aux effets nucléaires (91). En retour, les techniciens américains viennent régulièrement en France pour utiliser les installations françaises de simulation de souffle nucléaire (92).

83. U.S. AEC Civil Effects Test Group, *Operation Plumbob, Project 30.6 : Test of French Underground Personnel Shelters*, 19 juin 1962, p. 6.

84. La RFA a aussi testé des abris dans l'opération *Plumbob*.

85. Office of Test Information, Nevada Test Organization, 1er juin 1957.

86. *Ibid.*, 26 août 1957.

87. U.S. AEC Civil Effects Test Group, *op. cit.* p. 5.

88. U.S. AEC, "Visite d'officiels et de techniciens français et allemands au site d'essais du Nevada", memorandum daté du 29 novembre 1957; U.S. AEC, 17 février 1958.

89. La plupart des essais américains sur les effets furent effectués sous terre, dans des tunnels horizontaux de 1 000 mètres de long. Très occasionnellement dans des puits verticaux; Thomas B. Cochran, William B. Arkin, Robert S. Norris, Milton M. Hoenig, *Nuclear Weapons Databook, Volume II: U.S. Nuclear Warhead Production* (Cambridge, Massachusetts, Ballinger Publishing Company, 1987), p. 46, 55.

90. Centre d'études du Bouchet, ETCA, documents non datés.

91. Centre de R & D sur l'armement de l'U.S. Army, *Laboratory Posture report FY 1983*, p. 1-15.

92. Interviews de personnalités de "Office for International Cooperative Programs", novembre 1988.

Pour simuler les effets biologiques des radiations initiales sur les êtres humains, et de ce fait pour la protection des personnels militaires contre les radiations, le CEB utilise des sources à flux de neutrons, gamma et rayons X. Des recherches de ce type sont effectuées par le groupe de recherche sur la biologie animale à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) dans un laboratoire géré en commun par le CEB et le CEA. Un autre laboratoire est utilisé pour la simulation de retombées radioactives, travaillant sur la taille des particules.

La recherche sur la vulnérabilité et le durcissement (des systèmes d'armes et des installations) à l'impulsion électromagnétique (EMP) est menée dans plusieurs établissements de recherche et développement publics et privés. Le CEB et le CEG ont chacun deux simulateurs d'EMP (SIEM I/Siva et Gédéon/Cythare, respectivement). En 1978, la Direction des engins (de la DGA) a installé les simulateurs Esope et SIEM II au Centre d'essais des Landes (CEL) avant les essais en vol (93). La Direction des applications militaires du CEA a mis en place des installations de recherche et développement (CEA-CESTA) à Le Barp (Gironde) chargées de la "militarisation" des têtes nucléaires françaises, incluant la simulation d'effet de souffle et d'EMP.

La simulation d'EMP est aussi menée par la Division des systèmes spatiaux et balistiques de l'Aérospatiale, le seul fournisseur de tous les missiles balistiques de la France. L'usine des Mureaux (Yvelines) a reçu son premier simulateur d'EMP en 1973, appelé *La Mule*. La plus récente installation, un immeuble de 16,5 m de hauteur entièrement construit en matériaux non métalliques, abrite l'antenne EMP *Super Pégase* (94). Les usines de l'Aérospatiale de Cannes (Alpes-Maritimes) et d'Aquitaine (Gironde) abritent aussi des simulateurs d'EMP et les utilisent sur les composants de missiles. De plus, l'Aérospatiale et Thomson-CSF ont développé des simulateurs mobiles pour les utiliser sur les S3 (du Plateau d'Albion) dans leurs silos (95).

Expériences d'explosions nucléaires pacifiques

De 1961 à 1966, les Français ont effectué 13 explosions souterraines dans le Massif du Hoggar (qui était alors en Algérie française). Bien que ce soient des essais militaires, ils ont aussi été effectués à des fins pacifiques; ils faisaient partie du programme d'applications des explosions APEX du CEA. Les Français étaient en premier lieu intéressés pour le stockage des gaz et la stimulation des hydrocarbures. Les Français ont présenté les résultats de cette étude à la rencontre de 1970 de la *American Nuclear Society*, à Las Vegas et aux réunions de l'AIEA à Vienne en 1970 et à Genève en 1971. De plus, du 26 au 29 octobre 1971, à Berkeley (CA), il y eut un échange technique d'informations sur des usages pacifiques des explosions nucléaires (et un échange d'échantillons de roches des sites respectifs) entre Français et Américains (CEA-USAEC/Lawrence Livermore Labs) (96).

93. Shirley Compard, "La parade existe", *Revue Aérospatiale*, n°7 mars 1984.

94. En Bref, *Revue Aérospatiale*, n°11 juillet/août 1984.

95. Shirley Compard, op. cit. p. 6-7.

96. Stephens, *French-American*, 1972.

Tableau 1

Essais nucléaires français connus

13 février 1960 - 31 décembre 1988

n°	date	heure (GMT)	nom	localisation	type	objet	puissance
Essais atmosphériques en Algérie							
1	13-02-60	07h04'00"0	Gerboise bleue	0 : 040W 26 : 19 N	tour de 100 m	effets	60-70 kt
2	01-04-60	06h17'00"0	Gerboise blanche	0 : 09 W 26 : 06 N	plateforme	militaire	<20 kt
3	27-12-60	07h30'00"0	Gerboise rouge	Hammoudia	tour de 100 m	effets	pis kt
4	25-04-61	06h00'00"0	?	Reggane	tour	?	<1 kt
Essais souterrains en Algérie							
5	07-11-61	11h29'59"931	Agate	5 : 03:07.6 E 24 : 03:25.5 N	puits ?	militaire	<20 kt
6	01-05-62	10h00'00"458	Béryl	5 : 02:30.8 E 24 : 03:46.8 N	puits ?	AN 11	>20 kt
7	18-03-63	10h02'00"351	Emeraude	5 : 03:07.9 E 24 : 02:28.9 N	puits ?	militaire	10 kt
8	30-03-63	09h59'00"328	Améthyste	5 : 03:25.2 E 24 : 02:36.0 N	puits ?	militaire	<20 kt
9	20-10-63	13h00'00"011	Rubis	5 : 02:19.0 E 24 : 02:07.8 N	puits ?	militaire	66 kt
10	14-02-64	11h00'00"347	Opale/Michèle?	5 : 03:08.6 E 24 : 03:13.1 N	puits de 353 m	mil/pacif.	3,7 kt
11	15-06-64	13h40'00"367	Topaze	5 : 02:04.4 E 24 : 03:59.8 N	puits ?	militaire	<20 kt
12	28-11-64	10h30'00"035	Turquoise	5 : 02:30.1 E 24 : 02:30.7 N	puits ?	militaire	<20 kt
13	27-02-65	11h30'00"039	Saphir/Monique	5 : 01:52.3 E 24 : 03:31.4 N	puits de 785 m	militaire	127 kt
14	30-05-65	11h00'00"037	Jade	5 : 03:03.1 E 24 : 03:18.0 N	puits ?	militaire	<20 kt

Date et temps : Toutes les dates sont exprimées en jour-mois-année. Les temps sont les temps originels, exprimés en heures, minutes, secondes, fraction de seconde. Tous les temps ont été convertis en "temps universel" ou GMT (Greenwich Mean Time).

Localisation : les coordonnées exactes sont indiquées lorsqu'elles sont connues. Les coordonnées sont exprimées de deux manières différentes, selon le texte original : depuis le début jusqu'à 1966, toutes les coordonnées étaient indiquées de la manière qui suit, par exemple, 5 : 03:17.9 E se lit : 5 degrés, 3 minutes, 17,9 secondes, Est). Après 1966, toutes les coordonnées sont décimalisées, par exemple 138.200 W. Lorsque c'est possible, on a indiqué Mururoa et Fangataufa.

