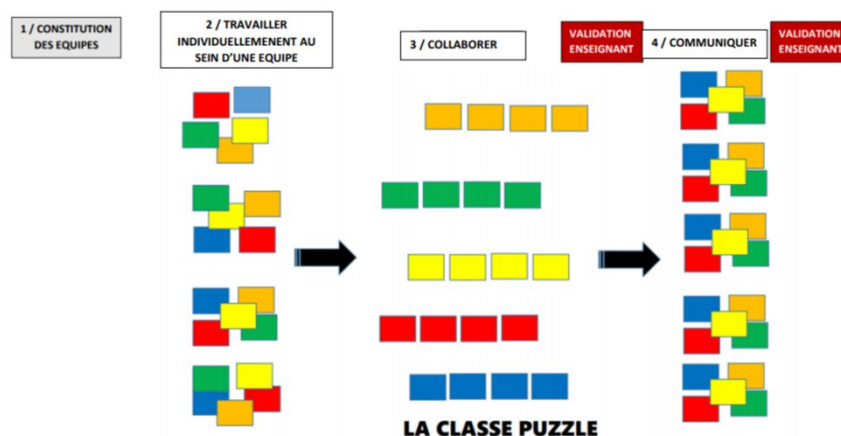


Fiche professeur	
Nom de l'activité ou de l'unité de travail	Érosion et activité humaine
Auteur	CROISIE Aimana – GT EFN-SVT
Niveau	2 <sup>de</sup> GT
Thème	<b>Les enjeux contemporains de la planète</b> Géosciences et dynamique des paysages
Programme Connaissances exigibles	L'activité humaine peut limiter ou favoriser l'érosion, entraînant des risques importants dans certaines zones du globe. Des mesures d'aménagement spécifiques peuvent limiter les risques encourus par les populations humaines.
Objectif	Comprendre les implications de l'érosion dans la vie quotidienne, en explorant l'impact des essais nucléaires souterrains sur le socle corallien, les matériaux affectés et les risques liés à ces phénomènes.
Compétences	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraire, exploiter et organiser des informations</li> <li>- Identifier les relations de cause à effet</li> <li>- Coopérer et collaborer au sein d'un groupe</li> </ul>
Pré-requis (Recherches en amont ou en collaboration avec SPC)	<p><b>-Que sont les essais nucléaires ?</b> Un essai nucléaire désigne l'explosion d'une bombe nucléaire à des fins expérimentales. Il y a eu 193 essais nucléaires en Polynésie française, dont 46 atmosphériques (de 1966 à 1974) et 147 souterrains (de 1975 à 1996).</p> <p><b>-A quoi ont-ils servi ?</b> Les essais permettent de valider des modèles de fonctionnement, leurs effets et peuvent également prouver à la communauté internationale que l'on dispose de l'arme nucléaire.</p>
Situation déclenchante Problématique	<p>Vidéos essais aériens et souterrains  <a href="#">ImagesDéfense - Nuage radioactif : tir Arcturus.</a> (1min à 10min)  <a href="#">ImagesDéfense - Tir Téthys au Centre d'expérimentation du Pacifique (CEP) de Moruroa.</a> (2min 28 à 2min 40)</p> <p><b>En quoi les essais nucléaires souterrains ont-ils fragilisé les atolls, et quelles mesures ont été mises en place pour prévenir les risques liés à cette érosion ?</b></p>
Notion construite : Trace écrite formulation élève	<p>Les essais nucléaires souterrains ont fragilisé les atolls en modifiant leur structure interne (fissures, affaissements), ce qui a favorisé leur érosion.</p> <p>Pour limiter les risques d'effondrement ou de submersion, des mesures de prévention ont été mises en place, comme la construction de plateformes, de digues, et l'installation d'un système de surveillance géophysique (TELSITE).</p>
Organisation et déroulement	<p><b><u>Posture enseignante :</u></b> Le fait nucléaire est ici abordé comme une question socialement vive : les savoirs scientifiques sont mobilisés dans un contexte de mémoire et de controverses. En effet, certaines connaissances n'étant pas encore stabilisées, elles alimentent des controverses scientifiques et sociales. Il s'agit alors d'éclairer les faits, sans imposer un point de vue, en développant chez les élèves un regard critique et informé.</p>

La séquence est menée en classe puzzle.



Les élèves sont répartis en groupes de 4 à 5 élèves. Chacun travaille sur un atelier différent abordant une facette de la problématique. (10 à 15 min)

Dans un second temps, les élèves se regroupent par atelier identique. Chaque groupe devient alors expert de son atelier.

Dans un troisième temps, chacun partage ses conclusions lors d'une mise en commun collective au sein du groupe initial. Les apports de chacun se complètent pour construire une compréhension globale du phénomène reliant activité humaine, érosion et prévention.

