

Je suis capable de (compétences travaillées) :

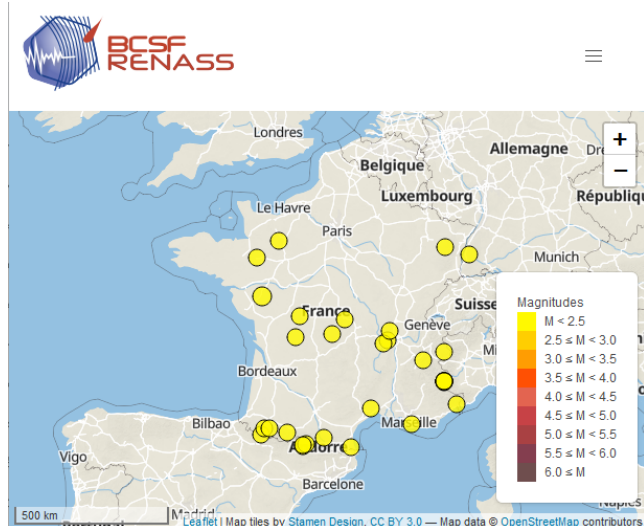
C1 : Exploiter un document constitué de divers supports : textes, schémas et tableaux.

C2 : Expliquer un phénomène à l'oral à partir d'un support visuel.

C3 : Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant.

Situation de départ : En allant sur le site du BCSF-Renass (Bureau central et sismologique français - Réseau national de surveillance sismique) qui répertorie les séismes récents, on peut constater que la France est soumise à de nombreux séismes pour la plupart peu ressentis. Les séismes sont donc des événements très courants. Mais certains peuvent être dangereux voire meurtriers.

Site : <https://renass.unistra.fr/fr/zones/>

**Problème** : Comment se manifeste un séisme ?

1 – À partir de l'ensemble des documents, **compléter** le QCM ci-dessous **en cochant** la bonne réponse : **(C1)**

1.1 – Qu'est-ce qu'un séisme ?

- ☐ A – Une éruption volcanique
- ☐ B – Une série de secousses du sol
- ☐ C – Un tsunami
- ☐ D – Un changement de sol

1.2 – Quel appareil permet de détecter et enregistrer les ondes sismiques ?

- ☐ A – Un sismographe contenu dans le sismomètre
- ☐ B – Un altimètre
- ☐ C – Un sismogramme
- ☐ D – Un sismographe

1.3 – Qu'obtient-on lorsqu'on enregistre un séisme ?

- ☐ A – Un sismographe contenu dans le sismomètre
- ☐ B – Un altimètre
- ☐ C – Un sismogramme
- ☐ D – Un sismographe

1.4 – Lors d'un séisme, que fait la masse suspendue dans le sismographe ?

- ☐ A – Elle vibre comme le sol.
- ☐ B – Elle reste immobile pendant que le sol bouge.
- ☐ C – Elle s'écrase au sol.
- ☐ D – Elle enregistre les sons.

1.5 – Quel est le nom de la première onde enregistrée lors d'un séisme ?

- ☐ A – Onde T
- ☐ B – Onde S
- ☐ C – Onde de surface
- ☐ D – Onde P

1.6 – Que mesure la magnitude d'un séisme ?

- ☐ A – L'énergie libérée par le séisme
- ☐ B – Les dégâts visibles
- ☐ C – La durée du séisme
- ☐ D – Le bruit ressenti

1.7 – Le séisme de Bam a été enregistré :

- ☐ A – en même temps dans les trois stations.
- ☐ B – en premier à la station de Djibouti.
- ☐ C – en premier à la station de Saint-Sauveur.
- ☐ D – en premier à la station de Guyane.

1.8 – Les enregistrements du séisme de Bam montrent qu'un séisme :

- ☐ A – se propage que vers le nord.
- ☐ B – se propage que vers l'ouest.
- ☐ C – se propage que dans deux sens.
- ☐ D – se propage dans toutes les directions.

1.9 – Quelle est l'échelle utilisée aujourd'hui pour mesurer la magnitude ?

- ☐ A – L'échelle Mercalli
- ☐ B – L'échelle de Shindo
- ☐ C – L'échelle de moment (Mw)
- ☐ D – L'échelle de Richter

1.10 – Que représente l'épicentre d'un séisme ?

- ☐ A – Le point où l'intensité est maximale.
- ☐ B – Le point le plus profond sous la Terre.
- ☐ C – Le point où le séisme est le moins fort.
- ☐ D – Le lieu du premier enregistrement sismique.

2 – À partir du document donné par le professeur, **présenter** à l'oral, en binôme et en 2 minutes maximum la date, l'épicentre, la magnitude du séisme ainsi que ces conséquences : **(C2 et 3)**

- les dégâts matériels ;
- les victimes humaines ;
- les impacts sur le paysage ou les manifestations directes sur le paysage.

3 – **Compléter** le bilan 1 avec les mots suivants :

- *destruction, ondes sismiques, épicentre, sismogramme, impact négatif, paysage, magnitude, séisme, sismographes, intensité*

Bilan 1 : Un _____ est une mise en mouvement brève et brutale du sol. Il entraîne des modifications parfois visibles dans les _____ (faille, déformation du sol, tsunami, etc.), la _____ des infrastructures humaines et un fort _____ sur la population (décès, blessés, sinistrés, etc.).

Les séismes sont enregistrés par des _____ qui permettent de surveiller l'activité sismique du globe terrestre. L'enregistrement obtenu ou _____ indique qu'un séisme se propage sous forme d'_____ (de différents types) qui se dispersent dans toutes les directions. Il permet de mesurer la _____ d'un séisme, c'est-à-dire sa puissance.

La magnitude ne doit pas être confondue avec l'intensité d'un séisme. L'_____ est mesurée d'après l'importance des dégâts et du ressenti. Elle est maximale à l'_____ du séisme puis diminue progressivement lorsqu'on s'éloigne de celui-ci.

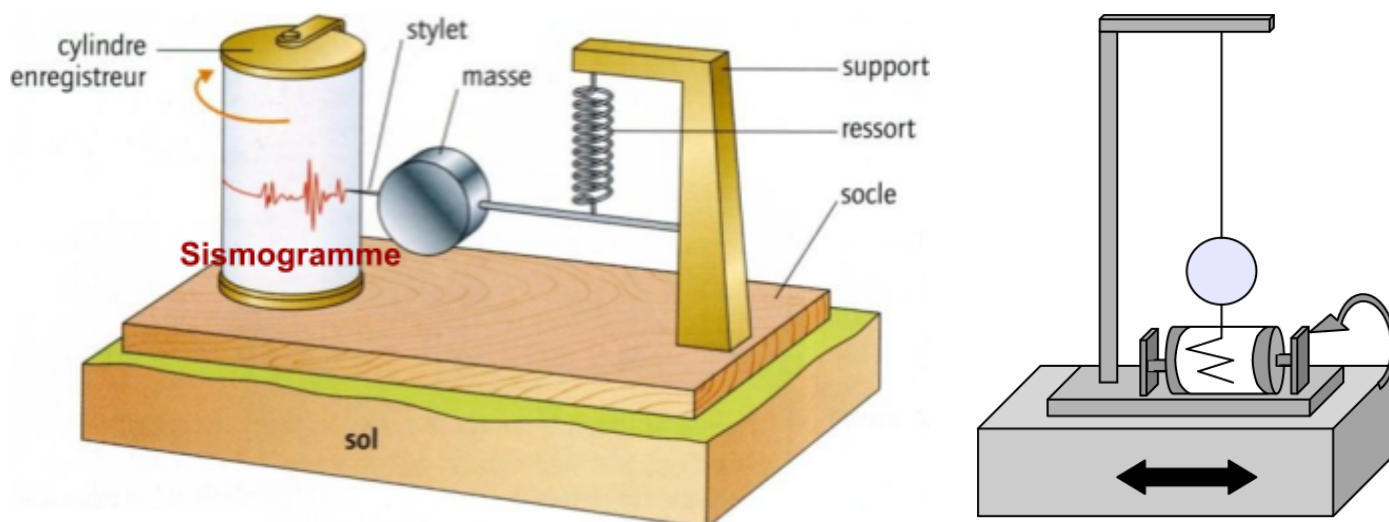
Document 1a : Le principe et le fonctionnement du sismographe

Un séisme est une série de secousses du sol. Les premières manifestations d'un séisme peuvent se voir grâce à un sismographe. Les vibrations provoquées par un séisme sont dues à des ondes sismiques qui se propagent dans toutes les directions. Les ondes sont enregistrées par un sismographe : le socle de l'appareil et le cylindre enregistreur (fixés au sol) vibrent, la masse suspendue tend à rester immobile. Les mouvements du sol enregistrés sont verticaux ou horizontaux. Le sismographe donne un tracé ondulatoire qu'on appelle un sismogramme.