Objet : les essais relatifs à des armes sont indiqués par le terme "militaire". Si le nom de la tête expérimentée est connu (ou supposé), il est aussi indiqué. Les essais sur les effets d'armes sont indiqués par le terme "effets". Les essais étudiés en partie pour des applications pacifiques sont désignés par l'expression "mil/pacif.". Les essais de sécurité sont indiqués par le terme "sécurité".

Puissance : les puissances en kilotonnes (kt) ou mégatonnes (Mt) sont indiquées lorsqu'elles sont connues. La magnitude (mb) de l'essai est indiquée quand elle est connue.

La numérotation des essais mentionnés dans ce tableau correspond aux notes renvoyées en fin de tableau. Les notes concernant l'ensemble d'une campagne de tirs sont mentionnées au numéro du premier essai de la campagne.

15	01-10-65	10h00'00"043	Corindon	5 : 02:02.6 E 24 : 03:53.7 N	puits ?	militaire	<20 kt
16	01-12-65	10h30'00"088	Tourmaline	5 : 02:48.9 E 24 : 02:37.4 N	puits ?	militaire	10 kt
17	16-02-66	11h00'00"035	Grenat/Georgette	5 : 02:28.4 E 24 : 0:39.0 N	puits de 403 m	mil/pacif.	13 kt

Essais atmosphériques dans le Pacifique

Première campagne (1966)

18	02-07-66	15h34'00"0	Aldébaran	Mururoa	berge	AN 52	30 kt
19	19-07-66	15h05'00"0	Tamouré	Fangataufa	Mirage IV	AN 11	60 kt env
20	21-07-66	12h00	Ganymède	Mururoa	surface	Sécurité AN 22	sans explosion
21	11-09-66	17h30'00"0	Bételgeuse	Mururoa	ballon/600 m	MR 31	120 kt
22	24-09-66	17h00'00"0	Rigel	Fangataufa	berge	militaire	150 kt
23	04-10-66	21h00'00"0	Sirius	Mururoa	berge	militaire	300 kt

Deuxième campagne (1967)

24	05-06-67	19h00'00"0	Altaïr	Mururoa	ballon	militaire	faible
25	27-06-67	19h30'00"0	Antarès	Mururoa	ballon	militaire	faible
26	02-07-67	17h30'00"0	Arcturus	Mururoa	ballon/niveau de la mer	militaire	faible

Troisième campagne (1968)

27	07-07-68	22h00'00"0	?	Mururoa	ballon	militaire	faible
28	15-07-68	19h00'00"0	?	Mururoa	ballon	MR 41	450-500 kt
29	03-08-68	21h00'00"0	?	Mururoa	ballon	MR 41	500 kt env
30	24-08-68	18h30'00"0	Canopus	Fangataufa	ballon/600 m	militaire	2,6 Mt
31	08-09-68	19h00'00"0	Procyon	Mururoa	ballon/600 m	militaire	1,2 Mt

Quatrième campagne (1970)

32	15-05-70	18h00'00"0	Andromède	Mururoa	ballon	militaire	moyenne
33	22-05-70	18h30	Cassiopee	Mururoa	ballon	TN 60	moyenne
34	30-05-70	17h59'58"5	Dragon	138.800 W 22.200 S	ballon	militaire	de l'ordre d'une Mt
35	24-06-70	18h30'00"0	Eridan	Mururoa	ballon	militaire	faible
36	03-07-70	18h29'59"1	Licorne	139.200 W 21.800 S	ballon/60 m	TN 60	1 Mt
37	27-07-70	19h00'00"0	Pégase	Mururoa	ballon	militaire	faible
38	02-08-70	19h00'00"0	Orion	Fangataufa	ballon	militaire	faible
39	06-08-70	19h00'00"0	Toucan	Mururoa	ballon	militaire	moyenne

Cinquième campagne (1971)

40	05-06-71	19h15'00"0	Dione	Mururoa	atmosphérique	AN 51	15 kt
41	12-06-71	19h15'00"0	Encelade	Mururoa	atmosphérique	MR 41	450-500 kt
42	04-07-71	21h30'00"0	Japet	Mururoa	atmosphérique	TN 60	faible
43	08-08-71	18h30'00"0	Phoebe	Mururoa	atmosphérique	TN 60	faible
44	14-08-71	18h59'59"2	Rhea	139.000 W 21.900 S	ballon/500m	TN 60	1 Mt
45	??-??-71	?	?	Mururoa	surface	sécurité TN 60 ?	sans explosion

Sixième campagne (1972)

46	25-06-72	?	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60	faible
47	30-06-72	?	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60	faible
48	29-07-72	?	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60	faible

Septième campagne (1973)

49	21-07-73	18h00'00"0	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60	5 kt env
50	28-07-73	23h03'00"0	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60 ?	faible
51	19-08-73	?	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60 ?	5-10 kt
52	25-08-73	?	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60 ?	?
53	28-08-73	?	?	Mururoa	largage de Mirage IIIE	AN 52	6,6 kt

Huitième campagne (1974)

54	16-06-74	?	?	Mururoa	ballon	TN 70 ?	20 kt env
55	07-07-74	?	?	Mururoa	ballon	TN 70 ?	150 kt
56	17-07-74	?	?	Mururoa	atmosphérique	TN 80 ?	?
57	26-07-74	?	?	Mururoa	largage de Jaguar A	AN 52	?
58	29-07-74	?	?	Mururoa	atmosphérique	militaire	très grande puissance
59	15-08-74	?	?	Mururoa	atmosphérique	militaire	?
60	25-08-74	?	?	Mururoa	atmosphérique	militaire	?
61	15-09-74	?	?	Mururoa	atmosphérique	TN 60 ?	1000 kt

Essais souterrains dans le Pacifique

1975

62	05-06-75	18h15'00"0	Achille	Fangataufa	puits de 623 m	?	20 kt
63	26-11-75	00h48'00"0	Hector	Fangataufa	puits de 585 m	?	15 kt

1976

64	03-04-76	00h45'00"0	Patrocle	Mururoa	puits de 600 m	militaire	?
65	11-07-76	00h29'59"05	?	138.768 W 21.859 S	puits	militaire	10 kt
66	23-07-76	?	?	Mururoa	puits	militaire	?
67	08-12-76	?	?	Mururoa	puits	militaire	?

1977

68	19-02-77	23h29'58"94	?	138.846 W 21.864 S	puits	militaire	5 kt
69	19-03-77	23h00'58"36	?	138.913 W 21.891 S	puits	militaire	45 kt
70	06-07-77	22h59'58"52	?	138.954 W 21.780 S	puits	militaire	25 kt
71	12-11-77	01h30'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	15 kt
72	24-11-77	16h59'58"37	Nestor	138.884 W 21.896 S	puits	militaire	55 kt
73	17-12-77	22h00'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	10 kt
74	1975-1977	?	?	Mururoa	?	?	?
75	1975-1977	?	?	Mururoa	?	?	?