**Différenciation proposée** sur la tâche : tâche complexe ou raisonnement guidé.

**Proposition pour clôturer les séances :**

-> une carte mentale finale : *"Ce que je sais / ce qui reste incertain / ce que je me demande encore"*

Fiche élève	Nom :	Classe :
	Prénom :	
<h2 style="text-align: center;">Érosion et activité humaine – Tâche complexe</h2>		

**Problématique :** En quoi les essais nucléaires souterrains ont-ils fragilisé les atolls, et quelles mesures ont été mises en place pour prévenir les risques liés à cette érosion ?

**J'ai réussi si ...**

J'ai compris le principe d'un essai souterrain	
J'ai compris la nécessité de déplacer les essais au sein de l'atoll	
J'ai identifié les risques d'un essai nucléaire et les mesures prises	
J'ai compris l'importance de la surveillance actuelle des atolls	

**Atelier 1 : Qu'est-ce qu'un essai souterrain ?**

=> **Tâche complexe** : Comment réalise-t-on un essai nucléaire souterrain dans un atoll ?

Votre réponse sera accompagnée d'un croquis légendé.

**Atelier 2 : Où ces essais ont-ils eu lieu sur l'atoll ?**

=> **Tâche complexe** : Comment expliquer le déplacement des zones d'essais souterrains au fil du temps ?

**Atelier 3 : Le risque Zéro ?**

=> **Tâche complexe** : D'après les documents présentés, quels risques les essais nucléaires souterrains ont-ils provoqué à Moruroa et quelles mesures ont été prises pour les prévenir à l'époque ?

**Atelier 4 : Quelles sont les mesures actuelles de prévention ?**

=> **Tâche complexe** : Pourquoi faut-il encore surveiller les atolls de Moruroa et Fangataufa aujourd'hui ?

Fiche élève	Nom :	Classe :
	Prénom :	
<h2 style="text-align: center;">Érosion et activité humaine – Raisonnement guidé</h2>		

**Problématique :** En quoi les essais nucléaires souterrains ont-ils fragilisé les atolls, et quelles mesures ont été mises en place pour prévenir les risques liés à cette érosion ?

**J'ai réussi si ...**

J'ai compris le principe d'un essai souterrain	
J'ai compris la nécessité de déplacer les essais au sein de l'atoll	
J'ai identifié les risques d'un essai nucléaire et les mesures prises	
J'ai compris l'importance de la surveillance actuelle des atolls	

**Atelier 1 : Qu'est-ce qu'un essai souterrain ?**

=> **Raisonnement guidé :**

1. A partir du document 1, faire un croquis simplifié de la structure d'un atoll.
2. Compléter ce croquis en y rajoutant les puits dans le cas d'un essai terrestre et dans le cas d'un essai offshore.
3. Décrire ce qui se produit lors de l'explosion.

**Atelier 2 : Où ces essais ont-ils eu lieu sur l'atoll ?**

=> **Raisonnement guidé :**

1. A partir des cartes fournies, repérer la localisation des essais souterrains.
2. Faire un constat sur l'évolution de la localisation des essais souterrains, des premiers aux derniers réalisés.
3. Formuler une hypothèse pour expliquer cette évolution.

**Atelier 3 : Le risque Zéro ?**

=> **Raisonnement guidé :**

1. Identifier les causes de la fragilisation de la structure corallienne de l'atoll de Moruroa.
2. Décrire le déroulement du tir Tydée et expliquer en quoi cet événement confirme ou aggrave la fragilisation de l'atoll.
3. Proposer quelles mesures ont été mises en place à l'époque pour prévenir de nouveaux accidents après le tir Tydée.

**Atelier 4 : Quelles sont les mesures actuelles de prévention ?**

=> **Raisonnement guidé :**

1. Présenter l'outil de surveillance mis en place.
2. Justifier l'importance de ces observations pour la sécurité des atolls .
3. Montrer que les conséquences des essais nucléaires se prolongent encore aujourd'hui.

## Atelier 1 : Qu'est-ce qu'un essai souterrain ?

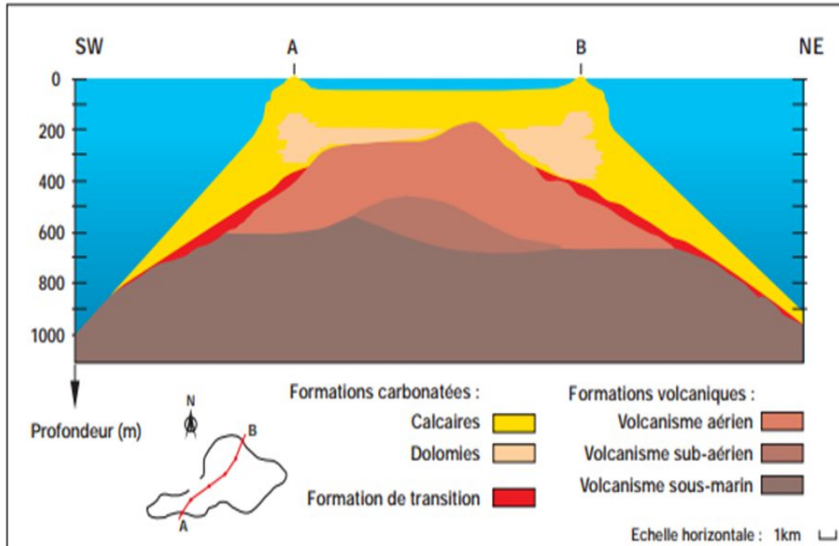


Fig. 7. - Coupe géologique suivant un axe orienté sud-ouest/nord-est à travers l'atoll de Mururoa.