Remarque : Les termes sismomètre et sismographe sont souvent utilisés comme synonymes, mais ils ont une nuance de différence :

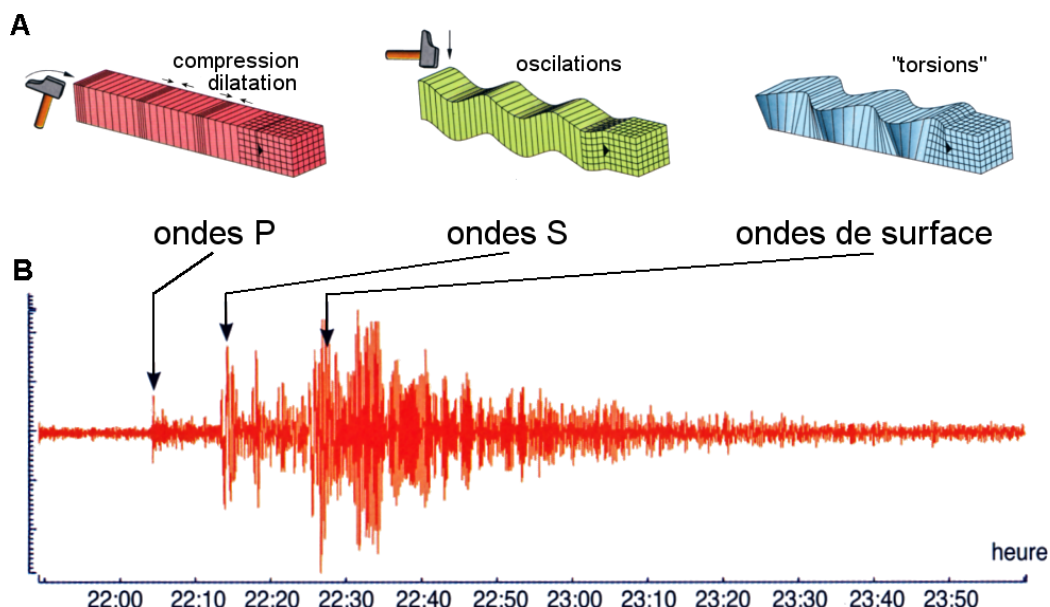
- Le sismomètre est l'appareil de mesure lui-même. Il sert à détecter et enregistrer les mouvements du sol lors d'un séisme. Il mesure les ondes sismiques.
- Le sismographe est l'ensemble du système qui comprend le sismomètre (capteur) et le dispositif d'enregistrement (papier, écran, support numérique...).

Document 1b : Schémas simplifiés de sismographes pour les vibrations verticales du sol (à gauche) et pour vibrations horizontales du sol (à droite)



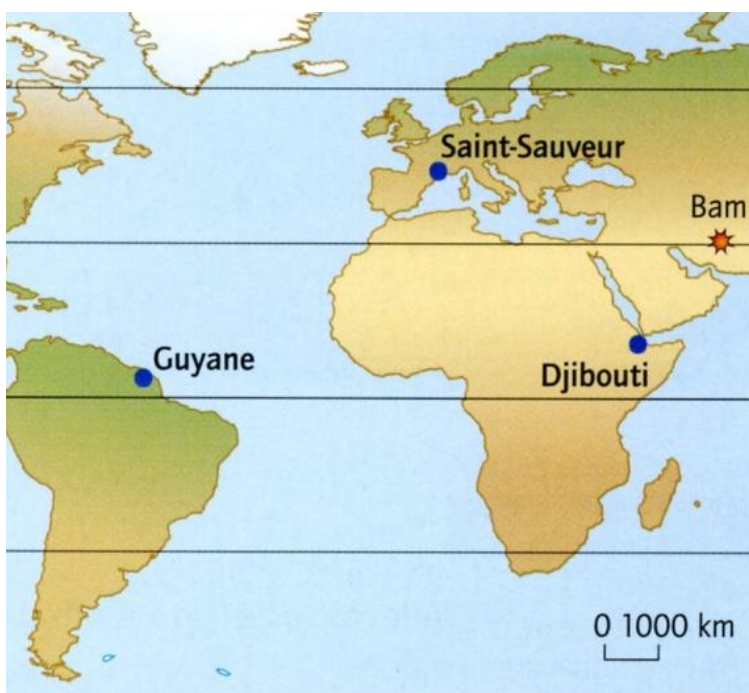
Document 1c : La compréhension des ondes sismiques

Les vibrations créées par un séisme forment plusieurs types d'ondes sismiques qui sont enregistrés par les sismographes. Ces ondes sismiques dépendent de la façon dont vibre le sol comme on peut le voir sur ce sismogramme :



Document 2a : Réseau Geoscope et propagation des ondes sismiques

Le réseau Geoscope est un réseau de stations de surveillance des séismes réparties sur les 5 continents. Chaque station est équipée de sismographes qui enregistrent en continu les séismes à la surface de la Terre. Les sismogrammes obtenus après un séisme permettent d'avoir une idée des ondes émises grâce au réseau. Les stations d'enregistrement nous montrent qu'un séisme peut être ressenti partout sur Terre (même de l'autre côté de la Terre), tout dépend bien sûr de sa puissance et du lieu d'émission. On peut connaître avec précision grâce aux enregistrements la distance entre la zone de départ du séisme et la station et on peut aussi calculer la magnitude, c'est-à-dire la puissance du séisme.



D'après Belin, 2007

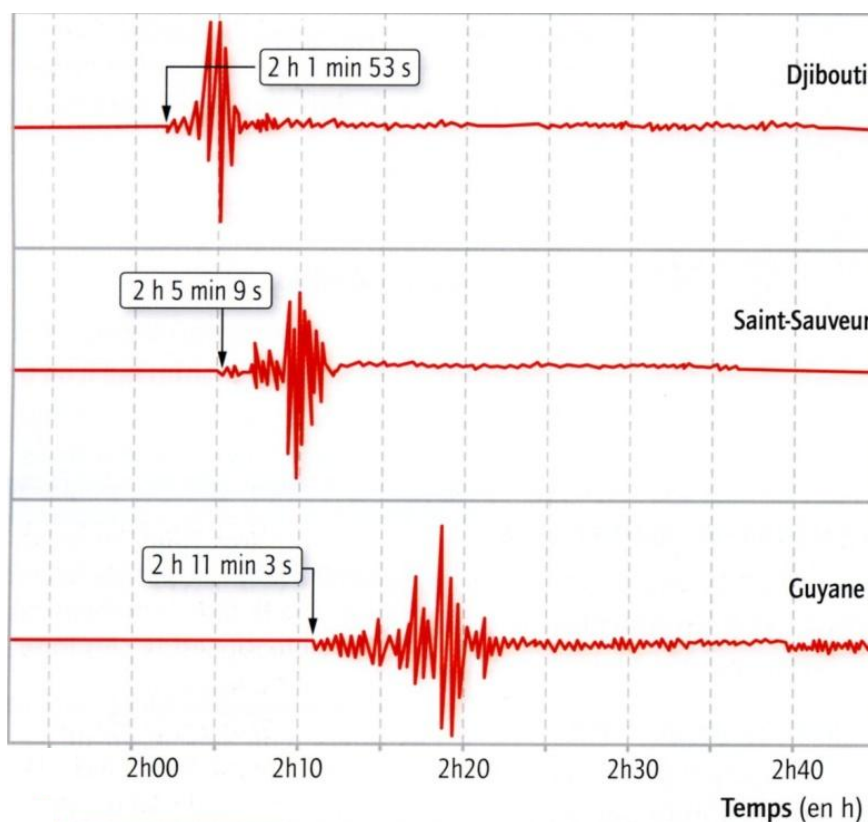
Document 2b : Sismogrammes enregistrés après le séisme de Bam dans 3 stations du réseau Géoscope

On peut prendre l'exemple d'un séisme très meurtrier en Iran. Ce séisme a eu lieu à Bam le 26 décembre 2003 à 1h 56min 52s.

Ce séisme a pu être enregistré par des sismographes placés dans des stations de surveillance des séismes du réseau Geoscope à Guyane, à Saint-Sauveur et à Djibouti (voir ci-contre).

Les flèches sur les sismogrammes représentent le temps d'arrivée des ondes sismiques (et donc ressenties et mesurées par les sismographes).

On a pu déterminer l'endroit exact où il a débuté : à 10 km au Nord-Est de Bam et qu'il a une magnitude de 6,3 à 6,6.



D'après Belin, 2007

Document 3 : Magnitude d'un séisme

La magnitude est la puissance d'un séisme, c'est-à-dire l'énergie libérée lors du séisme liés aux fractures du sous-sol de la Terre. L'échelle de Richter est un exemple d'échelle qui permet de déterminer la magnitude d'un séisme. C'est une échelle ouverte qui part de 0 à l'infini. Maintenant, on préfère utiliser l'échelle de magnitude de moment (M_w). Le maximum qui a été enregistré est celui de Valdivia (de magnitude 9,5) qui a eu lieu au Chili le 22 mai 1960, suivi d'un tsunami dévastateur.

Magnitude	Description	Énergie libérée (équivalence par Tonnes en TNT/explosif)	Effets et exemples	Fréquence en séismes
2	Très mineur	0,0015	Généralement non ressenti mais détecté/enregistré	1000 par jour
4	Léger	15	Glissement de roches de 2 à 5 cm	6200 par an
6	Fort	15 000 (1,2 fois la bombe atomique d'Hiroshima)	Glissement de roches de 20 à 50 cm (Séisme de Bam en 2003 avec 6,6)	120 par an
8	Important	15 000 000 (1200 fois la bombe d'Hiroshima)	Glissement de roches de 5 à 10 m (Séisme de San Francisco en 1906 avec 8)	1 par an
9 <	Exceptionnel	475 000 000	Dévaste des zones à des milliers de kilomètres à la ronde	1 tous les 20 ans

Exemples de magnitude (M_w)

Remarque : Deux paramètres sont utilisés pour mesurer la force des séismes : la magnitude et l'intensité. Il ne faut pas les mélanger.