1978

76	27-02-78	23h00'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	<1 kt
77	22-03-78	17h29'58"95	?	138.926 W 21.714 S	puits	bombe à neutrons ?	10 kt
78	19-07-78	18h00'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt
79	26-07-78	23h00'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	4 kt
80	02-11-78	18h00'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt
81	30-11-78	17h31'58"48	?	138.949 W 21.866 S	puits	militaire	65 kt
82	17-12-78	18h04'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	15 kt
83	19-12-78	16h56'59"98	?	138.945 W 21.769 S	puits	militaire	10 kt

1979

84	01-03-79	17h24'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	7 kt
85	09-03-79	16h37'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	15 kt
86	24-03-79	16h27'58"79	?	138.909 W 21.830 S	puits	militaire	7 kt
87	04-04-79	18h06'59"10	?	138.741 W 21.812 S	puits	militaire	6 kt
88	18-06-79	23h26'58"02	?	138.456 W 22.140 S	puits	militaire	4 kt
89	29-06-79	18h55'58"75	?	138.927 W 21.798 S	puits	militaire	25 kt
90	25-07-79	17h56'58"50	?	138.940 W 21.880 S	puits	militaire	120 kt
91	28-07-79	19h55'58"77	?	138.806 W 21.808 S	puits	militaire	15 kt
92	22-11-79	19h14'30"	?	Mururoa	puits	militaire	4 kt

1980

93	23-02-80	18h03'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	1 kt
94	03-03-80	17h56'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	10 kt
95	23-03-80	19h36'58"49	?	138.928 W 21.864 S	puits	militaire	80 kt
96	01-04-80	19h30'58"68	?	138.808 W 21.854 S	puits	militaire	20 kt
97	04-04-80	18h32'58"61	?	138.808 W 21.906 S	puits	militaire	2 kt
98	16-06-80	18h26'58"56	?	138.904 W 21.864 S	puits	militaire	25 kt
99	21-06-80	17h01'00"0	?	Mururoa	puits	neutrons	9 kt
100	06-07-80	17h26'58"96	?	138.861 W 21.845 S	puits	militaire	5 kt
101	19-07-80	23h46'58"51	?	138.949 W 21.855 S	puits	militaire	80 kt
102	25-11-80	17h53'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt
103	03-12-80	17h32'58"48	?	138.945 W 21.874 S	puits	TN 70	50 kt
104	??-??-80	?	?	Mururoa	?	?	?
105	??-??-80	?	?	Mururoa	?	?	?

1981

106	27-02-81	23h28'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	8 kt
107	06-03-81	17h27'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt

108	28-03-81	17h22'59"17	?	138.674 W 21.780 S	puits	militaire	5 kt
109	10-04-81	17h56'59"03	?	138.969 W 21.775 S	puits	militaire	8 kt
110	08-07-81	22h22'58"81	?	139.049 W 21.781 S	puits	militaire	20 kt
111	11-07-81	17h17'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	8 kt
112	18-07-81	17h43'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt
113	03-08-81	18h32'58"58	?	138.900 W 21.833 S	puits	bombe à neutrons	15 kt
114	11-11-81	17h06'58"65	?	138.991 W 21.833 S	puits	?	3 kt
115	05-12-81	16h57'59"00	?	138.774 W 21.848 S	puits	?	5 kt
116	08-12-81	16h46'58"70	?	138.896 W 21.808 S	puits	?	15 kt
117	??-??-81	?	?	Mururoa	?	?	?

1982

118	20-02-82	17h33'	?	Mururoa	?	militaire	3 kt
119	20-03-82	17h02'57"8	?	138.941 W 21.996 S	puits	bombe à neutrons	15 kt
120	27-06-82	17h00'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt
121	01-07-82	17h01'58"8	?	139.050 W 21.766 S	puits	militaire	20 kt
122	21-07-82	17h13'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt
123	25-07-82	18h01'58"1	?	138.943 W 21.864 S	puits	militaire	55 kt

1983

124	19-04-83	18h52'58"4	?	138.906 W 21.847 S	puits	militaire	40 kt
125	25-04-83	17h03'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	1 kt
126	25-05-83	17h30'58"2	?	138.916 W 21.895 S	puits	militaire	40 kt
127	18-06-83	17h31'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	3 kt
128	28-06-83	17h45'58"6	?	138.917W 21.745 S	puits	militaire	35 kt
129	20-07-83	20h30'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	10 kt
130	04-08-83	17h13'58"2	?	138.922 W 21.835 S	puits	militaire	8 kt
131	03-12-83	16h58'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	4 kt
132	07-12-83	17h28'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	15 kt

1984

133	08-05-84	17h26'	?	Mururoa	puits	militaire	20 kt
134	12-05-84	17h30'58"3	?	138.961W 21.852 S	puits	militaire	55 kt
135	12-06-84	17h16'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	2kt
136	16-06-84	17h43'57"9	?	138.992 W 21.933 S	puits	militaire	35 kt
137	27-10-84	17h16'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	3 kt
138	02-11-84	20h44'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	35 kt
139	01-12-84	16h51'00"0	?	139.000 W 22.000 S	puits	militaire	1 kt

140	06-12-84	17h28'58"3	?	138.954 W 21.890 S	puits	militaire	55 kt
-----	----------	------------	---	-----------------------	-------	-----------	-------

1985

141	30-04-85	17h29'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	15 kt
142	08-05-85	20h28'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	90 kt
143	03-06-85	17h30'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	10 kt
144	07-06-85	17h40'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	5 kt
145	24-10-85	17h50'00"0	?	Mururoa	puits de 700 m	TN 81 ?	2 kt
146	26-10-85	16h35'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	20 kt
147	24-11-85	16h30'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	5 kt
148	26-11-85	17h42'00"0	?	Mururoa	puits	Hadès	55 kt

1986

149	26-04-86	17h01'56"6	?	139.120 W 22.150 S	puits	militaire	5 kt
150	06-05-86	16h58'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	5 kt
151	27-05-86	17h15'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	4 kt
152	30-05-86	17h24'58"2	?	139.100 W 21.913 S	puits	militaire	30 kt
153	10-11-86	16h58'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	6 kt
154	12-11-86	17h01'58"5	?	139.068 W 21.894 S	puits	militaire	25 kt
155	06-12-86	17h10'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	9 kt
156	10-12-86	17h14'58"6	?	138.986 W 21.877 S	puits	militaire	30 kt

1987

157	05-05-87	16h58'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	5 kt
158	20-05-87	17h05'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	30 kt
159	06-06-87	18h00'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	3 kt
160	21-06-87	17h54'58"4	?	138.844 W 21.984 S	puits	militaire	15 kt
161	23-10-87	16h50'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	50 kt
162	05-11-87	17h29'55"5	?	138.970 W 22.340 S	puits	militaire	20kt
163	19-11-87	16h30'58"5	?	139.037 W 21.878 S	puits	militaire	60 kt
164	29-11-87	17h59'00"0	?	Mururoa	puits	militaire	3 kt

1988

165	11-05-88	16h59'58"1	?	139.107 W 21.927 S	puits	militaire	20 kt
166	25-05-88	17h00'58"	?	139.027 W 21.899 S	puits	militaire	80 kt
167	16-06-88	17h14'57"	?	Mururoa	puits	militaire	5 kt
168	23-06-88	17h30'58"5	?	139.042 W 21.928 S	puits	militaire	30 kt
169	25-10-88	17h00'00"	?	Mururoa	puits	militaire	2 kt
170	11-05-88	16h29'57"6	?	139.029 W 22.052 S	puits	militaire	50 kt
171	23-11-88	17h00'58"5	?	139.029 W 22.908 S	puits	militaire	40 kt
172	30-11-88	17h54'54"3	?	Fangataufa	puits	militaire	100 kt

Notes

1. La première génération d'armes nucléaires françaises, la bombe à fission AN 11 portée par Mirage IVA, dérivait des engins utilisés dans les quatre premières explosions atmosphériques en 1960-1961 qui furent effectuées à Reggane (Algérie).

Les données des essais 1, 2 et 3 sont issues du *Rapport annuel 1960 du CEA* (p. 137, 141) ; **Nicolas Vichney**, "Quelques aspects scientifiques et techniques de la Bombe A française" ; *Nature*, n°3299, mars 1960 ; *Le Monde*, 9 mars 1960 ; *Department of Energy (DOE) List* ; **Yves Rocard**, "La naissance de la bombe atomique française" *La recherche* n°141 février 1983 ; **David Marsh**, "France tests its Atomic Might", *New Scientist*, 14 février 1985.