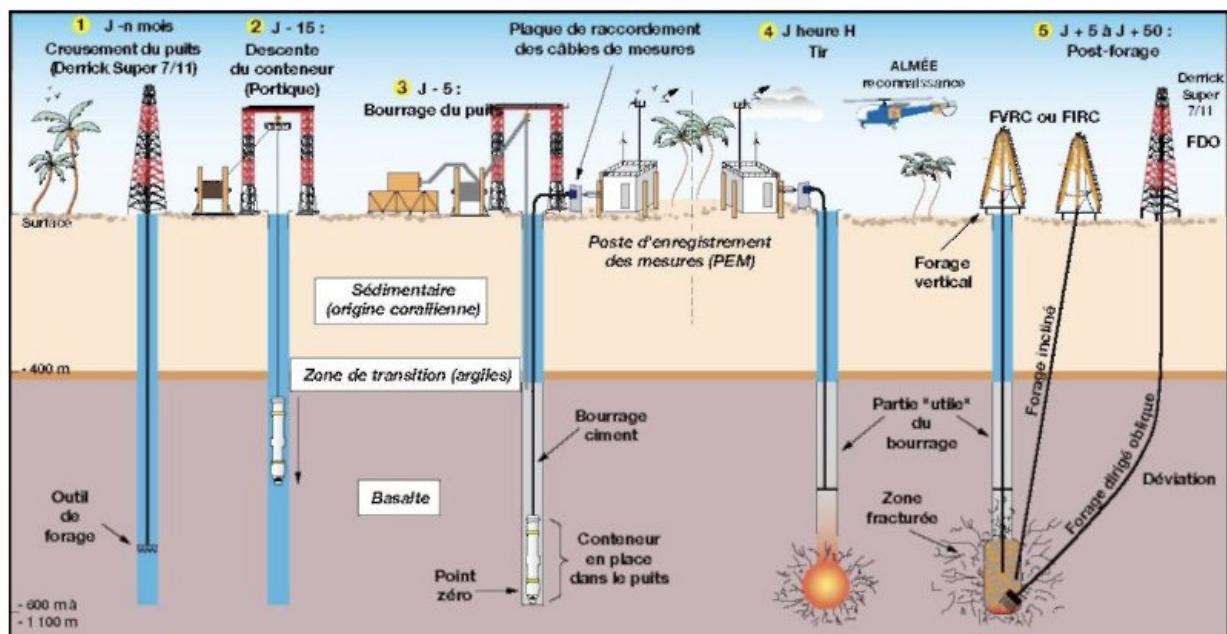
Source : La dimension radiologique des essais nucléaires français en Polynésie (page 23) - Ministère de la Défense

Les atolls de Moruroa et Fangataufa sont constitués d'un socle volcanique recouvert de couches de corail et d'un lagon central. La structure générale comprend :

- Formations volcaniques
- Formations carbonatées
- Lagon

Le choix du site et la localisation du forage reposent sur la stabilité du socle volcanique, afin de limiter les risques de fuites radioactives et d'effondrement.