En effet, la magnitude caractérise l'énergie libérée par la rupture de faille à l'origine des secousses, tandis que l'intensité est liée à l'effet des secousses à un endroit donné (par exemple : ressenti des habitants, chute d'objets, dégâts...).

Le séisme n'ayant pas les mêmes effets partout, l'intensité sismique varie d'un site à un autre pour un même séisme alors que la magnitude est la même pour un séisme donné.

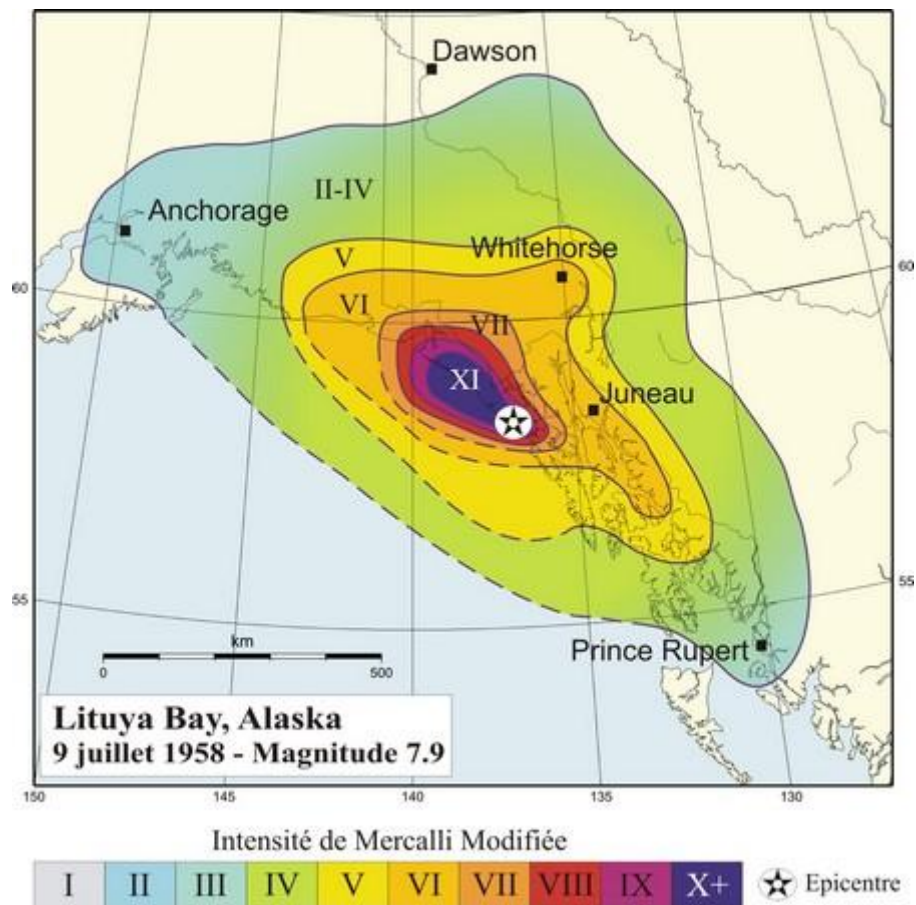
D'après www.irsn.fr

Document 4a : Échelles d'intensité

On peut évaluer l'intensité d'un séisme d'après les dommages observés dans une région sinistrée : on a établi alors des échelles basées sur les dégâts et le ressenti. On peut alors tracer des lignes isoséistes comme indiquées sur la carte ci-dessus. Dans la zone de forte intensité, on trouve l'épicentre du séisme, c'est-à-dire l'endroit où l'intensité du séisme est maximale et donc l'endroit d'où provient le séisme. Différentes échelles ont été utilisées comme l'échelle Mercalli ou l'échelle MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik). Maintenant, en Europe, les sismologues préfèrent utiliser pour les séismes actuels une échelle plus récente et améliorée appelée EMS 98 (European macroseismic

scale 1998) depuis le 1^{er} janvier 2000. En Amérique du Nord, on utilise plutôt l'échelle MMI (échelle Mercalli modifiée). Le Japon utilise sa propre échelle d'intensité (échelle de Shindo). En effet, les échelles sont adaptées au type de constructions locales.

Document 4b : Exemple d'échelle avec le séisme de la baie de Lituya en Alaska



Fiche de passage à l'oral

La préparation :

Lorsqu'on présente un travail à l'oral, seul ou en groupe, il faut à la fois être clair et captiver son public. Mais, une bonne présentation orale se prépare, il faut :

- Suivre un plan clair pour ordonner ses idées, avec des parties équilibrées ;
- Respecter le temps que je me suis fixé pour chaque partie ;
- Partager équitablement la parole lors de présentation en groupe ;
- Classer mes notes et les documents que je veux montrer dans l'ordre de présentation.

Pour m'organiser au mieux je peux :

- Utiliser des feuilles simples, écrites sur le recto seulement et numéroter les feuilles ;
- Écrire gros, numéroter les parties, souligner les titres, aérer les paragraphes pour les lire plus facilement ;
- Utiliser une feuille par partie pour ne pas tout mélanger ;
- Surligner ce que je dois dire pour ne pas confondre ma partie avec celle des autres (pour les oraux de groupe).

L'entraînement :

Une bonne présentation orale se prépare à la maison. Il faut s'entraîner :

- À voix haute au moins une fois avant l'exposé, en chronométrant le temps de présentation ;
- Si l'exposé est trop long, éliminer ou raccourcir certains passages trop développés. Si l'exposé est trop court, approfondir certaines parties ;
- Vérifier l'ordre des feuilles avant de commencer ;
- Gérer le temps : raccourcir une partie plutôt que supprimer la conclusion.

Le passage à l'oral :

Lors du passage à l'oral il faut avoir la bonne attitude :

- Avoir prévu une tenue correcte, si possible élégante mais confortable ;
- Regarder le public mais sans fixer une seule personne ;
- Ne pas gesticuler ni froisser ses feuilles ;
- Parler suffisamment fort, pas trop vite et articuler ;
- Faire des phrases correctes, sans faute de français ;
- Utiliser et s'aider du support projeté (images, diapositives) au tableau pour présenter.

Compétences	S'exprimer à l'oral.		
Critères de réussite	<i>Audible</i> = Gérer la parole en continu	<i>Compréhensible</i> = S'exprimer avec un langage adapté	<i>Convaincant</i> = Capter l'auditoire
Niveau 4 : Très bonne maîtrise	4 indicateurs : ☐ Voix audible (forte) ☐ Voix rythmée (avec des pauses) ☐ Gestion du temps (2 min maximum) ☐ Répartition équitable du temps de parole	4 indicateurs : ☐ Vocabulaire scientifique adéquate ☐ Phrases simples ☐ Explications claires ☐ Bon niveau de langage	4 indicateurs : ☐ Se détacher de ses notes ☐ Regard vers le public ☐ Adopter une posture adéquate (position de force) ☐ Montrer les documents (bonne gestuelle)
Niveau 3 : Maîtrise satisfaisante	3 indicateurs	3 indicateurs	3 indicateurs
Niveau 2 : Maîtrise fragile	2 indicateurs	2 indicateurs	2 indicateurs
Niveau 1 : Maîtrise insuffisante	1 ou 0 indicateur	1 ou 0 indicateur	1 ou 0 indicateur

Document à présenter à l'oral : Le séisme de Valdivia (Chili, 1960)

Le 22 mai 1960, un séisme d'une puissance exceptionnelle a frappé le sud du Chili, près de la ville de Valdivia. Il s'agit du plus fort tremblement de terre jamais enregistré dans le monde, avec une magnitude de 9,5 sur l'échelle de moment. L'épicentre du séisme se situait en mer, au large de Lumaco, à environ 570 km au sud de la capitale Santiago.

Ce séisme a provoqué d'immenses dégâts. Environ 40 % des habitations de Valdivia ont été détruites, et les infrastructures comme les hôpitaux, les écoles et les ponts ont été gravement endommagées. On estime qu'il y a eu entre 1 000 et 6 000 morts, environ 3 000 blessés, et près de 2 millions de personnes se sont retrouvées sans abri.

Les conséquences sur le paysage ont été très importantes. Le sol s'est affaissé à certains endroits, provoquant des inondations durables. Des glissements de terrain ont bloqué la sortie du lac Riñihue, créant un risque majeur d'inondation en aval (on appelle cet événement le « Riñihualazo »). Des marécages sont aussi apparus dans les zones basses.

Ce séisme a aussi déclenché un tsunami qui a touché les côtes chiliennes avec des vagues pouvant atteindre 25 mètres de hauteur. Le tsunami s'est propagé à travers tout l'océan Pacifique, causant des morts et des dégâts à Hawaï (61 morts), au Japon, aux Philippines et jusqu'en Nouvelle-Zélande.