Le premier essai étudiait en priorité les effets d'armes nucléaires pour connaître la résistance des systèmes d'armes et des soldats français à un environnement nucléaire. Des équipements comprenant des superstructures de bateaux (pour savoir si le souffle nucléaire coulerait un navire), des avions, des tanks, des bâtiments et abris... furent exposés à l'essai à des distances diverses du point zéro. De plus, le Service de santé mena des expériences biologiques pour tester des dosimètres à radiations. Des animaux (cochons d'Inde, poissons, oiseaux) furent exposés à l'essai ainsi que 150 prisonniers algériens (selon des allégations de la TV algérienne, *AFP*, 11 mai 1985). Après l'explosion, un avion sans pilote mesura la radioactivité dans le nuage atomique pendant que des mesures près du terrain étaient effectuées par hélicoptères.

2. Le ministère des Armées a déclaré que l'explosion de l'engin marquerait une nouvelle étape dans la miniaturisation des têtes nucléaires, et un pas important vers la création d'un engin opérationnel. **Nicolas Vichney**, "La seconde bombe atomique française", *Le Monde*, 2 avril 1960 ; *communiqué du ministère des Armées*, 4 avril 1960.

3. Comme lors du premier essai, du matériel militaire et des animaux furent placés à des distances variées du point zéro. Cet essai fut "essentiellement une expérience de physique, pour étudier le phénomène résultant d'une explosion nucléaire, des effets des radiations comme des mesures à prendre contre ces radiations". **Nicolas Vichney**, *Le Monde*, 28 décembre 1960

4. Rapidement et prématurément effectué pour avoir pris sur la rébellion des généraux qui commença le 22 avril 1961. Les observateurs étrangers ont souvent décrit cet essai comme une erreur ou un accident. Selon **Jean Planchais**, *Le Monde*, 1er juillet 1962, cet essai causa la contamination de soldats français par un mauvais fonctionnement de l'explosif chimique utilisé comme détonateur de l'engin nucléaire. Normalement, l'explosion devait être de grande puissance.

5. Les 13 essais souterrains suivants avaient pour objectif la miniaturisation de la bombe devant être transportée par Mirage IVA. Tous ces essais furent effectués à In-Ecker, dans le sud de l'Algérie française. Bien que principalement militaires, quelques essais furent aussi étudiés pour leurs applications pacifiques comme partie du programme APEX du CEA. Ces essais portaient deux noms, l'un de pierre précieuse, l'autre d'un prénom féminin pour la désignation APEX (**Stephens**, *French-American*, 1972). L'essai *Carmen* dont on ne connaît pas le correspondant militaire

avait une puissance de 15,4 kt, était effectué à 635 m de profondeur et une chambre de détonation de 52 m³ (sources principales : **Duclaux et Michaud**, *Conditions expérimentales* et **I.G. Stimpson**, *Source parameters of Explosions in Granite at the French test Site in Algeria* (London, HMSO, July 1988).

Ce cinquième essai est le premier essai souterrain français. Selon **David Marsh** (op. cit.), cet essai et les suivants furent effectués dans des cavernes du Massif du Hoggar.

6. Essai du prototype de la première génération d'armes atomiques françaises, l'AN 11. Des fuites accidentelles de gaz radioactifs provoquèrent la contamination de 12 soldats. **Bertrand Goldschmidt** (*L'aventure atomique*, Fayard, 1962) signale que l'explosion laissa échapper des vapeurs radioactives à travers des fissures, contaminant quelques-uns des observateurs, y compris les deux ministres présents. **Jean Planchais** (*Le Monde*, 1er juillet 1962) dit que l'ordre de procéder à la mise à feu fut donné en dépit de vents adverses, à cause de la présence des deux ministres (dont le ministre des Armées).

7. **Duclaux et Michaud** (op. cit.) parlent d'une puissance de moins de 20 kt.

9. Le *Swedish Institute for Peace and Conflict Research* indique une puissance de 52 kt. Il s'agit du deuxième essai souterrain le plus puissant effectué en Algérie avec *Saphir* (source : lettre de **Peter D. Marshall** (UK Atomic Weapons Establishment, Blacknest) à **A.S. Burrows** du 5 octobre 1988.

10. D'autres sources indiquent une puissance de moins de 20 kt (**Duclaux et Michaud**, *DOE list*). Selon **Stephens** (op. cit.), l'essai *Michèle* avait une puissance de 3,6 kt à une profondeur de 353 m et une chambre de détonation de 125 m³. Il coïncidait avec l'essai *Opale*.

13. Selon **Stephens**, la puissance était de 117 kt. **Duclaux et Michaud** annoncent moins de 20 kt et *DOE list* une puissance moyenne. Il s'agit du plus puissant essai souterrain effectué en Algérie.

16. D'autres sources indiquent moins de 20 kt (**Duclaux et Michaud**)...

17. **Stephens** indique la puissance de 13 kt. Selon *Le Figaro*, 13 juin 1974, il s'agirait d'une bombe au plutonium de 60 kt. **Duclaux et Michaud** indiquent moins de 20 kt.

18. Avec le commencement des essais atmosphériques dans le Pacifique, les essais sont répartis en campagnes annuelles, chacune ayant un objectif spécifique. Bien que la localisation des 44 essais atmosphériques soit indiquée à Mururoa et Fangataufa, quelques-uns de ceux-ci cependant furent effectués au-dessus de la surface de l'océan (notamment près de Tureia et des atolls Gambier. Selon un document du Parlement européen (*Session Documents 1988-89*, Série A. Document n°A2-0283/88, 1er décembre 1988), 15 essais ont été effectués au-dessus de l'océan Pacifique Sud.

Les sources principales sur ces essais sont fournies dans les rapports du FOA (Suède) et DOE (Etats-Unis). On trouve également des informations pour la campagne de 1966 dans *TAM* (19 septembre 1968) et dans l'article du Lt-Colonel **Destefanis** (*Revue de Défense nationale*, juillet 1967).

24. Il y eut trois essais de faible puissance en 1967 impliquant la recherche sur l'utilisation de l'uranium 235 hautement enrichi comme matériel fissile pour les armes nucléaires (la production de ce matériel provenait de l'usine d'enrichissement à diffusion gazeuse d'uranium de Pierrelatte opérationnelle depuis avril 1967). Ces trois essais orientaient les expérimentations en direction de l'utilisation de l'U-235 pour l'armement des armes thermonucléaires. (Le Figaro, 13 juin 1974; Selon Le Monde du 1er juin 1967, seul l'essai Atlas serait un engin expérimental à vocation thermonucléaire; les deux suivants concernant la fission "dopée". Mais dans chaque cas, on utilisait de l'U-235. Les deux premiers engins explosèrent sous ballon, le troisième explosa par accident au niveau de la mer, produisant de sévères retombées (Jean Toulat, La bombe ou la vie, Fayard, 1969).

27. Les cinq essais de la campagne de 1968 avaient pour objectif de tester le prototype des têtes nucléaires MR 41 et le premier engin thermonucléaire. (Jacques Robert, Revue de Défense nationale, mars 1970).

28. Premier essai de tête à fission "dopée" utilisant de l'uranium hautement enrichi U-235 (dopé par l'introduction de tritium). CEA, Notes d'information, janvier 1970.

29. Premier essai de mise à feu du prototype de tête MR 41 à fission "dopée" pour les M 1 des SNLE. Le Monde, 11 septembre 1968.