## ESSAI TERRESTRE (1975 - 1986)



Source : CEA 2007 - page 334

## ESSAI OFFSHORE (1981 - 1996)

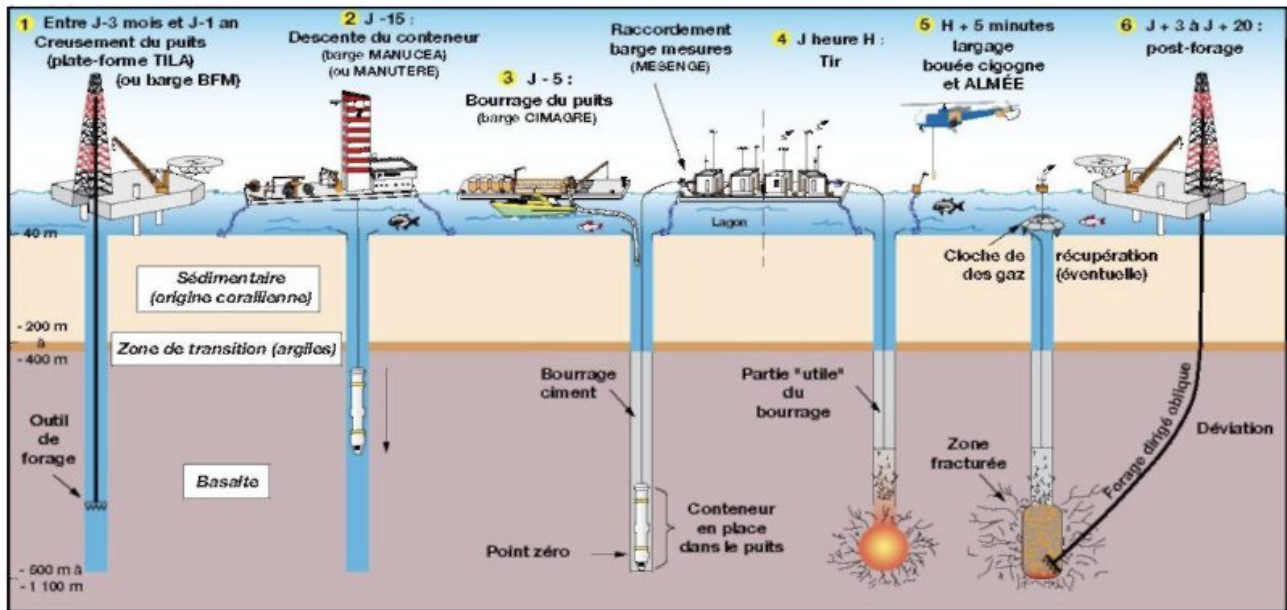


Fig. 186. - Les différentes phases du déroulement d'un essai souterrain terrestre et offshore

Source : CEA 2007 - page 334

### Comment se déroulait un essai nucléaire souterrain ?

Les essais, dits *souterrains*, permettent de limiter la dispersion des matières radioactives dans l'atmosphère.

Le mode opératoire des essais nucléaires souterrains réalisés à Mururoa et Fangataufa, consistait à creuser jusqu'au sein des formations basaltiques, un puits de 500 à 1100 mètres de long (selon l'énergie attendue de l'explosion) et de 1,5 à 2 mètres de diamètre. Un conteneur de 15 à 20 mètres de long y était descendu ; il renferme la charge nucléaire expérimentale et un ensemble d'instruments de mesure pour enregistrer la température, la pression et les secousses produites par l'explosion. Le conteneur était relié à la surface par des câbles métalliques puis, plus tard, par des fibres optiques, qui permettaient de transmettre les données en temps réel vers des postes d'enregistrement situés sur l'atoll ou sur des barges à proximité.

L'explosion, déclenchée à grande profondeur, créait instantanément une cavité souterraine dans la roche basaltique. Celle-ci se refermait ensuite partiellement sous la chaleur et la pression, mais laissait parfois des fissures ou des affaissements invisibles en surface. Ces transformations du sous-sol pouvaient fragiliser l'édifice corallien et modifier sa stabilité à long terme.