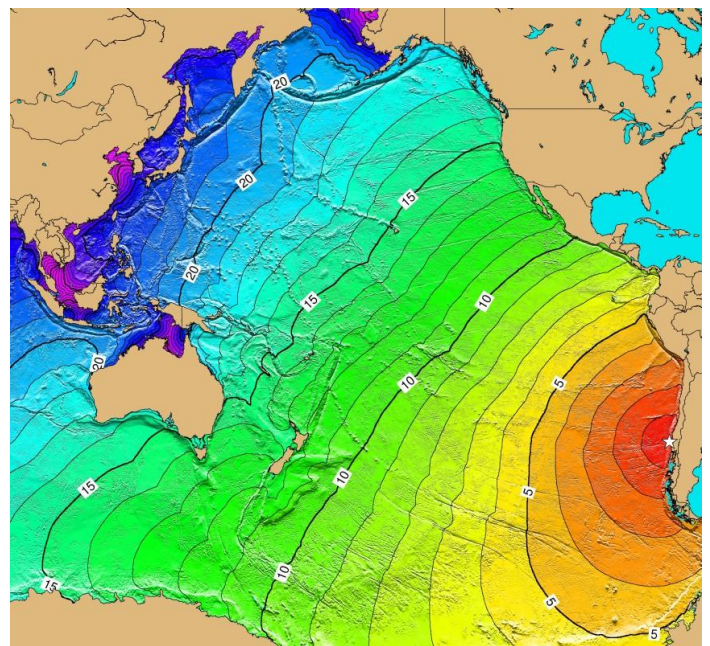
Deux jours après le séisme, le volcan Cordón Caulle est entré en éruption, conséquence directe de la rupture du sous-sol dans la région.

Le séisme de Valdivia est un exemple marquant des conséquences des mouvements du sous-sol. Il permet de comprendre comment un séisme peut avoir des effets à grande échelle : destruction des bâtiments, pertes humaines, modification du paysage, et risques secondaires comme les tsunamis ou les éruptions volcaniques.



Rue de Valdivia après le tremblement de terre

D'après Pierre St. Amand — NGDC Natural Hazards Slides with Captions Header

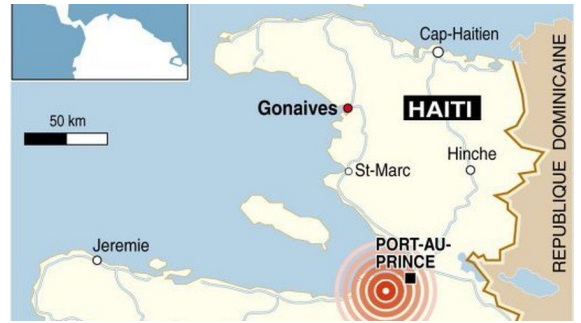


Carte des zones touchées par le tsunami
génééré par le séisme

D'après NGDC Tsunami-Travel-Time Maps

Document à présenter à l'oral : Le séisme de 2010 en Haïti

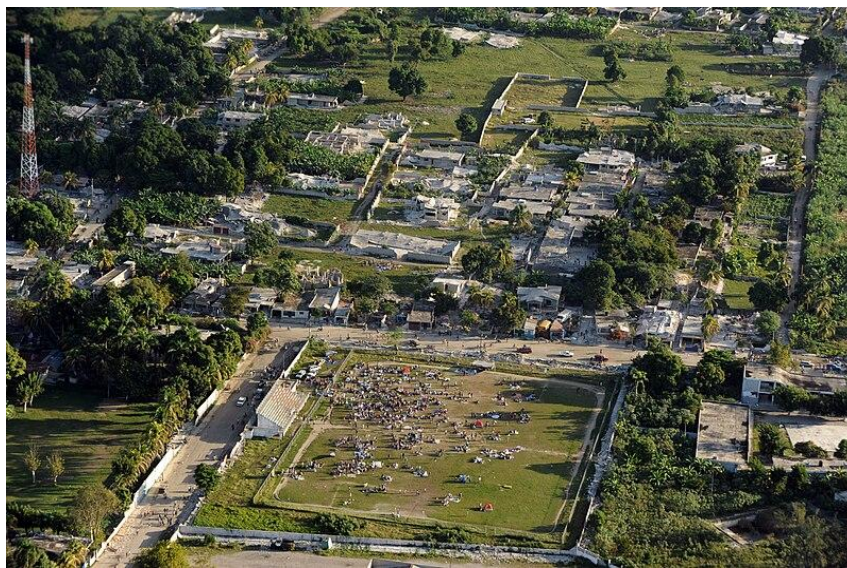
Le séisme de 2010 en Haïti est un séisme d'une magnitude de 7,0 à 7,34 survenu le 12 janvier 2010 à 16 heures 53 minutes et 10 secondes, heure locale. Son épicentre est situé à environ 25,3 km de Port-au-Prince (capitale du pays). Une réplique (sur 52) avec une magnitude de 6,1 est survenue le 20 janvier 2010 à 6h03, heure locale. L'épicentre est situé à environ 59 km à l'ouest de Port-au-Prince. Le 9 février 2010, Marie-Laurence Jocelyn Lassegue, ministre des Communications, confirme plus de 280 000 morts, 300 000 blessés et 1,3 million de sans-abris.



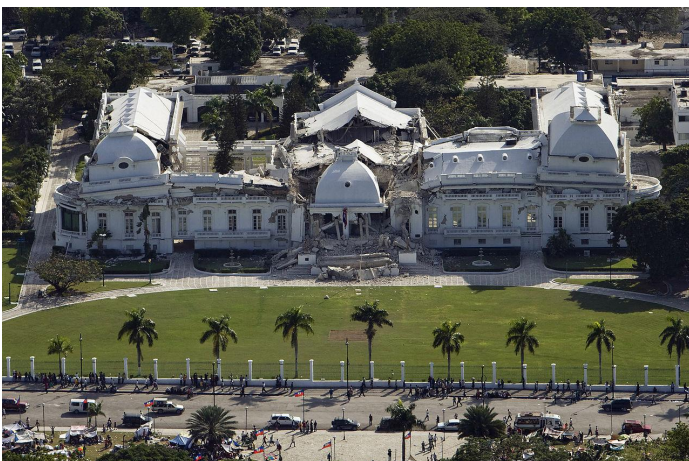
Les structures et l'organisation de l'État haïtien ont souffert de la catastrophe ; au bout de trois jours, l'état d'urgence a été déclaré sur l'ensemble du pays pour un mois. De très nombreux bâtiments ont également été détruits, dont le palais national et la cathédrale Notre-Dame de Port-au-Prince.

En octobre 2010, une épidémie de choléra apparaît dans le pays à la suite des dégradations des conditions sanitaires dues au séisme, et tue en un an plus de 5 000 personnes.

D'après Wikipédia



Vol de reconnaissance au-dessus du ville de Haïti (Léogâne)



Le Palais national, le 13 janvier 2010



Camp de sinistrés installé par l'armée brésilienne

Document à présenter à l'oral : Séisme de Sumatra (2004)

Le séisme du 26 décembre 2004 dans l'océan Indien est un tremblement de terre qui s'est produit au large de l'île indonésienne de Sumatra avec une magnitude de 9,1 à 9,3. L'épicentre se situe à 160 km de la côte. Ce tremblement de terre a été la troisième magnitude la plus puissante jamais enregistrée dans le monde. Il a soulevé jusqu'à 6 mètres de hauteur une bande de plancher océanique longue de 1600 kilomètres. Ce séisme bien que puissant n'a fait aucun dégât car il s'agit d'un séisme sous-marin. C'est les conséquences de ce séisme qui a été dévastateur. Le tremblement de terre a engendré un tsunami qui s'est propagé depuis l'épicentre vers les côtes des pays de l'océan Indien et jusqu'en Afrique. Ce tsunami, constitué de plusieurs séries de vagues de très grande longueur d'onde (= grande hauteur), a été le plus meurtrier de ceux jamais relatés. Cette vague n'a été que de 50 cm de hauteur au milieu de l'océan et s'est déplacée à 800 km/h en direction des côtes. C'est en approchant des terres, quand le plancher océanique remonte, que la vague géante s'est formée. Dans le cas présent, la vague a atteint jusqu'à 35 mètres de hauteur en frappant l'île indonésienne de Sumatra.

La catastrophe a fait plus de 230 000 morts (290 000 estimées), 125 000 blessés, 46 000 disparus, 1,69 million déplacés et a laissé 1,5 million de personnes sans abri avec 130 milliards de dollars de dégâts matériels. C'est le tsunami le plus puissant malheureusement vécu.



Carte des pays touchés par le tsunami provoqué par le séisme de Sumatra

Remarque : En jaune sur la carte, on peut voir tous les pays touchés par la vague.



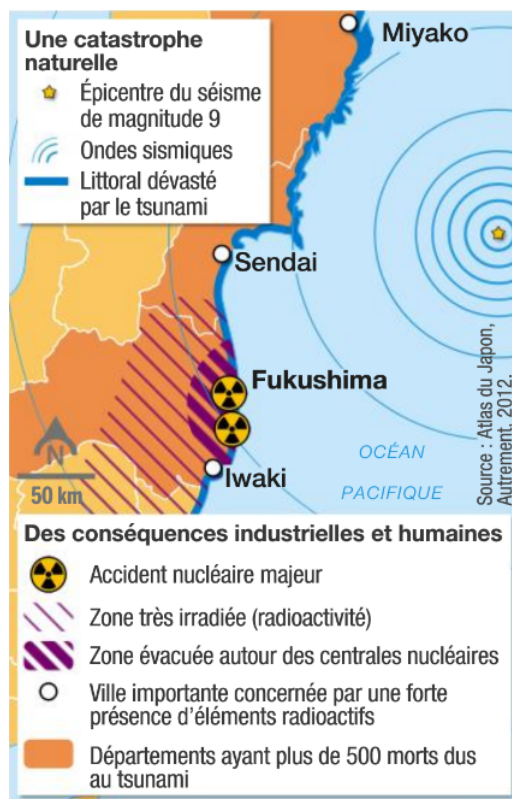
Sumatra, en Indonésie, 2004 (après et avant le tsunami)

D'après laterredufutur.com

Document à présenter à l'oral : Le séisme de 2011 de la côte Pacifique du Tōhoku

« Il y a un an, le 11 mars 2011, la Terre tremblait à l'est du Japon. Baptisé séisme de Tōhoku, du nom de la province la plus proche de l'épicentre [situé à 130 km de Sendai], avec sa magnitude 9, ce tremblement de terre est le plus important que le pays n'ait jamais connu. Le tsunami qu'il a provoqué, une vague d'environ 15 mètres, a dévasté la côte est de l'île de Honshu et particulièrement la province de Fukushima, menant à la pire catastrophe nucléaire de tous les temps, après Tchernobyl. Si les dégâts matériels et humains de ce tremblement de terre et de ses conséquences sont exceptionnels, le contexte géologique l'est tout autant. »

Ce séisme a été suivi par de nombreuses répliques dont les plus fortes ont atteint 7 de magnitude.



Le séisme de Tōhoku a fait des ravages : 23 000 morts et disparus, arrêt d'une quinzaine de réacteurs nucléaires, 147 milliards d'euros de dégâts.

D'après Livrescolaire SVT - Cycle 4 et du site futura-sciences.com, mars 2012



Dévastation d'Iwaki après le passage du tsunami

Document à présenter à l'oral : Le séisme d'Arette de 1967 (France)

Arette, située dans le département des Pyrénées-Atlantiques, est une commune rurale touristique de 1100 habitants environ (équivalent à celle de 1967). Le 13 août 1967 après 23 heures, le village connaît le séisme le plus violent ressenti en France depuis celui de Lambesc dans les Bouches du Rhône. Le séisme d'Arette a été d'une magnitude de 5,3 sur l'échelle de Richter. Une première secousse donne l'alerte. La seconde (magnitude de 5,3 ; épicentre à 2 km du village), bien plus destructrice, a fait une victime, une vingtaine de blessés et de très nombreux sinistrés (= ici les victimes ayant subi des pertes à cause du séisme) : un bilan plutôt « miraculeux » de part l'incroyable puissance de ce tremblement de Terre.

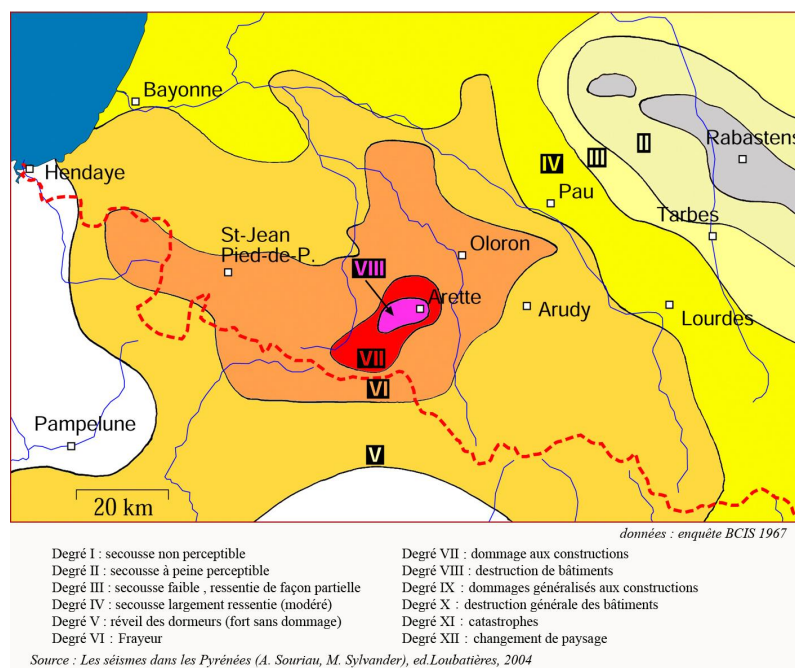
Il y a eu 62 communes autour d'Arette atteintes par ce séisme qui ont été déclarées sinistrées. Pas moins de 2283 immeubles en tout genre ont été touchés dont 340 totalement irréparables. Il y eut un mort. Ce séisme reste le dernier séisme meurtrier sur le territoire français métropolitain. Ce séisme a été ressenti sur toute l'Aquitaine et une partie des Midi-Pyrénées notamment les Hautes-Pyrénées, ainsi que sur le nord de l'Espagne en Aragon et Navarre.

« Une forte secousse me réveille brutalement. Je m'habille et sort en somnambule dans la rue, enjambant les gravats tombés au pied de l'escalier ; des habitants hagards, effarés, paraient au plus pressé. On pensait à une explosion du complexe de gaz de Lacq, mais une deuxième secousse plus violente finit de convaincre les indécis : c'était un tremblement de terre. »

« Ce soir-là, contrairement à leur habitude, les chats et les chiens de la maison qui nous entouraient, avaient décidé de ne pas passer la nuit dehors, alors que c'était la règle. Ils étaient à la fois énervés et craintifs, se cachant sous les meubles sans raison apparente. »



Témoignage d'un sinistré



Carte d'intensité du séisme d'Arette

Document à présenter à l'oral : Le séisme et mégatsunami de Lituya Bay (Alaska, 1958)

Le 9 juillet 1958 à 22 15 PST, un séisme de magnitude 7,8 Mw (jusqu'à 8,3 selon certaines sources) s'est produit sur la faille de Fairweather, près de Lituya Bay, en Alaska. L'épicentre se situait à environ 13 miles (20 km) au sud-est de la tête de la baie, dans les montagnes qui bordent le fjord.

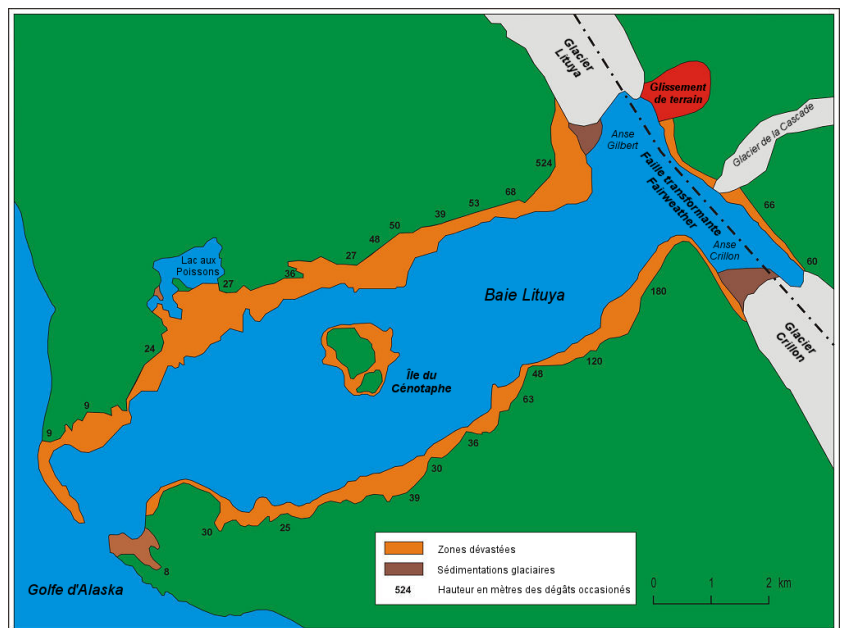
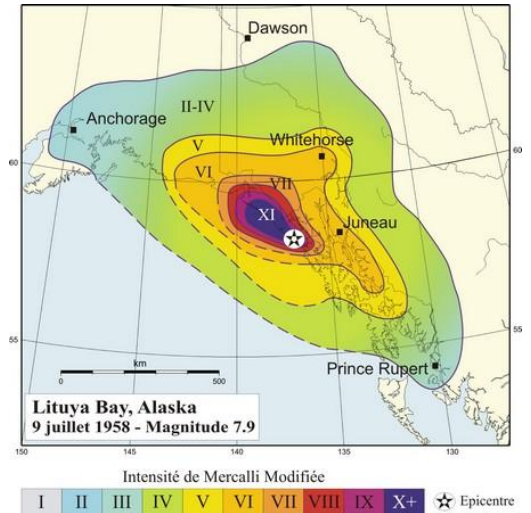
Pendant le séisme, un impressionnant glissement de terrain d'environ 30 millions de m³ de rochers est tombé depuis des falaises culminant à près de 914 m dans l'anse Gilbert, à l'extrémité de la baie. Ce phénomène a généré une vague gigantesque, appelée mégatsunami, avec une hauteur atteignant environ 524 mètres sur le versant opposé, soit la plus haute jamais enregistrée dans l'Histoire récente.

La vague a tout arraché sur son passage : arbres, végétation et sols ont été emportés jusqu'à 524 m d'altitude le long des rivages. Les traces du bouleversement sont encore visibles, avec des zones dénudées sur plusieurs centaines de mètres autour du fjord.

Trois bateaux de pêche se trouvaient dans la baie. Le Sunmore a coulé et ses deux occupants (le couple Wagner) ont péri. Le Badger, avec à son bord Bill et Vivian Swanson, a été emporté par la vague. Le bateau a coulé, mais les deux pêcheurs ont été sauvés. Le Edrie, piloté par Howard Ulrich et son fils de 7 ans, a été projeté dans les airs et redescendu sans subir de gros dégâts. Ils ont survécu. Au total, 2 morts, puis un bilan sans blessés graves.

Des infrastructures (ponts, quais, câbles sous-marins) dans la zone de Yakutat ont subi des dommages, ainsi que des fissures dans le sol et des éruptions de sable.

Ce mégatsunami hors norme est dû à un effet combiné entre un séisme, un énorme glissement de terrain et la configuration en forme de T de Lituya Bay, qui a amplifié la vague en la canalisant (voir ci-contre).



D'après Wikipedia et earthobservatory.nasa.gov

Vue du tronc d'un arbre arraché par la vague

Le tronc se situe à environ 11,3 km du point d'origine de la vague.

*D'après D.J. Miller, United States Geological Survey —
USGS*



Document à présenter à l'oral : Le séisme de Kobe (Japon, 1995)

Le 17 janvier 1995 à 5 h 46 (heure locale), un puissant séisme a frappé la région de Kobe, au Japon. Ce tremblement de terre, aussi appelé Grand séisme Hanshin-Awaji, a atteint une magnitude de 6,9 Mw (ou 7,3 sur l'échelle de Richter). Son épicentre se trouvait à environ 20 km au sud-est de Kobe, dans la partie nord de l'île d'Awaji, à une profondeur de 16 à 17 km. Le séisme de Kobe a eu des conséquences dramatiques tant sur les plans humains que matériels, environnementaux et économiques.



Le tremblement de terre a provoqué la destruction ou de graves dommages sur plus de 100 000 bâtiments, incluant des maisons, écoles, hôpitaux, ponts, immeubles et même des autoroutes. L'autoroute surélevée Hanshin s'est effondrée sur plusieurs kilomètres, provoquant à elle seule 42 morts.

Par ailleurs, les réseaux d'eau potable, d'électricité et le port de Kobe ont été sévèrement touchés. Le coût des dégâts matériels est estimé entre 100 et 200 milliards de dollars.

Le bilan humain est particulièrement lourd : entre 6 400 et 6 500 morts, environ 43 800 blessés, et près de 300 000 personnes se sont retrouvées sans abri. À ces pertes humaines s'ajoutent 600 à 700 décès supplémentaires causés par les incendies qui se sont déclenchés peu après le séisme dans plusieurs quartiers sinistrés.

Le sol de nombreuses zones construites sur des terrains artificiels ou de remblais a subi des phénomènes de liquéfaction et d'affaissement, rendant les structures encore plus vulnérables. Des quartiers entiers ont été ravagés : on a observé des bâtiments effondrés, des routes déformées et des trottoirs fracturés.

Le coût des dégâts représentait environ 2 % du PIB japonais de l'époque. Plus de 300 000 personnes ont été déplacées et de nombreux commerces ont dû fermer. Cet événement a été un élément déclencheur de réformes importantes au Japon, notamment sur les normes de construction parasismique, la prévention des risques et la gestion des urgences.



Photo de la faille de Nojima, au Japon (cette faille préservée a été à l'origine du séisme de Kobé en 1995)



Dégâts de la ville de Kobé

Document à présenter à l'oral : Le séisme de Tangshan (Chine, 1976)

Dans la nuit du 28 juillet 1976, à 3h42 du matin (heure locale), un violent séisme a frappé la ville industrielle de Tangshan, dans la province du Hebei, en Chine. La ville se situe à environ 110 km à l'est de Pékin. La magnitude du tremblement de terre est estimée entre 7,6 et 7,8 sur l'échelle de magnitude de moment (certains parlent même de 8,2).

Le séisme a détruit environ 85 % des bâtiments construits en briques non armées. De nombreuses infrastructures essentielles ont été gravement touchées : routes, ponts, chemins de fer, réseaux d'électricité, d'eau potable et de communication ont été endommagés ou totalement effondrés.

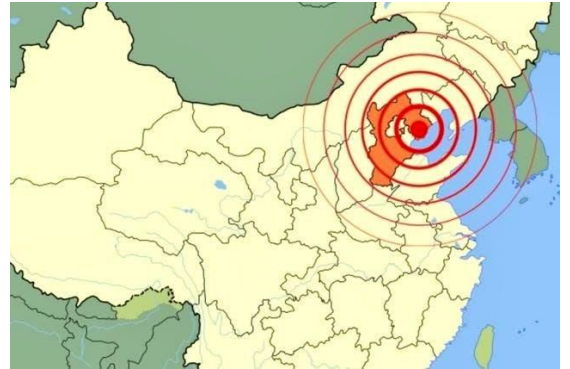
Des phénomènes de liquéfaction des sols sont apparus, ainsi que des fractures de chaussées, glissements de terrain et cratères dans certaines zones.

Le bilan humain est dramatique. Selon les sources officielles, on compte au moins 242 469 morts, mais certaines estimations avancent des chiffres allant jusqu'à 300 000 voire 655 000 morts. Plus de 700 000 personnes ont été blessées. Il s'agit de l'un des séismes les plus meurtriers du XX^e siècle.

Le tremblement de terre a profondément modifié le paysage local. Il a provoqué des effondrements du sol, des affaissements pouvant atteindre plusieurs mètres, des glissements de berges, ainsi que l'apparition de cratères d'écoulements sableux (appelés « sand boils »), notamment dans les zones humides.

Le séisme de Tangshan est le plus grave de l'histoire moderne de la Chine. Les dégâts matériels ont été estimés à environ 10 milliards de yuans. Les secousses ont été ressenties jusqu'à 680 km de l'épicentre.

Face à une telle catastrophe, la Chine a profondément réorganisé ses politiques de construction et de gestion des risques. Des normes parasismiques plus strictes ont été mises en place, ainsi qu'un programme national de prévention et d'alerte. Un mémorial a également été érigé pour rendre hommage aux victimes.



Différents dégâts provoqués par le séisme de Tangshan

Document à présenter à l'oral : Le séisme de Lima et de Pisco

Le 15 août 2007 à 18 h 40 (heure locale), un séisme de magnitude 8,0 a frappé la côte centrale du Pérou. L'épicentre se situait en mer, à environ 150 kilomètres au sud-est de Lima, près de la ville de Chincha Alta, à une profondeur de 39 km. Ce tremblement de terre, très puissant, a secoué de nombreuses villes, notamment Pisco, Ica, Chincha Alta, Chincha Baja et San Vicente de Cañete.

Les dégâts ont été particulièrement importants dans les villes côtières :

- À Pisco, 80 % des bâtiments ont été détruits ;
- À Ica, 80 % des constructions ont été rendues inhabitables, laissant des centaines de milliers de personnes sans abri ;
- La route panaméricaine a été endommagée (fissures, affaissements), des ponts se sont effondrés, et les réseaux d'électricité et de téléphonie ont été coupés ;
- Un tsunami local a été observé : des vagues de plusieurs mètres ont inondé certaines zones côtières, notamment à Lima.

Le bilan humain est lourd avec environ 595 morts et 2 291 blessés.

Le séisme a également provoqué de nombreuses modifications du paysage :

- Liquéfaction du sol : des jets d'eau et de sable ont surgi à la surface, provoquant l'effondrement de certains sols ;
- Glissements de terrain et crues côtières ont déplacé des masses de terre, avec des routes affaissées de près de 50 cm dans certaines zones ;
- À Paracas, la célèbre formation rocheuse appelée « La Catedral » s'est effondrée, et de nombreux lions de mer sont morts ;
- À Lima, plusieurs bâtiments publics comme des ministères et le palais législatif ont été endommagés : fenêtres brisées, fissures, et lampadaires renversés.

Ce séisme est un exemple de méga-séisme côtier ayant provoqué des effets en cascade : séisme violent, liquéfaction des sols, tsunami, glissements de terrain et destructions massives.

Il a mis en lumière la fragilité des constructions en adobe, fréquentes dans cette région, et l'urgence d'appliquer des normes parasismiques strictes. Enfin, la catastrophe a mobilisé l'aide internationale et donné lieu à d'importants programmes de reconstruction durable, notamment pour améliorer les logements, les routes et la prévention des risques.

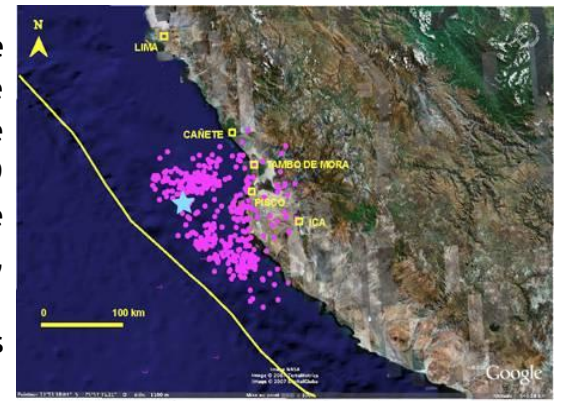


Figure 1 - Epicentre du séisme de Pisco du 15 août 2007 (étoile bleu ciel) et principales répliques des 15 premiers jours (cercles magenta).
Source: Hernando Tavera, Institut Géophysique du Pérou.
La ligne jaune correspond à la frontière de la plaque de Nazca et de la plaque sud-américaine.



Exemples de dégâts du séisme de Lima et de Pisco

Document à présenter à l'oral : Le séisme d'Izmit (1999)

Le 17 août 1999 à 3h01 du matin (heure locale), un puissant séisme de magnitude 7,4 à 7,6 a frappé la province de Kocaeli (Izmit), en Turquie. Son épicentre se situait à environ 11 km au sud-est d'Izmit, dans une région industrielle dense du nord-ouest du pays, à moins de 100 km d'Istanbul. Ce séisme s'est produit sur la faille nord-anatolienne, l'une des plus actives du monde.



Ce séisme a provoqué l'effondrement de milliers de bâtiments résidentiels et industriels, notamment à Izmit, Gölcük, Darıca, Derince, Sakarya, et dans d'autres villes fortement urbanisées. La ville de Gölcük a été quasiment détruite.

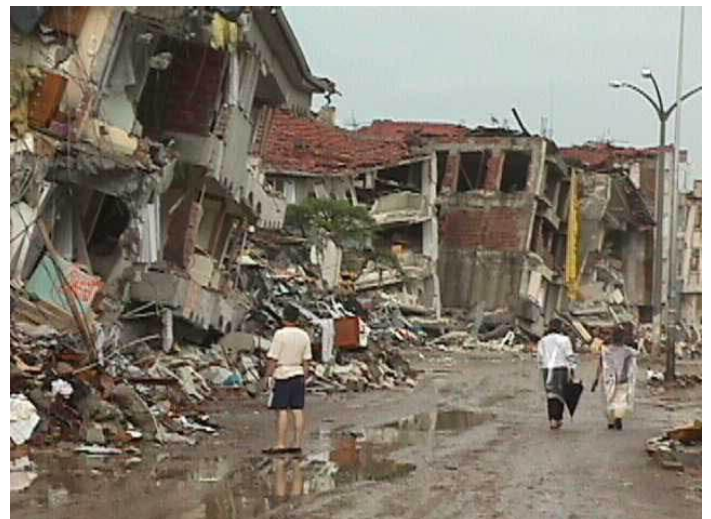
Les infrastructures de transport ont été sévèrement touchées : autoroutes fissurées, ponts effondrés, chemins de fer endommagés, tout comme les réseaux électriques et téléphoniques. L'usine pétrolière Tüpraş, l'une des plus importantes du pays, a pris feu, provoquant un incendie majeur qui a duré plusieurs jours.

Le bilan humain est tragique : entre 17 127 et 18 373 morts, plus de 43 000 blessés, et environ 5 840 personnes portées disparues. Près de 250 000 personnes se sont retrouvées sans abri, vivant parfois pendant des mois dans des camps de fortune.

Le séisme a entraîné des liquéfactions du sol, en particulier dans la ville d'Adapazari, provoquant des effondrements et la déformation des routes. On a observé une rupture de faille visible à la surface sur plus de 120 km, avec des déplacements horizontaux de 2 à 5 mètres par endroits. Un mini-tsunami de 2 à 3 mètres a touché la baie d'Izmit, provoqué par des glissements de terrain ou des affaissements sous-marins, inondant certaines zones côtières.

Les pertes économiques sont estimées entre 6,5 et 23 milliards de dollars. Le séisme a révélé la vulnérabilité des constructions datant d'avant 1977, souvent non conformes aux normes parasismiques. Cela a conduit à des réformes majeures du code du bâtiment, à la création d'une assurance catastrophe obligatoire (le système DASK) et à l'instauration d'un impôt parasismique pour financer la prévention.

Le séisme d'Izmit est considéré comme un tournant dans la gestion des risques sismiques en Turquie. Il a mis en évidence la fragilité des constructions en zone urbaine et industrielle, et l'importance d'une prévention adaptée : respect des normes, renforcement des bâtiments, surveillance des failles, et éducation de la population.



Exemples de dégâts dans la province de Kocaeli

Document à présenter à l'oral : Le séisme d'Ashgabat (1948)

Le 6 octobre 1948 à 1h12 (heure locale), un violent séisme d'une magnitude de 7,3 (surface wave) a frappé la région d'Ashgabat, alors dans la République sociale soviétique de Turkménie (URSS), devenue le Turkménistan. Son épicentre était situé près du village de Gara-Gaudan, à environ 25 km au sud-ouest d'Ashgabat.

Le séisme a provoqué l'effondrement de presque tous les bâtiments en briques, et même les structures en béton ont été gravement endommagées dans Ashgabat et ses environs. Des trains de marchandises ont déraillé et la piste de l'aéroport s'est fissurée.

Bien que les réseaux d'eau soient restés fonctionnels, les communications téléphoniques, télégraphiques, l'électricité et les voies ferrées ont été interrompus.

La rupture du sol a engendré des fissures visibles de plusieurs mètres de large, modifiant durablement le paysage urbain.

Le bilan humain exact reste incertain. Les estimations varient entre 10 000 et 110 000 morts, avec la plupart des sources indiquant environ 110 000 victimes. Certaines archives plus récentes avancent le chiffre de 176 000 morts, soit près de 90 % de la population locale à cette époque.

Le séisme a provoqué des ruptures de faille visibles en surface, notamment au nord-ouest et au sud-est d'Ashgabat. Des glissements de terrain auraient entraîné un mini-tsunami terrestre, amplifié par des secousses souterraines, bouleversant le relief dans les zones proches de la ville.

En raison de la censure soviétique, les informations ont été fortement contrôlées, ce qui a retardé l'organisation des secours. L'armée soviétique et les républiques voisines ont ensuite pris en charge les opérations d'urgence : réouverture des voies ferrées, acheminement de vivres et soins médicaux dans des camps improvisés.

Ce séisme est l'un des plus meurtriers du XX^e siècle et le plus violent jamais enregistré au Turkménistan. L'événement n'a été officiellement reconnu qu'après l'indépendance du pays, et depuis 1995, le 6 octobre est devenu une journée nationale de commémoration au Turkménistan.

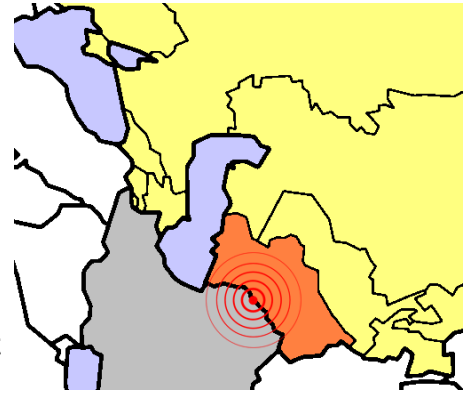


Fig. 4. (Contd.)



Exemples de dégâts à Ashgabat

Diapositives à présenter à l'oral : Le séisme du Mexique (1985)

Le 19 septembre 1985 à 7 h 17 (heure locale), un puissant séisme de magnitude 8,0–8,1 Mw a frappé la côte ouest du Mexique, son épicentre étant situé au large de l'État de Michoacán, à environ 320 km à l'ouest de Mexico. Malgré cette distance, la capitale a subi d'énormes destructions en raison de la nature du sol et de l'intensité des secousses.

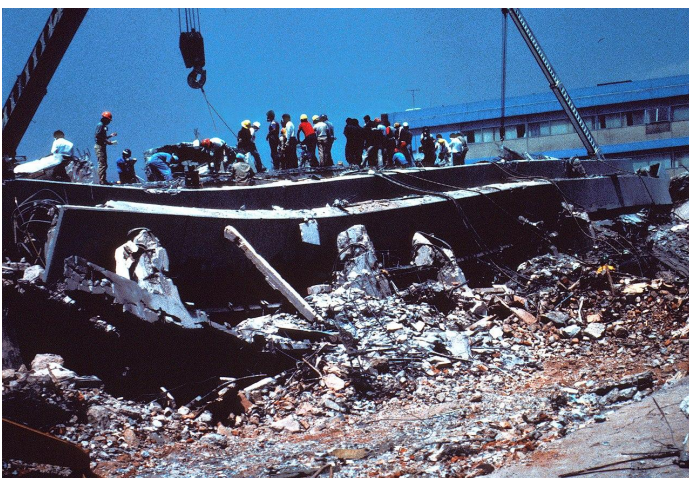
Le séisme a provoqué l'effondrement de plus de 400 bâtiments à Mexico, et environ 3 000 autres ont subi des dommages graves. Les structures de 5 à 15 étages ont été particulièrement vulnérables à cause d'un phénomène de résonance avec les sédiments mous sur lesquels est bâtie la ville (ancien lac asséché).

Les autoroutes, ponts, usines, ainsi que les réseaux électriques et téléphoniques ont été gravement touchés, paralysant rapidement la capitale. Un mini-tsunami de 2 à 3 mètres a également été détecté sur la côte pacifique, provoquant des dégâts dans plusieurs ports, notamment Lázaro Cárdenas.

Le bilan humain est très incertain : les chiffres officiels font état de 5 000 à 10 000 morts, mais certaines estimations évoquent jusqu'à 30 000 à 45 000 décès. Environ 30 000 personnes ont été blessées, et entre 250 000 et 700 000 personnes se sont retrouvées sans abri. Le séisme a détruit de nombreuses infrastructures emblématiques, comme l'Hôtel Regis et d'autres bâtiments historiques du centre de Mexico.

La composition du sol, formé de sédiments lacustres meubles, a fortement amplifié les secousses, provoquant par endroits une liquéfaction du sol. Des routes se sont effondrées, des fissures importantes ont traversé la ville, et des canalisations ont été rompues, perturbant gravement l'alimentation en eau.

Le séisme de 1985 est l'un des plus destructeurs du XX^e siècle au Mexique. Il a mis en évidence la fragilité des constructions face à des normes parasismiques insuffisantes, et le rôle amplificateur du sol de la ville dans les destructions.



Ruines de l'hôpital général



Les décombres, à Mexico, en 1985

Diapositives à présenter à l'oral : Le séisme de Bam (2003)

Le 26 décembre 2003 à 5 h 26 (heure locale), un puissant séisme de magnitude 6,6 Mw a frappé la province de Kerman, au sud-est de l'Iran, près de la ville de Bam. L'épicentre se situait à environ 10 km au sud-ouest de Bam.

Le séisme a provoqué des destructions massives dans la ville de Bam et ses environs. On estime que 70 à 90 % des constructions ont été détruites ou gravement endommagées, en particulier les bâtiments en brique crue, très vulnérables car construits sans normes parasismiques.

L'ancienne citadelle d'Arg-e Bam, inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO, a été presque totalement détruite, tout comme 60 % des bâtiments de la vieille ville, causant une perte patrimoniale majeure.

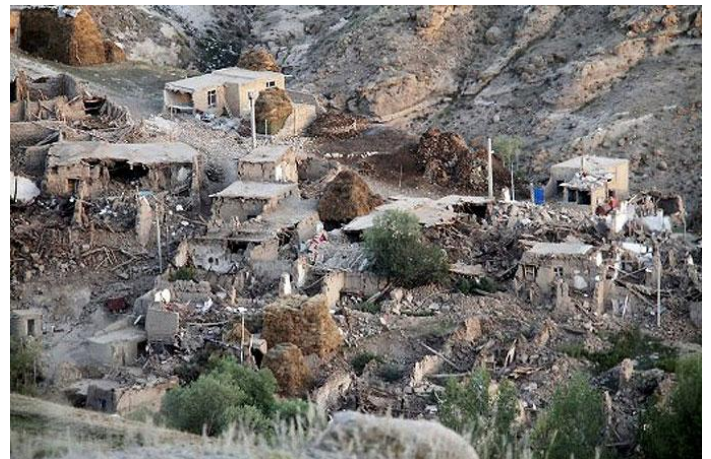
Les services publics ont été durement touchés : les réseaux d'eau et d'électricité, les hôpitaux et les écoles ont été gravement endommagés ou détruits. Certains hôpitaux se sont même effondrés, rendant les secours particulièrement difficiles.

Le bilan officiel communiqué par les autorités iraniennes s'élève à 26 271 morts et environ 30 000 blessés. Cependant, certaines estimations non officielles avancent un nombre de victimes encore plus élevé, allant jusqu'à 43 000 morts, avec de nombreuses personnes portées disparues.

Le séisme a également provoqué des liquéfactions du sol, entraînant des affaissements, des jets de sable, et l'apparition de fissures dans les rues. L'effondrement généralisé de l'infrastructure urbaine et la destruction de la citadelle ont profondément transformé le paysage historique et architectural de Bam.



Citadelle historique d'Arg-e après le séisme



Les décombres dans la région de Bam

Diapositives à présenter à l'oral : Le séisme de Northridge (1994)

Le 17 janvier 1994 à 4h31 (heure locale), un puissant séisme de magnitude 6,7 Mw a frappé la San Fernando Valley, en bordure de Los Angeles, près du quartier de Reseda. Il s'est produit sur une faille d'enfouissement (blind thrust) à environ 12 à 17 km de profondeur. L'épicentre du séisme est situé à Reseda, dans la vallée de San Fernando, à une trentaine de kilomètres du centre de Los Angeles.



Le séisme a causé des effondrements importants, avec plus de 400 bâtiments détruits et des milliers d'autres gravement endommagés, notamment des immeubles de 5 à 15 étages fragilisés par la résonance des sédiments du sol.

Les autoroutes et ponts ont subi de lourds dommages : plusieurs voies majeures comme les I-10, I-5 et la route 14 se sont effondrées sur plusieurs kilomètres, paralysant une grande partie du réseau routier. L'infrastructure urbaine a été sévèrement touchée. On a observé des pannes généralisées d'électricité, de télécommunications, des fuites de gaz, des ruptures de canalisations et plus de 100 départs d'incendie à travers la région. Des bâtiments publics comme les universités et hôpitaux ont été fortement endommagés. L'université Cal State Northridge, par exemple, a vu une partie de ses parkings s'effondrer, entraînant des évacuations et une réhabilitation à grande échelle.

Le bilan humain officiel fait état de 57 morts, mais ce chiffre monte à 72 morts si l'on inclut les décès indirects (crises cardiaques, suicides). On dénombre également entre 8 700 et 9 000 blessés, dont environ 1 600 personnes hospitalisées. Le séisme a provoqué la destruction de 20 000 foyers et rendu environ 22 000 personnes sans abri, nécessitant la mise en place d'importants dispositifs d'aide d'urgence.

Le séisme a entraîné une liquéfaction du sol et un soulèvement local. On estime que plus de 11 000 glissements de terrain se sont produits dans les zones montagneuses avoisinantes. Des fissures sont apparues sur les routes, les égouts ont été endommagés, et les canalisations d'eau ont été rompues, accentuant les perturbations dans la région.

Ce séisme a mis en évidence deux points essentiels :

- L'amplification sismique liée à la nature des sols a aggravé les dégâts dans les zones construites ;
- De nombreux bâtiments à plusieurs étages se sont effondrés, notamment le complexe résidentiel Northridge Meadows, révélant la vulnérabilité des constructions face à un séisme.



Dégâts dans la banlieue de Los Angeles



Pont autoroutier effondré

Diapositives à présenter à l'oral : Le séisme du Maroc (2023)

Le 8 septembre 2023 à 23h11 (heure locale), un tremblement de terre d'une magnitude comprise entre 6,8 et 6,9 Mw a frappé la région d'Al Haouz, dans les montagnes de l'Atlas, à environ 72 km au sud-ouest de Marrakech, près du village d'Ighil (Al Haouz).

Le séisme a provoqué des destructions massives. Environ 50 000 maisons ont été détruites ou endommagées, dont 19 095 totalement effondrées. Le centre historique de Marrakech, inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO, a subi d'importants dégâts : des murs anciens, des minarets (comme ceux des mosquées Kharbouch et Tinmel) ainsi que des portions de remparts se sont effondrés ou fissurés.



Dans les villages de montagne comme Asni, Amizmiz ou Tafeghaghte, les dégâts ont été extrêmes. À Asni, 90 % des maisons ont été détruites, et à Tafeghaghte, 90 personnes ont perdu la vie. Le bilan humain est lourd : 2 960 morts et 5 674 blessés, dont 1 404 grièvement atteints. Les provinces d'Al Haouz (avec 1 684 décès) et de Taroudant (avec 980 morts) sont les plus touchées. Des victimes sont aussi recensées à Marrakech, Ouarzazate, Chichaoua et Casablanca.

Le séisme, peu profond (environ 18 km de profondeur), a provoqué des glissements de terrain et des effondrements rocheux dans les montagnes, rendant certaines zones difficilement accessibles. À Marrakech, la liquéfaction du sol et la résonance des sédiments ont amplifié les destructions dans les quartiers historiques. Le paysage urbain et rural a été profondément transformé : des routes fissurées, des amas de débris dans les ruelles et des éboulements sur les pentes témoignent de la violence du séisme.

Ce tremblement de terre est le plus meurtrier au Maroc depuis 1960, et l'un des plus tragiques à l'échelle mondiale en 2023. Il a mis en lumière la fragilité des constructions traditionnelles, souvent en terre ou en briques non renforcées, en particulier dans les zones de montagne.

Face à l'ampleur de la catastrophe, un plan national de reconstruction a été lancé, un deuil national de trois jours a été décrété, et de nombreuses aides nationales et internationales ont été mobilisées.



Exemples de dégâts à Tafeghaghte