30. Première véritable explosion thermonucléaire française, utilisant de l'uranium hautement enrichi U-235 et du lithium. Le poids de l'engin était d'environ 3 tonnes et avait une taille comparable à une "Simca 1000". Après l'explosion, on a dit que Fangataufa était tellement contaminé qu'il fut interdit pour les six années suivantes. La dernière bombe H de la campagne de 1968 fut mise à feu pour cela à Mururoa. Voir AFP, dépêche du 28 août 1968; Le Monde du 29 août 1968; Air et Cosmos, 7 septembre 1968; Jacques Robert, Revue de défense nationale, mars 1970; CEA, Notes d'information, janvier 1970.

31. Deuxième explosion thermonucléaire française. A la suite de Procyon, aucun essai ne fut effectué à Mururoa ou Fangataufa pendant plus d'un an. Certains allèrent que c'était à cause de la sévère contamination radioactive des deux sites. Bengt Danielsson (op. cit. Ambio, 1984).

Une nouvelle série d'essais en vue de la miniaturisation des têtes thermonucléaires était planifiée pour 1969, mais elle fut annulée pour des "raisons budgétaires". Le Monde, 31 octobre 1968; Le Figaro, 13 juin 1974; Danielsson, Poisoned reign, p. 136.

32. L'objectif des huit essais de la campagne de 1970 était de vérifier une série d'engins, mécanismes et phénomènes associés aux réactions en chaîne de la fission et de la fission (plus que d'atteindre des hautes puissances, telles que les 2,6 Mt de 1968), ainsi que les conditions optimales pour une réaction de fusion. Trois de ces essais concernent les têtes thermonucléaires, les autres étudiaient diverses configurations de fission primaire. Dépêches AFP, 15 mai 1970 et 6 août 1970; Le Monde, 16 mai 1970.

33. Cet essai expérimentait la fission primaire d'une future tête thermonucléaire. AFP, 22 mai 1970.

36. La dépêche AFP du 27 juillet 1970 parle de "très grande puissance", DOE list et Danielsson (Poisoned reign) parlent d'une Mt. Il s'agit de la troisième explosion thermonucléaire française. Six heures après l'explosion, les

une puissance de 20-40 kt. L'engin était à fission de plutonium pur d'une puissance qui le classe dans les armes tactiques. L'engin a explosé après la troisième tentative (Greenpeace, Testimony of Edwin Haag, mars 1987).

19. Selon Bengt Danielsson ("Under a Cloud of Secrecy: the French Nuclear Tests in the Southeastern Pacific", Ambio, vol. 13, n°5-6, 1984), l'essai eut lieu à 100 km au sud de Mururoa, au-dessus de l'océan, plus près de Fangataufa que de Mururoa. L'engin fut largué depuis un avion (probablement un Mirage IVA) à 15 000 m d'altitude. TAM, 19 septembre 1968, parle d'un Mirage III. DOE list indique Mururoa.

Autres sources: Le Monde, 21 juillet 1966; AFP, 14 septembre 1966; Paul Jackson, "Deterrent at the Crossroads", Armed Forces, Vol 4, n°3 mars 1985 indique une puissance de 18 kt.

20. Une mise à feu de sécurité fut effectuée avec succès (sans réaction nucléaire) à Mururoa. Cet essai consistait à vérifier le système de sécurité de la bombe AN 11 utilisé dans le précédent essai (19 juillet). Bien que la tête désamorcée de la bombe AN 11 n'ait pas explosé, il fut produit une dispersion de plutonium. Pour contenir les radiations, la zone contaminée fut recouverte de bitume (Dépêche AFP du 14 septembre 1966). L'ambassade de France à New York (The 1968 French Nuclear Tests Series M.286, 2 juin 1967) indique que l'essai Ganymède fut effectué pour vérifier la sécurité des armes nucléaires dans les lieux de stockage et dans les transports.

La seule différence majeure entre l'AN 11 et l'AN 22 qui la remplaça était l'adjonction de systèmes de sécurité.

21. L'engin expérimental à fission de plutonium pur était un prototype de tête nucléaire pour le futur S2 (missile du Plateau d'Albion). Le grand caisson métallique réfrigéré qui contenait la bombe pendait sous un ballon gonflé à l'hélium. Le général De Gaulle assista à cet essai, le plus puissant essai atmosphérique à cette date. On dit qu'à cause de l'impasse de De Gaulle, l'engin fut mis à feu en dépit de mauvaises conditions de vent, ce qui envoya des retombées radioactives sur toutes les îles à l'ouest de Mururoa, comprenant les Samoa Occidentales (distantes de 2000 miles), les Fidji et les îles Cook.

Selon Michel Haag, "France's Low Awareness of Accidental Nuclear War Dangers" (Technical Report n°5 Santa Barbara, CA, Nuclear Age Peace Foundation, septembre 1987), la puissance était de 150 kt; une dépêche AFP du 14 septembre 1966 indique une puissance entre 100-200 kt; DOE list indique une faible puissance. Voir aussi, CEA, Notes d'information n°33-971, janvier 1970; Danielsson, Poisoned Reign, p.102 et Greenpeace, conférence de presse du 4 septembre 1985.

22. L'engin à fission "dopée" qui fut utilisé pour la première fois, à la fois avec du plutonium et une petite quantité de matériaux thermonucléaires, qu'on suppose être du tritium et/ou du deutérium. Nicolas Vichney, Le Monde, 6 octobre 1966.

23. L'engin expérimental était à fission "dopée", utilisant en différentes proportions du plutonium et des matériaux thermonucléaires, ce qui produisit un accroissement de puissance jusqu'à 300 kt.

officiels retournèrent sur l'atoll et le ministre de la Défense se baigna dans le lagon pour parer aux critiques, *Le Monde* 17 août 1971 ; *DOE list* appelle cet essai "bombe à hydrogène".

40. Les objectifs des cinq essais et de la "mise à feu de sécurité" de la campagne de 1971 avaient trois volets : tester et déployer la tête nucléaire de 500 kt MR 41 à fission "dopée" pour les M1 et M2 du SNLE (opérationnel en fin 1971) ; tester la formule définitive de la tête thermonucléaire TN 60 d'une mégatonne pour le M 20 des SNLE devant entrer en service en 1976, incluant le durcissement et la miniaturisation et la résolution de tous les problèmes de sécurité ; enfin tester une tête tactique d'une puissance comprise entre 10 et 25 kt, probablement pour le Pluton.

Sources : *Le Monde* 14 juillet 1970, 10 août 1971, 17 août 1971 ; *AFP* 2 juin 1971 ; *CEA Revue de la Presse française*, 15 juin 1971 ; *Le Figaro* 13 juin 1974.

41. A la suite de cet essai de la tête MR 41 à fission "dopée", des retombées atteignirent l'atoll de Tureia dans la nuit du 12 au 13 juin 1971, *Le Monde* 17 août 1971.

42. Essai de fission primaire pour la tête thermonucléaire TN 60.

43. Id

44. Quatrième essai thermonucléaire depuis le 24 août 1968, *CEA*, 1er septembre 1971 ; *Le Monde* 17 août 1971.

45. *Le Monde* 3 juin 1971 ; *AFP* 2 juin 1971. Cet essai de sécurité concernait probablement la tête TN 60/61.

46. L'objectif des trois essais de faible puissance de la campagne de 1972 était de tester la fission primaire de la TN 60 thermonucléaire (opérationnelle en 1976). *Le Figaro* 13 juin 1974.

49. L'objectif des cinq essais de faible puissance de la campagne de 1973 était principalement de travailler à la miniaturisation et à la "militarisation" de la TN 60 thermonucléaire (sa résistance au souffle et autres effets des missiles anti-missiles), *Le Monde* 12-13 novembre 1972. L'essai 49 expérimente la fission primaire pour la TN 60 thermonucléaire.

53. *Le Monde* 19 juin 1973.

54. L'objectif des huit essais de la campagne 1974 comprenait : le largage du Jaguar A, les essais de petites bombes A tactiques et l'essai (pour la première fois) de quelques engins expérimentaux à têtes multiples et de prototypes. Selon le ministre de la Défense Soufflet, cité par Danielsson, *Poisoned Reign* p. 204, 206.