Source modifiée du CEA 2022 page 59



## Atelier 2 : Où ces essais ont-ils eu lieu sur l'atoll ?

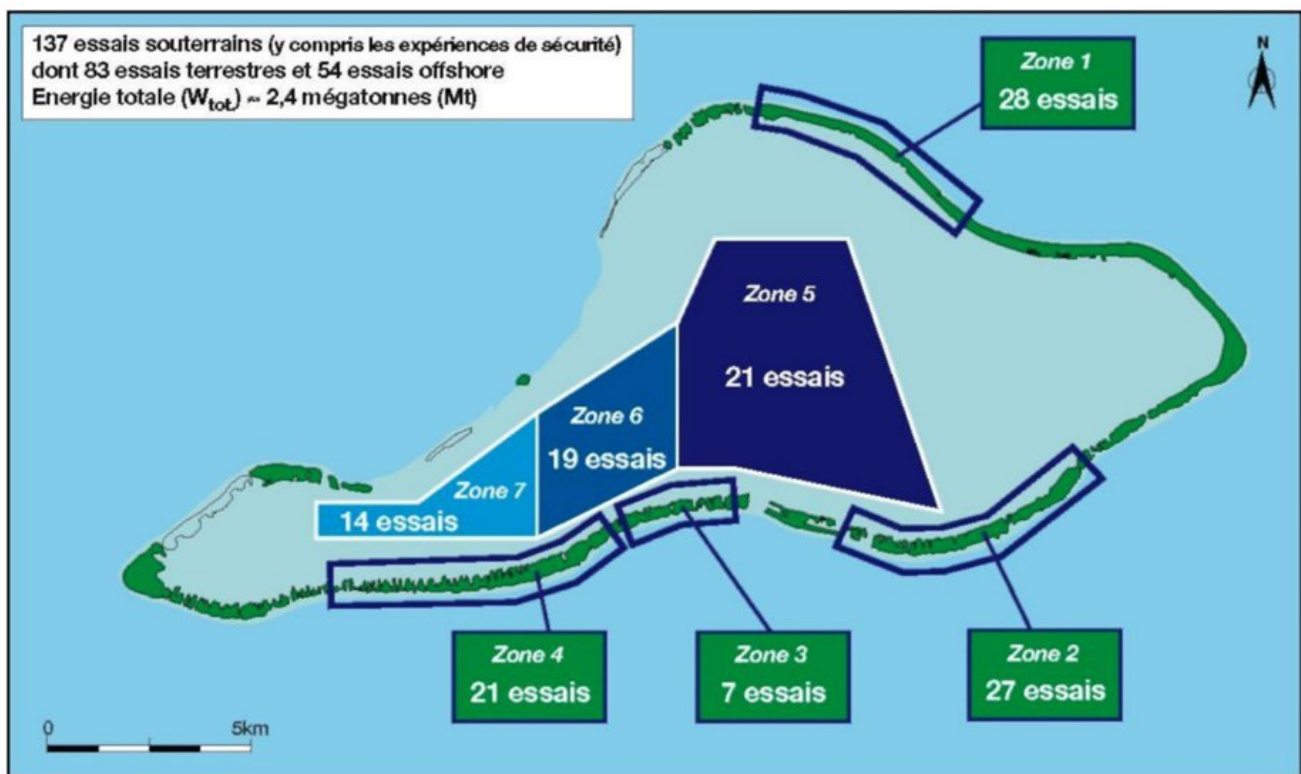


Fig. 190. - Emplacement des zones d'expérimentations à Mururoa.

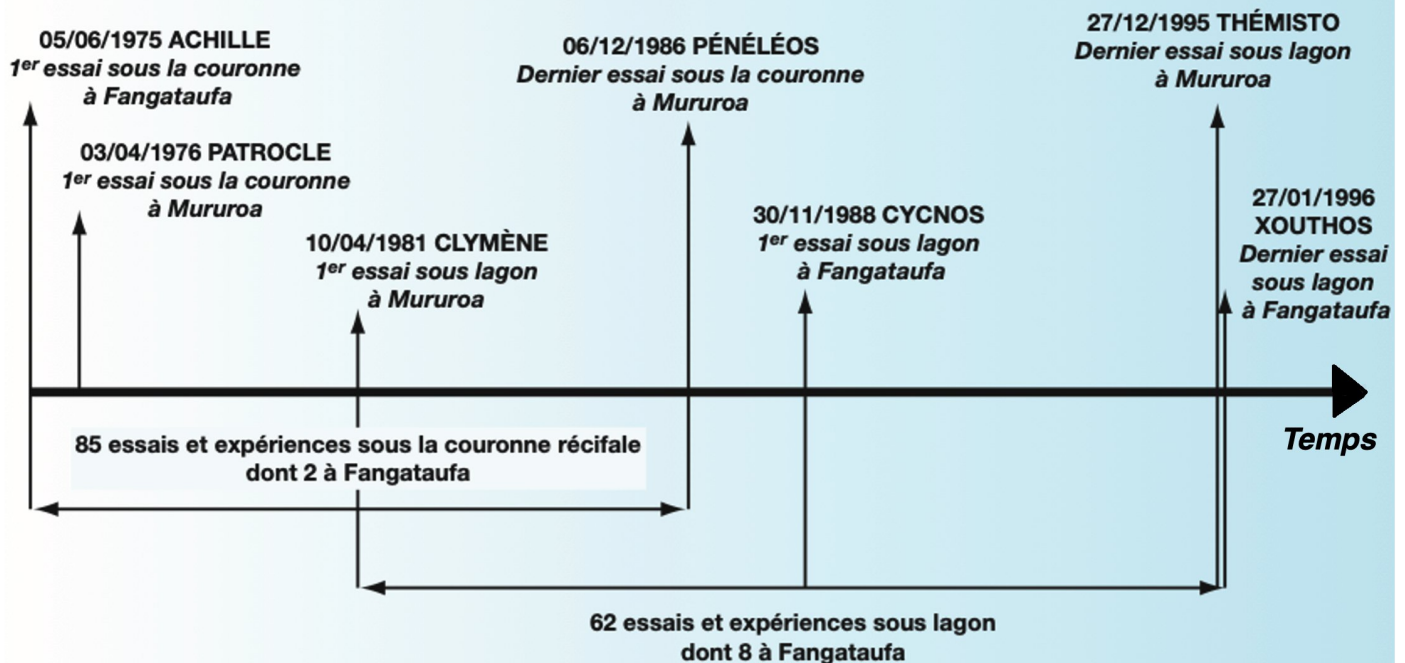


Fig. 191. - Emplacement des zones d'expérimentations à Fangataufa

Source : Les expérimentations nucléaires – Aspect radiologique  
Cartographie des puits sur Mururoa (CEA 2007 page 337)

**EXPÉRIMENTATIONS SOUTERRAINES AU CEP**  
(137 essais et 10 expériences de sécurité)

**TOTAL GÉNÉRAL : 210**  
195 essais et 15 exp. de sécurité



Source : CEA 2007 page 754

De juin 1975 à janvier 1996, 147 essais souterrains sont effectués au Centre d'Expérimentation du Pacifique (CEP), soit 137 à Mururoa et 10 à Fangataufa.

Ces expérimentations sont effectuées dans des puits forés verticalement à partir de la couronne émergée des atolls, ou réalisées sous le lagon. Les figures 190 et 191 présentent la répartition des points d'expérimentations, et le document 3 leur chronologie.

Ces positionnements sont choisis avant le tir, non seulement en fonction de l'énergie maximale estimée et de la nature du sous-sol, mais également de la sécurité des personnes et des biens situés dans la zone Vie de Mururoa. Le site de Fangataufa est en revanche évacué par tout le personnel lors du déroulement de chaque expérimentation. L'étude cartographique des points de tir et leur évolution dans le temps permet de mesurer la stabilité du site et d'identifier les zones fragilisées par les réseaux de fissures dans le socle et les couches superficielles.

Source : CEA 2007 page 754



## Atelier 3 : Le risque zéro ?

Sous l'effet naturel de la gravité, certains atolls polynésiens présentent des fractures bordières dans les couches de carbonates, sur la pente externe du récif. Dans certaines zones de l'atoll de Moruroa, ces fractures ont été réactivées par les sollicitations mécaniques dues aux vibrations engendrées par les essais nucléaires souterrains réalisés entre 1976 et 1996, ce qui peut conduire à deux types d'événement :

- l'effondrement d'un bloc, limité, de la falaise corallienne ;
- le glissement d'une "loupe" de carbonates (volume important) ; ce phénomène (...) concerne trois zones contigües dans la zone Nord de Moruroa : Camélia, Françoise et Irène.

Source : Ministère des armées - dossier de presse du 30 Nov 2021

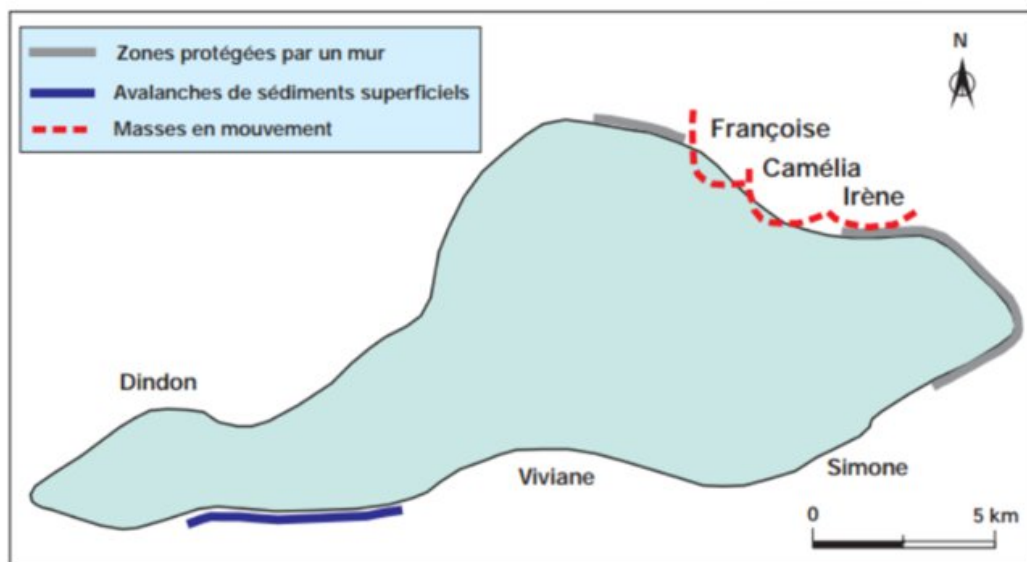
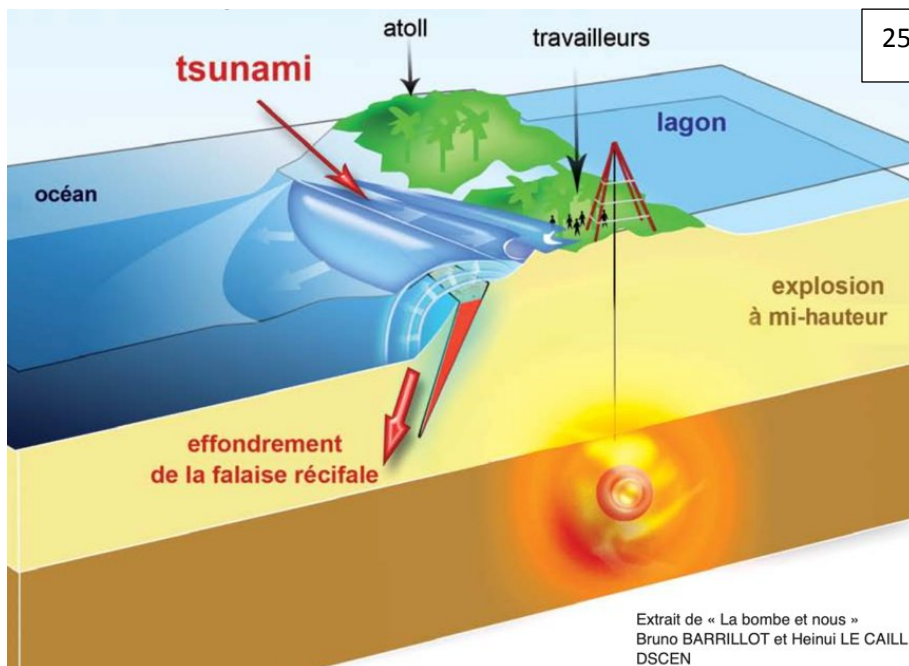


FIG. 203. - Carte de l'atoll de Moruroa avec la position des masses carbonatées montrant la fracturation la plus importante en surface.