L'essai 54 concerne l'expérimentation de la TN 70 thermonucléaire à têtes multiples à fission primaire, pour le missile M4, *Le Monde* 15 août 1974. Celui-ci complète une série d'essais de faible puissance commencée l'année précédente, *Le Monde* 18 juin 1974 et 21 juin 1974.

55. Essai d'une configuration opérationnelle de la TN 70 et la miniaturisation de certains composants, *AFP* 16 août 1974.

56. Possible essai de fission primaire pour le missile ASMP, *Le Monde* 15 août 1974.

57. Dans ce cas, il n'est établi clairement s'il y a eu explosion comme aucune source n'indique de puissance. Il est clair qu'un essai de sécurité (c'est à dire sur les systèmes de sécurité, comme lors de l'essai du 21 juin 1966) a été planifié pour 1974 mais on ne sait pas s'il s'agit de celui-ci ou de celui du 17 juillet 1974. On sait que le CEA

n'était pas satisfait des résultats de la puissance de 6,6 kt de l'AN 52 larguée par le Mirage IIIE le 28 août 1973 (la puissance devait être soit plus forte, soit nulle). Cet essai devait rectifier la situation.

58. Bien que non signalé par FOA (Suède), cet essai (probablement le cinquième essai thermonucléaire) est signalé par UPI (*New York Times* 30 juillet 1974) et *Le Monde* 15 août 1974 ; *AFP* 15 août 1974.

61. Dernier essai atmosphérique français.

62. Tous les essais souterrains du Pacifique furent effectués à Mururoa, à l'exception des deux premiers essais de Fangataufa en 1975 et du dernier essai de 1988 qui fut aussi effectué à Fangataufa.

Les informations concernant ces essais souterrains viennent principalement (et sauf indications contraires) de l'Observatoire de Rarotonga (Îles Cook) compilées par le DSIR (Nouvelle-Zélande), de FOA (Suède), de *Body Wave Magnitudes and Locations of french Underground Explosions at the Mururoa test Site* de P.D. Marshall, R.C. Lliwall et P.J. Warburton (UK Atomic Weapons Establishment). Concernant ce premier essai souterrain à Fangataufa, le puits a été localisé dans la partie sud de la côte de l'atoll, Danielsson, *Poisoned Reign*, p. 212, 213.

63. Le puits a été localisé au nord de l'atoll, Danielsson, *Poisoned reign*, p. 214. Voir *Le Monde* 28 novembre 1975.

64. Quatre essais en 1976, tous à Mururoa. Le 28 février 1976 le commandant du CEP ferma officiellement le site d'essais de Fangataufa. Le DSIR n'indique qu'un essai en 1976, les trois autres sont signalés par FOA. Plus tard, le ministre de la Défense confirma les deux essais de juillet 1976 (*Le Monde* 24 juillet 1976). *Le Monde* du 10 décembre 1976 signale l'essai de décembre (miniaturisation et durcissement de tête).

Pour l'essai *Patrocle*, voir *Le Monde* 6 avril 1976.

65. Cet essai produisit des gaz radioactifs "qui ne se sont pas échappés par le chemin prévu et les techniciens se demandent encore comment cela a pu se produire" selon *Le Journal de Tahiti* du 27 décembre 1976 (Danielsson, *Poisoned reign*, p. 245).

68. Tous les essais de 1977 ont été effectués à Mururoa.

72. Un glissement sous-marin (et un raz-de-marée) se produisit après cette explosion. Selon Haroun Tazieff, cité dans Danielsson, *Poisoned reign*, p. 246.

74. Selon le *Dossier n°1* publié par le DIRCEN, 14 essais souterrains ont été effectués depuis 1970 jusqu'à la fin 1977, soit deux de plus que ce que l'on estimait auparavant. La France n'effectuant que des essais souterrains depuis 1975, il est certain que ces deux essais supplémentaires ont été effectués en 1975, 1976 ou 1977. *Le Point* du 16 juin 1976 rapporte que la première explosion de 1975 aurait été suivie "en rapide succession par quatre autres", ce qui impliquerait que les essais supplémentaires auraient été effectués en 1975 (si tel était le cas, ils auraient été effectués à Mururoa et non à Fangataufa puisque le DIRCEN a confirmé que seulement deux essais souterrains ont été effectués à Fangataufa dans les années 70). Selon *Aviation Studies Atlantic, Nuclear Weapons Data File* (London, 1985), la France aurait effectué deux essais souterrains en 1974, une année avant qu'elle ne transfère son programme d'essais sous terre.

78. Cet essai a été détecté par FOA. Le *Geological Survey of Canada* et le DSIR ont tous deux confirmé cet essai.

90. Il s'agit de la plus importante explosion enregistrée entre juillet 1976 et décembre 1981. Cette explosion est le résultat d'un accident majeur comme indiqué dans le texte. (Cf. Marshall et al, op. cit. p.4)

93. Treize essais ont été effectués en 1980 selon le DIRCEN (et 11 seulement selon FOA et DSIR). L'avancement des études des têtes du M4 et de l'ASMP a permis une réduction en proportion des essais affectés à ces têtes, depuis la fin 1979 (CEA, Rapport annuel 1981 p. 51). Selon l'ambassade de France à New York ("News and Comments from France" 10 décembre 1980) trois essais de têtes de M4 (TN 70) ont été effectués en 1980 et ces 3 essais de décembre avaient pour objet le durcissement de la tête.

99. Il s'agirait d'un essai de tête de bombe à neutrons selon Richard Eder, New York Times du 27 juin 1980.

104. Ces essais 104 et 105 ont été signalés par le DIRCEN.

106. Douze essais ont eu lieu en 1981 selon le DIRCEN (11 selon DSIR et FOA). Ces essais sont étudiés pour des systèmes d'armes à moyen et long terme et, selon CEA, Rapport annuel 1981, depuis que le développement des têtes de M4 et de ASMP sont en bonne voie.

107. Cet essai a été détecté par FOA et confirmé par la suite par DSIR et le Geological Survey of Canada.

113. Il s'agit d'un essai de bombe à neutrons selon le ministre de la Défense (cité par Danielsson, Poisoned reign, p. 283). De plus, Charles Hernu a rapporté, en juin 1983 (New Scientist, 30 juin 1983), que la France avait déjà fait exploser la bombe à neutrons et qu'il était présent à l'essai. Comme Hernu était à Mururoa le 03/08/81, il est probable qu'il s'agit d'un essai de bombe à neutrons.

114. Selon l'ambassade de France à New York, aucun essai de bombe à neutrons n'a été effectué en décembre (News and Comments, 27 novembre 1981 et 10 décembre 1981).

115. Premier essai effectué sous le lagon.

117. Essai "supplémentaire" annoncé par le DIRCEN.

118. Selon le DIRCEN et DSIR, il y a eu six essais en 1982 (5 seulement selon FOA). L'objectif était d'abord de rechercher de nouvelles formules, des têtes de plus hautes performances, économisant davantage de matière fissile. Les travaux ont avancé à la fois sur les radiations et les effets de souffle de la bombe à neutrons. (CEA, Rapport annuel 1982)

119. Une dépêche AFP du 25 mars 1982 fait état d'un essai d'engin à neutrons de 1 à 2 kt et qu'il s'agissait du sixième essai neutronique depuis le début de 1982 (?). Selon UPI (Paris) cité dans New York Times du 26 mars 1982, l'essai concernait le détonateur de la bombe à neutrons.