Le 25 juillet 1979 a lieu l'accident du tir Tydée au sud-ouest de Moruroa. La bombe se coince à mi-hauteur du puits ; on ne peut plus la remonter ou la descendre plus bas. On la fait exploser quand même. D'importantes masses de roches et de sédiments se détachent alors et glissent le long de la pente récifale dans l'océan. Ce mouvement brutal du fond marin déplace un volume considérable d'eau, générant une vague d'environ trois mètres de hauteur qui frappe le rivage de l'atoll et les installations proches. Cet épisode montre que, même en l'absence de retombées radioactives directes, les essais souterrains peuvent provoquer des catastrophes d'origine géologique et hydraulique. Ce phénomène est amplifié sur un atoll, dont les terres émergées dépassent à peine le niveau de la mer : il suffit d'une vague de quelques mètres pour inonder les zones basses.

Par la suite, les militaires construisent des plateformes surélevées et un mur de protection de plusieurs km en cas de vague en retour d'un effondrement.

Texte adapté à partir « La bombe et nous » du CEA 2007.



## Dispositifs de protection

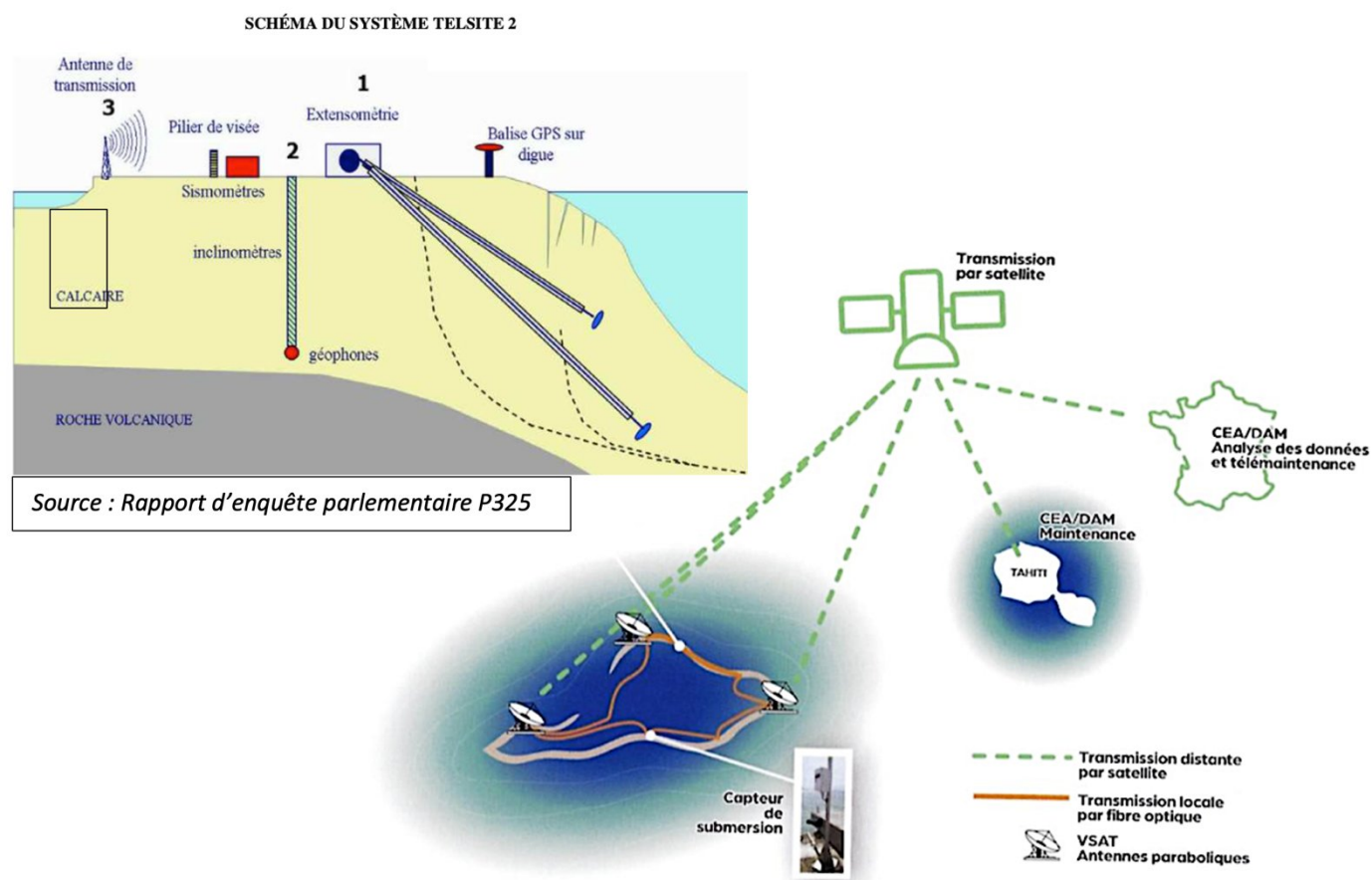
### Plateformes



Plate-forme de secours dite "champignon" en zone Nord à Mururoa.