120. Cet essai fut observé par la mission Tazieff qui apporta ses instruments de mesure pour étudier les fuites radioactives. Mais la puissance de l'engin était si petite qu'elle ne put rien apprendre sur les risques du programme normal où les puissances sont substantiellement plus fortes. (Danielsson, Poisoned reign, p. 296)

124. Il y a eu 9 essais pendant l'année 1983 selon DSIR (comprant les récentes découvertes de deux autres essais après une analyse plus approfondie des enregistrements sismologiques de Yellowknife - Canada). Le DIRCEN donne 7 essais. L'objectif des essais de 1983 consiste dans le développement et la réalisation d'armes pour les dix prochaines années, et la définition d'armes pour le long terme, 1994-2000 (CEA Rapport annuel 1983).

125. Cet essai a été détecté par le Geological Survey of Canada et confirmé par la suite par le DSIR.

127. Id.

133. Il y a eu 8 essais pendant l'année 1984. L'objectif de la campagne de 1984 consistait dans la validation de la TN 71 (pour le M4), l'essai de la TN 81 (pour l'ASMP) et la recherche pour la tête du futur missile Hadès. (CEA, Rapport annuel 1984).

140. La puissance de cet essai est donnée par FOA. Le Premier ministre de Nouvelle-Zélande (dans New Scientist du 5 janvier 1985) et Greenpeace (conférence de presse du 4 septembre 1985) donnent une puissance de 70 kt.

141. L'objectif des 8 essais de 1985 : l'essai de la TN 81, la tête du Hadès et des modèles pour la prochaine décennie (CEA, Rapport annuel 1985). L'Agence Reuter, citée dans Newark Star-Ledger du 10 septembre 1985, fait aussi mention de l'essai de la tête de l'ASMP (TN 80/81) et de derniers essais pour une bombe à neutrons. Jim Wolf, dans Jane's Defence Weekly du 19 juillet 1986, affirme que les agents français ont coulé le Rainbow Warrior en juillet 1985 pour éviter l'interruption des essais de développement de la TN 71 et de la tête de 60 kt pour le missile Hadès.

142. Selon plusieurs sources, cet essai aurait eu la plus grande puissance (autour de 150 kt) depuis que les essais ont été transférés sous terre (Greenpeace, conférence de presse du 4 septembre 1985 et dépêche AFP du 10 mai 1985).

145. La profondeur du puits est citée dans TAM de décembre 1985. TAM indique de plus que l'essai Hérodote fait partie de la catégorie des essais "scientifiques" pour l'allègement d'une tête déjà existante, la TN 81 probablement, quoique la tête du missile Hadès soit aussi possible. Jacques Isnard, dans Le Monde du 26 octobre 1985 affirme que l'essai Hérodote était nécessaire "pour la conception d'une future arme nucléaire qui serait disponible dans les 12 à 18 mois suivants".

172. Premier essai souterrain à Fangataufa depuis 1975.

Tableau 2

Récapitulatif des essais nucléaires français 1960 - 1988

Année	Nombre d'essais		
	Atmos.	Sout.	
1960	3	0	1960-1961 : 4 essais atmosphériques en Algérie
1961	1	1	
1962	0	1	1961-1966 : 13 essais souterrains en Algérie
1963	0	3	
1964	0	3	
1965	0	4	
1966	6	1	
1967	3	0	1966-1974 : 44 essais atmosphériques au CEP : 39 au-dessus de Mururoa, 5 au-dessus de Fangataufa
1968	5	0	
1969	0	0	
1970	8	0	
1971	6	0	
1972	3	0	
1973	5	0	
1974	8	0	
1975	0	2	1975-1988 : 111 essais souterrains au CEP : 108 à Mururoa, 3 à Fangataufa
1976	0	4	
1977	0	8	
1978	0	8	
1979	0	9	
1980	0	13	
1981	0	12	
1982	0	6	
1983	0	9	
1984	0	8	
1985	0	8	
1986	0	8	
1987	0	8	
1988	0	8	
Total	48	+ 124	= 172

Géographie et géologie des sites d'essais français

Champ de tir de Reggane

Quatre essais atmosphériques ont été effectués sur le champ de tir de Reggane, en Algérie alors française. Tandis que le poste de commandement (0:17 E; 26:42 N) était près de Reggane, le site des explosions se situait à près de 48 km (au moins), tout près de Hammoudia.

Champ de tir d'In-Ecker

Treize essais souterrains ont été effectués dans le granit du Taourirt Tan Afella (aussi nommé Massif du Hoggar), à In-Ecker, qui est localisé à environ 560 km au sud-est de Reggane dans le sud algérien (5:03 E, 24:03 N).

Site d'essais du Pacifique (CEP)

Archipel des Tuamotu

L'archipel des Tuamotu est l'un des cinq archipels composant la Polynésie française. Il est composé d'environ 80 atolls. Les petits atolls inhabités de Mururoa et Fangataufa qui sont utilisés pour les essais nucléaires français sont situés à l'extrême sud-est de l'archipel des Tuamotu (carte p.6). Ces sites, choisis à l'origine à cause de leur situation isolée semblaient particulièrement convenir pour effectuer des essais atmosphériques. Cependant, tous deux sont entourés à l'ouest, au nord et à l'est par des îles habitées. En mai 1966, le CEP a promis de faire exploser les bombes uniquement lorsque les vents soufflaient en direction du sud de l'océan où il n'y a pas d'îles, en direction de l'Antarctique.

Atoll de Mururoa

Site d'essais pour 39 explosions atmosphériques et 108 souterraines depuis 1966, Mururoa est un atoll corallien de

10 km par 30 dont les coordonnées centrales sont 138,88 O; 21,83 S (carte p. 8). Une bande de terre de 200 à 300 mètres de large sur une longueur de 50 km (la circonférence de l'atoll) entoure presque totalement le lagon, avec une passe de 4 km qui fait communiquer le lagon avec l'océan Pacifique. La profondeur moyenne du lagon est seulement de 30 à 40 m, avec une plus grande profondeur n'excédant pas 50 m. Mururoa est la partie visible d'un volcan sous-marin éteint sur lequel la barrière corallienne extérieure s'est édifiée au-dessus de la mer en entourant le lagon. L'étroite bande de récif affleure seulement de 1 à 2 m au-dessus du niveau de la mer.

Les explosions souterraines d'engins nucléaires à Mururoa ont lieu dans le cœur basaltique de l'atoll, au fond d'un puits foré au travers des couches superficielles de corail, de calcaire et de dolomite. Mururoa a une base basaltique (carte p. 10).

Atoll de Fangataufa

Fangataufa a été le site, depuis 1966, de 5 essais atmosphériques et de 3 essais souterrains. Il mesure 5 par 8 km et ses coordonnées centrales sont 138,63 O ; 22,25 S (carte p. 8). Fangataufa est à 41 km au sud-sud-est de Mururoa. Le récif corallien excède rarement 200 mètres de large. En plusieurs lieux, la mer passe par dessus le récif qui est peu élevé. Comme Fangataufa était un atoll fermé, l'armée française a ouvert une passe de 400 m dans le récif corallien pour communiquer avec l'océan.

Organisation des services travaillant au programme d'essais nucléaires français (1)

La conception et la fabrication des engins nucléaires devant être testés (ainsi que les instruments de mesure associés) sont sous la responsabilité de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA.

Cependant, la préparation et l'exécution des essais sont assurés par la Direction des centres d'expérimentations nucléaires (DIRCEN), qui dépend directement du ministère de la Défense français.

DIRCEN

La DIRCEN, créée en janvier 1964, est chargée de la conception, de la construction et du fonctionnement du centre d'essais nucléaires (le CEP), aussi bien que la préparation et de l'exécution des essais. La DIRCEN est composée de plusieurs branches :

- le quartier général est situé à Villacoublay en France ;
- le Groupement opérationnel des expérimentations nucléaires (GOEN) a la responsabilité de la conduite des essais sur le site ;
- la Direction des travaux et services (DTS) basée à Villacoublay, a la responsabilité du soutien logistique de la base d'essais ;
- le Service mixte de contrôle biologique (SMCB) a la responsabilité de la surveillance radiologique, de la sauvegarde des animaux, des denrées alimentaires et de l'eau potable près du site d'essais ; le SMCB est basé à Monthéry, avec une annexe à Mahina, près de Papeete et un navire de contrôle biologique, le Marara, pour recueillir tous les échantillons marins ;
- le Service mixte de sécurité radiologique (SMSR), composé de personnels appartenant à l'armée de terre et au CEA, a la responsabilité de la sécurité radiologique des essais (c'est à dire éviter toute contamination), et de la protection des populations de la radioactivité ; le SMSR est basé à Monthéry et à Mururoa ;
- le Centre d'expérimentations du Pacifique (CEP), le site d'essais du Pacifique a été créé en 1962.

L'organisation du CEP

La Base Interarmées des sites (BIA)

Elle comprend les atolls de Mururoa et Fangataufa, et les stations périphériques sur les atolls de Tureia, Tematangi et Reao. La BIA a la responsabilité du soutien logistique au CEA, préparation des essais et sécurité des installations. Un maximum de 3 600 personnes (militaires, scientifiques et ingénieurs) sont présentes au BIA pendant la période des essais et un minimum de 3 000 (parmi lesquelles environ 1 500 militaires) pendant le reste de l'année.

Les atolls de Fangataufa et Mururoa ont tous deux des installations portuaires et aériennes construites à l'origine par l'armée. Mururoa a un lagon suffisamment profond pour abriter de gros navires.

La base Interarmées de Hao

Dans les années 60, l'atoll de Hao servait de base arrière pour l'assemblage des engins nucléaires destinés aux essais, qui étaient amenés depuis la France, avec ravitaillement en Martinique, pour éviter ainsi Tahiti très peuplée (et très critique). Hao est un atoll plus grand que Mururoa, situé à 410 km au nord-ouest de Mururoa. Actuellement Hao abrite 400 personnes dont 270 militaires (de l'armée de terre et de l'armée de l'air). Il y a l'un des plus grands aérodromes du Pacifique sud, construit par l'armée, avec aussi un nombre important d'entrepôts et d'ateliers. Après la construction de l'aérodrome sur Mururoa, l'installation d'assemblage des engins nucléaires (Centre technique CEA/DAM) d'Hao a été désaffecté et transféré à Mururoa.

Autres services des trois armées à Tahiti

Environ 1 100 personnes se trouvent à Papeete, Faaa, Arue et Mahina. Tahiti sert aussi de base arrière pour le ravitaillement et les réparations (arsenal de Papeete). Sur les divers sites du CEP, l'armée de terre dispose de 1 500 personnes (2), la marine nationale d'environ 850 (parmi lesquelles 250 sont embarqués sur 31 navires) (3) et l'armée de l'air de 550 (4).

Notes

1. DIRCEN, Dossier n°1, sections 1/11, 2/11, 1/21 et 2/21.

2. L'armée de terre dispose de quatre principales unités : le 5ème Régiment étranger, (quartier général à Mururoa) ; le 57ème Bataillon de commandement et de soutien du Pacifique (quartier général à Papeete) ; le 815ème Bataillon de transmissions, terre (quartier général à Papeete) ; la Direction de l'infrastructure et du matériel en Polynésie (quartier général à Papeete).

3. Le personnel de la marine nationale est réparti entre 31 navires ; les ports de Papeete et de Mururoa ; l'Atelier militaire de la flotte à Mururoa et le Commissariat de la marine à Papeete.

4. Le personnel de l'armée de l'air se trouve à la Base aérienne (BA) 190 à Faaa, BA 185 à Hao, BA 195 à Mururoa et dans l'escadron de transport outre-mer n°82 à Faaa et Mururoa.

Abréviations

AN : arme nucléaire, c'est à dire arme à fission telle que AN 22, 51 ou 52. Voir *TN*, arme thermonucléaire.

APEX : Application des explosions : une série d'essais nucléaires souterrains expérimentés en Algérie par le CEA ; expériences sur l'usage pacifique des explosifs nucléaires.

ASMP : missile nucléaire air-sol moyenne portée (tête TN 80/81). Déployé sur Mirage IVP, Mirage 2000N et Super-Etendard.

CEA (Commissariat à l'énergie atomique) : le CEA a la responsabilité de tous les aspects des têtes nucléaires françaises, y compris la conception des têtes, leur fabrication et la production des matériaux nucléaires. Voir *DAM*.

CEB (Centre d'études du Bouchet) : centre de recherche, une annexe de l'ETCA ; simulation des effets d'armes nucléaires.

CEG (Centre d'études de Gramat) : centre de recherche, une annexe de l'ETCA ; simulation des effets d'armes nucléaires.

CEL (Centre d'essais des Landes) : centre d'essais près de Biscarrosse ; essais en vol sur la portée de missiles balistiques.

CEP (Centre d'expérimentations du Pacifique) : site des essais du Pacifique. Voir *Appendices 1 et 2*.

CESTA (Centre d'études scientifiques et techniques d'Aquitaine) : un des centres de recherche et développement de la Direction des applications militaires du CEA.

CFDT : syndicat représentant les techniciens employés à Mururoa.

DAM (Direction des applications militaires) : branche du CEA, spécialement responsable de la conception et de la fabrication de tous les engins et armes nucléaires français et des instruments de tests associés.

DIRCEN (Direction des centres d'expérimentations nucléaires). Voir *CEP et appendice 2 pour plus de détails*.

ETCA (Etablissement technique central de l'armement) : la simulation des effets d'armes nucléaires a lieu au Bouchet (CEB) et à Gramat (CEG).

TN (thermonucléaire) : tête thermonucléaire, telle que TN 51, 70, 71, 80, 81 etc. Voir *AN*.

Titres courts utilisés dans les notes

Danielsson, Poisoned Reign = Bengt et Marie-Thérèse Danielsson, *Poisoned Reign : French Nuclear Colonialism in the Pacific*, 2ème édition revue (Harmondsworth, England: Penguin Books, 1986).

DIRCEN, Dossier n°1 = Ministère de la Défense (Direction des centres d'expérimentations nucléaires (DIRCEN), *Dossier n°1* : organisation et fonctionnement des centres d'expérimentations nucléaires, octobre 1985.

DOE List = U.S. Department of Energy (DOE), "Summary of Foreign Nuclear Detonations Through December 31, 1983", listing informatique daté du 4 janvier 1984, p. 17-18.

DSIR printout = "Underground Nuclear Explosions in the Tuamotu Archipelago", listing informatique daté du 25 janvier 1989, réalisé par Warwick D. Smith du Seismological Observatory, Geophysics Division, Department of Scientific and Industrial Research (DSIR), Nouvelle-Zélande.

Duclaux et Michaud, Conditions expérimentales, 1970 = Françoise Duclaux et Lucien Michaud, *Conditions expérimentales des tirs nucléaires souterrains français au Sahara, 1961-1966*, C.R. Acad. Sc. Paris, 270, Série B, 12 janvier 1970.

FOA printout = listing informatique des explosions nucléaires, 1945-29 novembre 1987, réalisé par le Hagfors Observatory of the Swedish National Defence Research Institute (FOA).

French Embassy, release n° 891 = French Embassy Press and Information Service (N.Y.), "France Succeeds in Third Nuclear Explosion", *relation n° 891*, 27 décembre 1960.

Stephens, French-American, 1972 = D.R. Stephens, *French-American Technical Exchange of Geological Information Related to Peaceful Uses of Nuclear Explosives*, Lawrence Livermore Laboratory. UCRL-51171, 11 janvier 1972.