Source : Les expérimentations nucléaires – Aspects radiologiques – CEA 2007

## Atelier 4 : Quelles mesures de protection ?



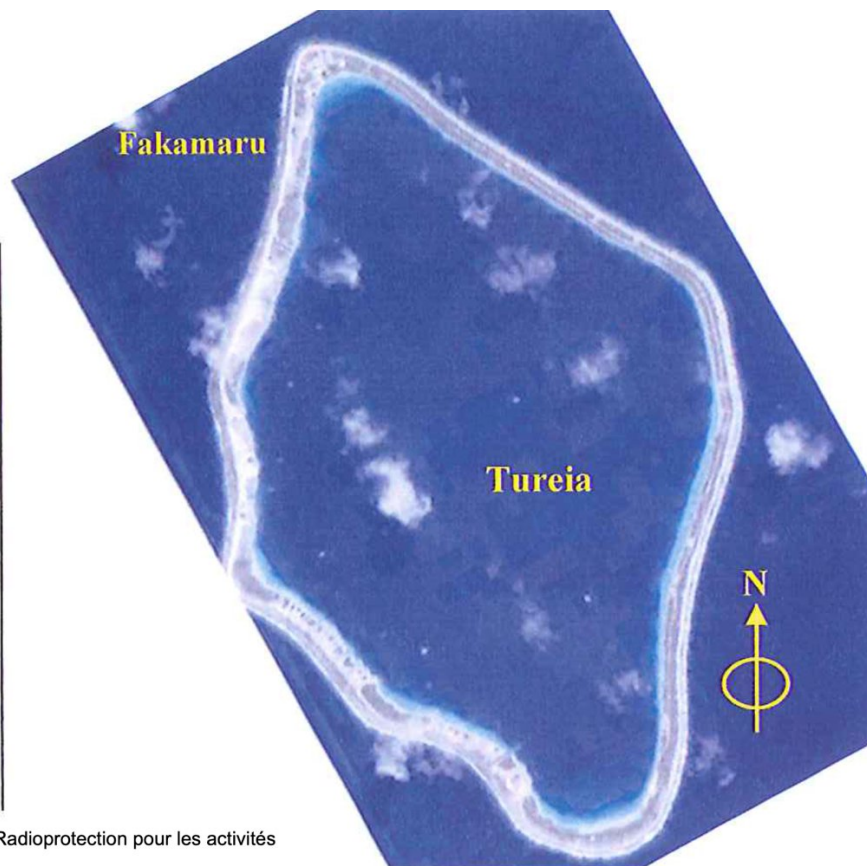
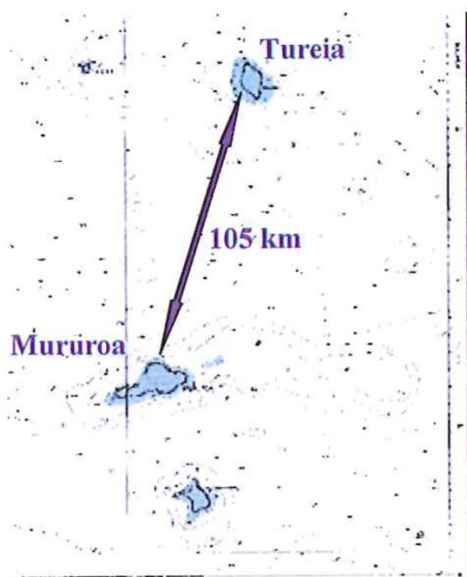
Source : CEA « Les essais nucléaires en Polynésie française : pourquoi , comment et avec quelles conséquences ? » Page 106

Après les derniers essais, un réseau de surveillance baptisé TELSITE a été installé sur l'atoll de Moruroa. Le système combine des capteurs sismiques, des balises de positionnement GPS et des stations d'observation du niveau marin. Ces instruments doivent permettre de détecter un éventuel risque d'effondrement d'un bloc de falaise corallienne ou le glissement d'une « loupe » de calcaire.

En effet, il surveille trois loupes de calcaire en zones nord de Moruroa : des fissures profondes subsistent dans le substrat corallien, et des blocs entiers de falaises pourraient encore se détacher en cas de séisme local ou de fortes houles. Ces glissements de terrain sous-marins risqueraient de produire des vagues capables de submerger temporairement le platier corallien et de s'étendre sur plusieurs kilomètres représentant un éventuel danger pour les îles aux alentours.

L'objectif est donc de repérer précocement tout signe d'instabilité des jours, voire des semaines à l'avance, permettant ainsi d'évacuer les personnes en danger.

*Texte adapté à partir de DSND et de la Commission d'Information auprès des anciens sites d'expérimentations nucléaires du Pacifique du 26 mai 2015*



Source : DSND - Délégué à la Sûreté Nucléaire et à la Radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense.