

Le risque sismique

Accompagnement

Objectif général : comprendre le risque sismique et analyser comment les sociétés y font face.

Le Valais est le canton le plus exposé de Suisse au risque sismique. Dans la plaine du Rhône, ce risque est augmenté en raison de la nature du sous-sol, alors que c'est la partie de loin la plus habitée. Etant donné que la prévision du jour et de l'heure d'un séisme majeur est pour l'instant impossible, il est important de garantir sur le long terme la sensibilisation de la population au risque sismique, en la formant sur le comportement à avoir lors d'un séisme et en lui démontrant la nécessité d'un bâti parasismique.

Cette séquence pédagogique comble une lacune des moyens pédagogiques actuellement disponibles pour les écoles valaisannes. Elle fait suite à l'exposition didactique « Le Valais bouge » présentée en 2006 à Martigny.

Les thèmes de chaque leçon abordent le sujet d'abord de manière générale en partant des phénomènes à l'origine des séismes, puis de manière plus détaillée en expliquant les notions de danger et de risque sismique, illustrés par des exemples à différentes échelles géographiques (Valais, Japon).

Cette séquence a été conçue de manière à être répartie sur 5 périodes d'enseignement d'une durée de 45 minutes. Vous trouverez ci-contre une proposition de répartition des 3 cours de la séquence sur les 5 périodes.

Cette séquence est accompagnée d'un DVD regroupant différentes animations multimédia et documents vidéo, ainsi que le dossier de l'élève, le dossier du maître et ses documents d'accompagnement (annexes, textes et fiches d'élève) au format informatique (pdf et word). La séquence didactique peut également être enseignée sans recours aux animations multimédia et aux documents vidéo. Pour les classes disposant de matériel multimédia (PC et lecteur DVD avec beamer), nous conseillons la visualisation de ces différents documents tout au long de la séquence selon l'ordre défini dans cette notice. Pour les centres scolaires ne disposant que d'une seule salle équipée et nécessitant un déplacement de la classe, nous conseillons la visualisation de ces différents documents soit en début de séquence, soit entre le cours n°2 et le cours n°3. Ces animations multimédia et documents vidéo ne comprennent pas de son, mais un commentaire est à chaque fois disponible dans cette notice.

Proposition de répartition des 3 cours dans les 5 périodes d'enseignement :

Période 1 :

- Introduction
- *Eventuellement Multimédia*
- Cours n° 1 (A)

Période 2 :

- Cours n° 1 (B+C)
- Fiche d'élève 1 en devoir

Période 3 :

- Cours n° 2 (A+B)
- *Eventuellement Multimédia*
- Fiche d'élève 2 en devoir

Période 4 :

- Cours n° 2 (C)
- Cours n° 3 (A)
- Fiche d'élève 3 en devoir

Période 5 :

- Cours n° 3 (B+C)
- Fiche d'élève 4 (synthèse) en classe

1

Comprendre les phénomènes à l'origine des séismes

Objectifs de ce cours :

- Analyser des espaces en lien avec le risque sismique à l'échelle mondiale.
- Analyser les caractéristiques géologiques des espaces concernés par le risque sismique (tectonique des plaques).
- Comprendre et décrire les phénomènes à l'origine des séismes.
- Comprendre des photos, des cartes et des schémas en 3D et en déduire des informations.

Document 1 : Séisme de Kobé, le 17 janvier 1995

Cette activité peut être abordée à partir de la photo présentée dans la séquence et du texte n° 1 fourni en annexe qui compile les informations de plusieurs sites internet. L'étude de ces documents peut se faire en «groupes d'experts» qui présenteraient ensuite leurs résultats au reste de la classe.

Les pertes humaines chiffrées pour le séisme de Kobé peuvent être comparées de manière suivante :

5'500 morts = plus de la population de St-Maurice (env. 4'000 en 2006)

35'000 blessés = plus que la population résidente de Sion (env. 27'500 en 2005)

300'000 personnes évacuées = population résidente en Valais.

Ce séisme a été choisi pour illustrer ce cours, car il a touché une société sensibilisée, vu l'importance de l'activité sismique au Japon.

Réponses aux questions posées :

Où doit on rechercher les victimes ?

Réponses possibles : *dans les bâtiments incendiés, sous et à proximité des bâtiments et édifices effondrés, dans les véhicules...*

Quels problèmes se posent aux équipes de secours ?

Réponses possibles : *la destruction des voies de communication (ponts affaiblis, routes coupées,...), les incendies, la destruction des installations de télécommunication (pylône émetteur de téléphonie mobile, central de gestion d'appels, câbles téléphoniques souterrains, ...), les conduites de gaz, ...* Il est aussi possible d'illustrer les problèmes des voies de communication avec la photo figurant sur le rabat, autre vue du séisme de Kobé.

A ce stade de la séquence, il est déjà utile de noter l'importance de la sécurisation des infrastructures nécessaires à l'accès des secours et à l'évacuation des blessés (lignes de vie). Ce fut le constat après le séisme de Kobé (cf. texte en annexe). Cette notion sera reprise ultérieurement dans la séquence.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Pourquoi seuls certains bâtiments se sont-ils effondrés ?

Réponse : *Ceci dépend de l'intensité du séisme, de la nature du sol et de la fragilité des bâtiments (notions développées dans les cours suivants).*

Pourquoi y a-t-il des incendies ? Réponse : *Les incendies sont principalement dus aux ruptures de conduites de gaz.*

Un séisme tel que celui de Kobé peut-il se produire chez nous ? Réponse : *Les séismes importants attendus en Valais sont de magnitude 6 à 6.5, donc inférieurs à la magnitude du séisme de Kobé. Dans les villes valaisannes, comme la densité de population est plus faible que celle de Kobé, on peut s'attendre à un nombre de victimes moins important.*

Pourquoi le bâtiment situé à gauche de la photo n'est-il pas détruit ? Réponse : *Chaque bâtiment a sa propre résistance aux séismes et le sous-sol peut réagir différemment sous chaque bâtiment lors d'un séisme.*

Comment arriver jusqu'aux victimes avec autant d'obstacles sur la route ? Réponse : *Si aucun appui ne peut être envisagé par les airs, les routes d'accès doivent être dégagées ou des trajets de contournement doivent être mis en place avant que les secours puissent venir en aide aux victimes. Plus les voies d'accès seront entravées, plus le nombre de victimes sera grand.*

Quel est le risque avec les lignes électriques ? Réponse : *Lors d'un séisme, les mouvements du sol peuvent provoquer la chute de pylônes à haute tension ou endommager les câbles souterrains (glissement ou tassement), coupant régionalement l'alimentation en électricité, compliquant le travail des secours et particulièrement la recherche des victimes.*

Animation 1: vidéo pendant un séisme (Japon, Ombrie)



Commentaire :

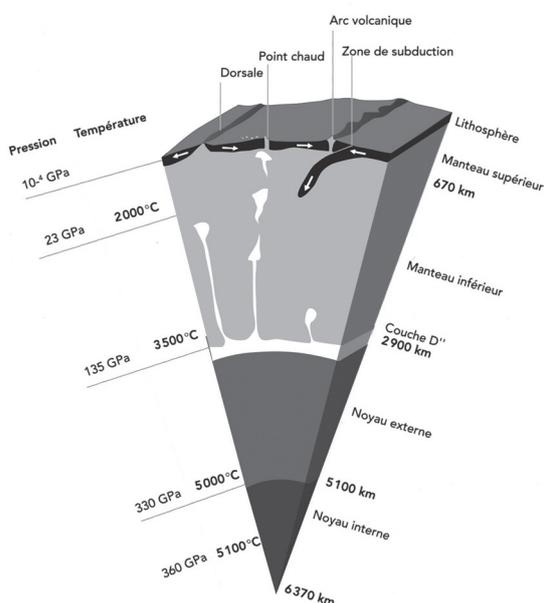
Ces courtes séquences montrent des scènes prises sur le vif pendant un séisme survenu au Japon et un séisme survenu en Ombrie (Italie).

Document 2 : Frottement entre plaques tectoniques: les séismes sont la musique de la terre

Cette activité est abordée à partir du diagramme en 3D montrant une coupe d'une zone de subduction à la limite de 2 plaques tectoniques.

Notre planète est composée d'une enveloppe rigide externe appelée lithosphère, constituée de la croûte terrestre et du manteau refroidi. Cette enveloppe externe recouvre le manteau supérieur et inférieur plus ductile. Le centre de notre planète est constitué d'un noyau, comprenant une partie externe liquide et une partie interne solide. Le manteau constitue le 84% de notre planète.

Structure interne du globe



Modifié d'après J.P. Montagner, 2002

Le « manteau froid » (lithosphère rigide) est constitué de plaques, se déplaçant les unes par rapport aux autres. Ces plaques peuvent transmettre des contraintes sur de grandes distances horizontales sans se déformer. Le mouvement relatif entre les plaques est donc absorbé essentiellement le long de leurs limites.

Le moteur de ces déplacements est la différence de densité (1-2%) entre le manteau lithosphérique refroidi et le manteau chaud. Une partie du manteau refroidi coule dans la zone de subduction. Comme on peut le constater dans la figure, les 2 plaques sont séparées par une faille. Le frottement sur cette interface, accentué par la présence de volcans sous-marins, génère de violents séismes.

Les limites des plaques sont des zones sismiques.

Le phénomène de subduction de plaques est comparé au fonctionnement d'une boîte à musique (cf. Animation 2: boîte à musique).

Réponse à la questions posée :

Quelle plaque tectonique joue le rôle du cylindre de la boîte à musique, et quelle plaque joue le rôle des lamelles ?

Le cylindre représente la plaque tectonique inférieure s'enfonçant dans le manteau, et les lamelles la plaque tectonique supérieure subissant les séismes (mouvements des lamelles). Une lamelle est d'abord déformée de façon élastique, puis soudain relâchée. L'énergie accumulée est alors libérée sous forme de son.

Fiche d'élève 1 : Séismicité et tectonique des plaques :

Dans cette fiche, l'élève place les principaux séismes du XX^{ème} siècle sur une carte représentant les principales plaques tectoniques et explique la répartition des séismes par rapport à ces plaques.

Les plaques tectoniques peuvent être divergentes, convergentes, ou encore coulissantes. La région de San Francisco (faille de San Andreas) est un exemple de séismicité en bordure de plaques coulissantes.

La lithosphère, qui disparaît dans les limites convergentes et qui est créée dans les limites divergentes, se renouvelle ainsi périodiquement.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Si la plaque bouge ou se déplace, pourquoi n'y a-t-il pas de faille à l'arrière ? Réponse: Il y a toujours la même quantité de manteau froid à la surface de la Terre. La partie de la plaque qui plonge dans le manteau chaud dans une zone de subduction est compensée par les nouvelles portions de plaque créées dans les dorsales.

Que se passe-t-il lorsqu'une plaque atteint le noyau?

Réponse: Lorsque la plaque atteint le noyau, elle se pose à l'interface manteau/noyau et se réchauffe très lentement, puis finit par remonter des centaines de millions d'années plus tard sous forme de plume mantellique (sorte de cheminée permettant la montée de roches chaudes par convection).

Quelle est la différence entre le foyer et l'épicentre d'un séisme?

Réponse: Le foyer ou hypocentre est le lieu d'origine du séisme (en profondeur), où les masses rocheuses coulissent l'une contre l'autre le long d'une faille. L'épicentre est le point à la surface terrestre, situé exactement au-dessus du foyer (hypocentre).

Y a-t-il des séismes en Russie?

Réponse: Il y a régulièrement de forts séismes en Russie (magnitudes 7 et 8), particulièrement en Sibérie (Kamchatka). La Sibérie se situe au contact des plaques eurasiatique et nord-américaine (zone de subduction).

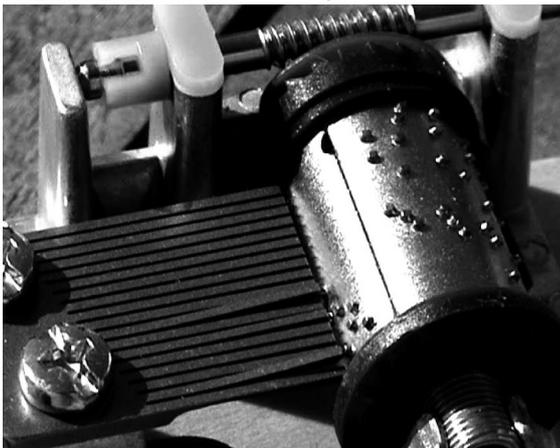
Que se passe-t-il lorsque 2 plaques se rencontrent?

Réponse: L'une des 2 plaques peut plonger sous l'autre plaque ou les 2 plaques peuvent coulisser l'une contre l'autre.

Y a-t-il de l'espace entre 2 plaques?

Réponse: Dans la zone de subduction, les 2 plaques frottent l'une contre l'autre.

Animation 2 : boîte à musique



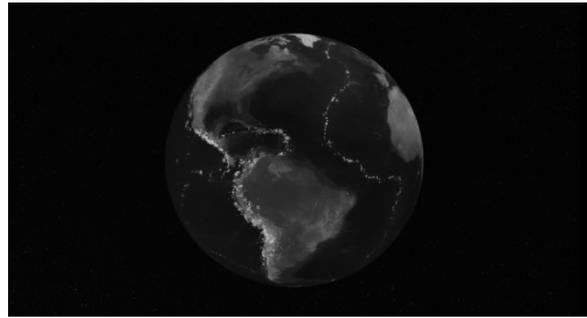
Commentaire :

Cette vidéo montre la déformation élastique des lamelles, induite par le frottement des aspérités du cylindre. La boîte à musique illustre le frottement des plaques dans la zone de subduction, mis à part le fait que le sens de rotation du cylindre est inversé.

Remarque : on parle de déformation élastique quand un objet déformé par une force extérieure reprend sa forme

initiale lorsque l'effet de la force cesse.

Animation 3 : sismicité mondiale



(World Wind Nasa, Alternet fabric, Crealp)

Commentaire :

Cette animation présente les séismes survenus entre 1980 et 1995 autour du globe ainsi que leurs relations avec les limites de plaques principales. Chaque flash représente un séisme dont l'épicentre reste ensuite affiché en jaune. Tous ces séismes soulignent parfaitement les limites des plaques tectoniques principales.

Document 3 : Les roches sont des ressorts

Les failles peuvent présenter toutes les orientations possibles et avoir différentes tailles (du centimètre à plusieurs milliers de kilomètres). Dans certains cas, les compartiments de la faille coulissent librement et très lentement. Dans d'autres cas, les compartiments sont bloqués et se détendent périodiquement en générant un séisme.

Les 2 photos ci-dessous montrent un exemple de faille décrochante, la faille de San Andreas située en Californie et un exemple de faille en Valais.



La faille de San Andreas (Source : Google-Earth)



Faille (au centre de l'image) dans la région du Sanetsch

Les 3 blocs diagrammes permettent à l'élève de comprendre le mécanisme de déclenchement d'un séisme. L'exemple choisi illustre un séisme dans une zone de subduction.

Réponse à la question posée :

Dans lequel des 3 schémas le tremblement de terre se produit-il ?

Dans le schéma 3 : Lorsque le point de rupture est atteint, les compartiments couissent brusquement l'un par rapport à l'autre, générant des ondes sismiques.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Combien de temps sépare 2 séismes sur une même faille ? Réponse : La fréquence des séismes sur une même faille dépend de la vitesse de déplacement des compartiments, de la surface de la faille à activer et du frottement. Le temps de retour d'un séisme varie de quelques années à quelques milliers d'années.

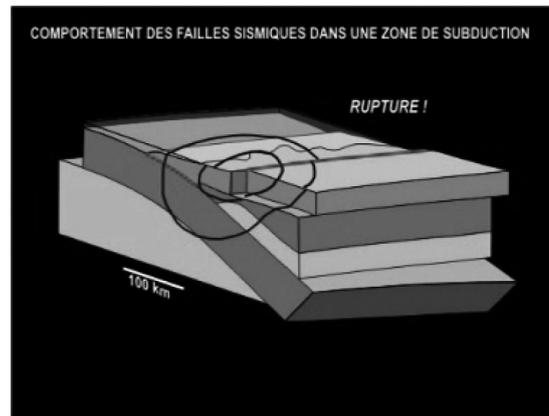
Quel est le lien entre les tsunamis et les séismes ? Réponse : Certains tsunamis sont générés par le brusque changement de la topographie sous-marine associé aux séismes (schéma 3).

Ressent-on différemment un séisme en montagne ? Réponse : Oui, la raison de cette différence te sera expliquée au document 9 (effet de site).

Fiche d'élève 2: Les séismes sont des ressorts

La fiche de l'élève reprend les figures de la séquence. L'élève décrira à sa manière les différents schémas représentant les phases de génération d'un séisme dans une zone de subduction.

Animation 4 : faille sismique



Commentaire :

L'animation montre un séisme généré à l'interface d'une plaque plongeante et d'une plaque supérieure (type Indonésie 2005) puis un séisme généré dans une faille décrochante dans la plaque supérieure (type San Andreas) avec une déformation élastique précédant la rupture.

Document 4 : La magnitude d'un séisme (M) est en relation avec la surface du secteur de faille qui cède

La magnitude d'un tremblement de terre mesure l'énergie libérée lors d'un séisme. Plus la magnitude est élevée, plus le séisme a libéré d'énergie, et plus la surface de rupture est grande. La longueur de cette surface de rupture pourrait être représentée par la largeur des lamelles de la boîte à musique

M=9	1000 km
M=8	250 km
M=7	60 km
M=6	10 km
M=5	3 km
M=4	1 km
M=3	0.3 km
M=2	0.1 km



Plus la lamelle est large et plus elle aura emmagasiné d'énergie élastique transmise par les pointes du cylindre. Le tableau donne la dimension (diamètre approximatif jusqu'à 3-10 km, puis longueur) de la surface de rupture pour chaque magnitude (M).

La magnitude s'exprime à l'aide d'une échelle logarithmique appelée « échelle de Richter » (un accroissement de magnitude de 1 correspond à une multiplication par 30 de l'énergie et par 10 de l'amplitude du mouvement). Elle est déterminée grâce aux mesures des mouvements verticaux du sol de

plusieurs sismographes répartis à la surface du globe. L'heure d'arrivée et l'amplitude des mouvements provoqués par un paquet d'ondes caractéristiques sont déterminées à chaque station sismique. Un calcul permet de déterminer l'épicentre du séisme et sa magnitude. L'annexe 1 montre le fonctionnement d'un sismographe ainsi que les sismogrammes utilisés pour déterminer l'emplacement du séisme du Col de Balme en 2005.

Le séisme de plus grande magnitude connu au cours de ce siècle est celui du Chili en 1960, de magnitude 9.5; la zone de rupture de la faille a atteint plus de 1000 km de long. C'est à cause de cette limite qu'on entend parfois parler des 9 degrés de l'échelle de Richter. Les séismes de magnitude supérieure à 9 sont très rares et la magnitude 10 semble être une limite raisonnable compte tenu de la résistance des roches et de la fragmentation des failles.

Lors de la rupture qui se produit au foyer d'un tremblement de terre, la plus grande partie de l'énergie se dissipe sous forme de chaleur. Une partie seulement se propage au loin sous forme d'ondes élastiques.

La magnitude et l'intensité sont deux mesures différentes. L'intensité est une mesure des dommages causés par un tremblement de terre. En Europe, elle est indiquée par rapport à l'échelle macrosismique européenne (EMS 98) qui remplace l'ancienne échelle MSK depuis le 1^{er} janvier 2000 (cf. annexe 2). La différence entre magnitude et intensité peut être expliquée en comparant la magnitude à une mesure de l'intensité sonore du cri émis par une personne dans une maison (mesure effectuée au niveau de sa bouche) et l'intensité du séisme à la mesure du son entendu par d'autres personnes dans différentes pièces de la maison (atténuation, écho). Pour un séisme d'une magnitude donnée, l'intensité mesurée est différente selon l'endroit.

Il existe des relations empiriques reliant l'intensité maximale ressentie et la magnitude mais elles sont très dépendantes du contexte géologique local. Ces relations servent en général à donner une magnitude aux tremblements de terre historiques.

Réponse à la question posée :

Quelle était la longueur de la surface de faille qui a cédé lors du tremblement de terre de Kobé en 1995 (prendre $M=7$) ?

Pour une magnitude de 7, la longueur de faille activée par le séisme est d'environ 60 km.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Quel est le plus fort séisme enregistré sur la Terre ?
Réponse: Le séisme le plus fort, mesuré sur la Terre est celui du Chili en 1960. Sa magnitude était de 9.5.

Des séismes de magnitudes supérieures à 9.5 sont très improbables et des séismes de magnitude supérieure à 10 sont à peine envisageables du point de vue scientifique.

Combien y a-t-il eu de morts au Chili en 1960 ? Réponse : Environ 200 personnes sont mortes lors de ce séisme.

Est-ce qu'un sismographe bouge lors d'un séisme ?
Réponse: La partie du sismographe fixée directement sur le sol et portant le cylindre avec le papier bouge lors du séisme. L'aiguille, rattachée à une masse pesante, suspendue à un ressort, demeure immobile grâce à l'inertie de la masse pesante. Ce n'est donc pas l'aiguille qui bouge mais le papier.

Document 5 : Les ondes sismiques font danser le sol

Le terme « onde » est issu du latin *unda* signifiant « eau courante ». Une onde est définie comme étant la propagation d'une déformation, d'un ébranlement ou une vibration dont l'élongation (la propagation) est une fonction périodique des variables de temps et d'espace (célérité, fréquence ou période).

Les ondes sismiques font partie des ondes mécaniques correspondant à la propagation d'une déformation mécanique dans un milieu. La perturbation se transmet de proche en proche dans le milieu. Elle transfère de l'énergie sans transfert de matière. C'est le même principe que pour les ondes sonores, les vagues, etc.

Les ondes sismiques se propagent à partir du foyer (source d'émission) dans toutes les directions qui leur sont offertes. L'énergie est propagée sous forme de trains d'ondes qui sont à l'origine du tremblement de terre. L'onde sismique provoque un déplacement minime de chaque particule minérale qui oscille autour de sa position d'équilibre (quelques centimètres à quelques mètres).

Le document 5 illustre les mouvements du sol mesurés à un endroit donné durant le séisme d'Izmit en Turquie (1999). Seuls les mouvements horizontaux sont illustrés ici, car ce sont les plus dangereux pour la stabilité d'un bâtiment. Grâce à l'échelle donnée dans l'agrandissement, vous pouvez imaginer l'importance des déformations subies par un bâtiment lorsque ses fondations suivent cette trajectoire.

Réponse à la question posée :

Dans quelle autre situation de la vie pourrais-tu être secoué (e) de cette manière ?

Réponses possibles : sur une attraction de fête foraine, lorsque le train parcourt des aiguillages.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Peut-on ressentir un séisme dans une voiture en marche? Réponse : *Non, sauf si le séisme est très violent. Un faible séisme n'est généralement ressenti que par les personnes immobiles.*

Est-ce que le niveau d'eau des lacs ou des océans s'élève ou s'abaisse lors d'un séisme? Réponse : *Lors d'un séisme, des vagues peuvent être créées à la surface d'un plan d'eau. Certains séismes sont même parfois à l'origine de tsunamis (vagues géantes) comme ce fut le cas le 26 décembre 2004 au large de Sumatra.*

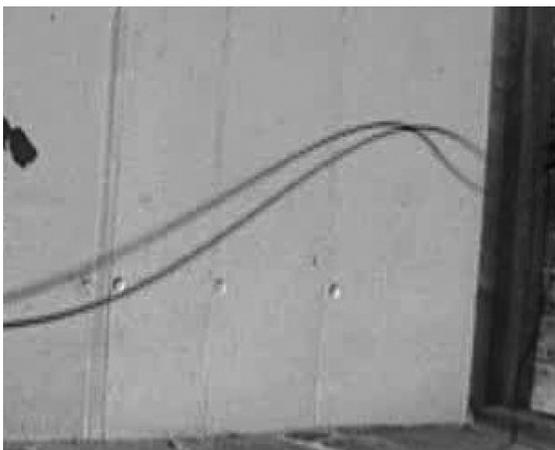
Est-ce que tsunami d'Asie a été ressenti en Suisse? Réponse : *Le tsunami est une vague dans l'océan et n'a pas pu être observé en Suisse, qui n'a pas de côtes. Par contre, les secousses sismiques générées par le tremblement de terre responsable du tsunami ont été enregistrées en Suisse par des sismographes, mais n'ont pas été ressenties par la population (trop faibles).*

Exercices pratiques :

Pour visualiser le phénomène, le DVD présente les différentes expériences suivantes faciles à réaliser, avec du matériel bon marché (animations 5 à 7):

Animation 5 : corde

On arrive à générer des ondes avec une corde, et dans certains cas, à déplacer une porte entre-ouverte grâce à l'énergie transmise par ces ondes.



Animation 6 : tendeur avec brique et planche



Cette expérience illustre l'aspect chaotique (donc très difficilement prédictible) du déclenchement d'un séisme. L'interface planche-sol représente la faille, le poids de la brique ou de la pierre augmente le frottement à cet interface. Le tendeur accumule l'énergie élastique et les forces de cisaillement sur la « faille ». La « rupture sismique » correspond au déplacement soudain de la planche. Si vous mesurez la longueur qu'atteint le tendeur avant chaque rupture, vous vous apercevrez que les conditions de frottements sont différentes à chaque expérience et que la prévision est très difficile !

Animation 7 : chaise à roulettes

Pour simuler les mouvements du sol ressentis durant le séisme d'Izmit, l'expérience suivante est proposée :



La trajectoire du document 5 est reproduite à l'aide d'une craie sur le sol de la classe. Un élève est assis sur une chaise à roulettes qui est roulée le long du tracé en 20 secondes. Cette expérience montre la complexité des mouvements horizontaux du sol (en plus de la composante verticale non reproduite dans l'expérience).

2 Le danger sismique en Valais

Objectifs de ce cours :

- Analyser l'espace et la société en lien avec le risque sismique (échelle régionale et locale) et comparer avec d'autres régions sismiques.
- Analyser les caractéristiques géologiques expliquant la naissance des Alpes (compréhension de schémas en 3D).
- Expliquer pourquoi le danger est lié à la proximité et à la force des séismes, mais aussi à la nature du sol (effet de site).
- Identifier ce qui influence l'ampleur de la catastrophe.

Document 6 : Six séismes de magnitude 6 durant les 500 dernières années en Valais

Le catalogue sismique historique établi par le Service sismologique suisse sur la base d'archives donne les épencentres (avec une incertitude importante) et une estimation de l'intensité des principaux séismes qui ont touché le Valais au cours des derniers siècles. Ces intensités sont traduites en magnitudes. Seuls les 6 séismes de magnitude supposée égale ou supérieure à 6 survenus depuis le XVI^{ème} siècle sont données ici. Plusieurs de ces séismes ont occasionné des dégâts importants, directs ou indirects.

En Valais, les séismes de faible intensité sont très fréquents. Ils sont répartis de manière assez diffuse au sud du Rhône alors qu'au nord leur foyer et généralement concentré sur une ligne Leuk-Rawyl-Dorénaz.

Réponse à la question posée :

Combien y a-t-il eu de séismes au cours de chaque siècle ?

Réponse : Au XVI^{ème} siècle, il y a eu 2 séismes de magnitude plus grande que 6. Du XVII^{ème} au XX^{ème} siècle, il y a eu 1 séisme par siècle.

Il est important de rendre attentifs les élèves que depuis et tant que les Alpes (et également les plaques) sont en mouvement, il y a eu et il y aura des séismes « importants » en Valais (donc bien avant 1524 et bien après 1946).

Cette séquence de dates ne permet pas de faire une prévision fiable du prochain séisme majeur. Elle permet par contre un calcul de probabilité de réalisation d'un séisme de magnitude donnée : c'est l'aléa sismique.

On peut calculer combien de séismes de magnitude

donnée toucheront une région en moyenne dans un temps donné. On peut aussi calculer l'accélération horizontale maximale due aux séismes à laquelle il faut s'attendre à un endroit donné pour une période de temps donnée. Ceci permet de concevoir des bâtiments parasismiques (cf. cours n°3).

Questions posées fréquemment par les élèves :

Pourquoi n'y a-t-il pas de plus grands séismes chez nous (seulement de magnitude inférieure à 7) ?

Réponse : Un séisme de magnitude supérieure à 7 ne peut pas être totalement exclu. Les séismes recensés jusqu'à aujourd'hui en Suisse sont de magnitude inférieure à 7, car la vitesse de déplacement des plaques est faible (de l'ordre du millimètre par année en Valais, contre plusieurs centimètres par année dans les zones de subduction).

Pourquoi y a-t-il eu un tremblement de terre à Aigle (assez loin de la zone de failles actives) ?

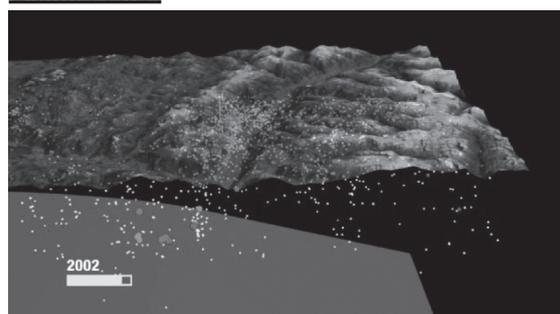
Réponse : Il existe des failles sismiquement actives dans toutes les Alpes, mais dans la zone marquée en rouge, les séismes sont plus fréquents.

Où et quand aura lieu le prochain séisme en Valais ?

Réponse : Le lieu et la date des séismes ne peuvent pas être prédits pour l'instant.

Comment se fait-il qu'il y ait cette faille ? Réponse : Cette zone de failles sépare une partie des Alpes (au Sud) qui se déplace vers le SW par rapport au Nord des Alpes.

Animation 8 : sismicité en Valais



(Crealp, Musée de géologie, Lausanne)

Commentaire :

L'animation visualise la répartition géographique des séismes sous les Alpes de 1975 à 2002. La surface bleue représente le toit du socle cristallin. On voit une concentration de séismes sous le Rawyl et le Sanetsch. Le relâchement des contraintes étant régulier dans cette zone suite au séisme de 1946, ce n'est pas forcément à cet endroit que se produira le prochain séisme violent en Valais.

Document 7 : Les Alpes et le Jura sont formés de roches arrachées à la plaque européenne par la « pelle » africaine

Le schéma proposé montre une vue 3D d'un bloc de croûte continentale compris entre le Jura et le Valais. En profondeur, on voit la croûte européenne (en gris) qui s'est enfoncée sous la croûte africaine (en jaune). La plaque tectonique européenne (qui comprend encore 70 km d'épaisseur de manteau refroidi sous la croûte, seule représentée ici) a été attirée en profondeur par le poids de 500 km de plaque océanique plus dense qui était accrochée au bord droit de la croûte européenne visible sur le schéma.

Les Alpes (en blanc) représentent les volumes de roches « râpées » à la surface supérieure des plaques au cours de leur coulissement sous la plaque africaine.

Au stade actuel de « collision », la croûte européenne n'est pas assez dense pour pouvoir poursuivre le mouvement de subduction et couler dans le manteau terrestre. Le rapprochement des 2 plaques se fait à une vitesse très lente (moins d'un millimètre par année à cet endroit des Alpes).

Les volumes « flottants » formant les Alpes se comportent comme le prisme de neige poussé par la pelle : son volume augmente par adjonction vers l'avant de neige supplémentaire décollée de la route. Dans le cas des Alpes, le Jura est le dernier copeau à avoir été décollé à la partie supérieure de la croûte européenne et englobé dans la partie nord du prisme alpin. Le prisme de neige est comprimé, déformé et monte vers l'arrière de la pelle. La plaque africaine joue le rôle de pelle à neige et les Alpes sont soulevées lorsqu'elles sont poussées vers le sud par-dessus cet obstacle.

Dans l'analogie de la pelle à neige, si le personnage qui pousse la pelle décide de changer de direction en continuant de racler la neige, un cisaillement va être induit dans le prisme neigeux. Dans le cas des Alpes, le mouvement de la plaque africaine par rapport à la plaque européenne était initialement orienté vers le nord, puis s'est infléchi vers le nord-ouest. Cela provoque un cisaillement dans le prisme alpin qui est matérialisé à la surface par des failles décrochantes (un « mini » système de failles de type San Andreas en Californie). Ce sont ces failles qui sont très actives sismiquement en Valais et qui sont schématisées dans la figure.

Réponses aux questions posées :

Regarde la pelle à neige, puis le schéma géologique. Y a-t-il une ressemblance malgré la différence d'échelle ? Qu'est-ce qui joue le rôle de la route, de la pelle et de la neige poussée dans le cas des Alpes ?

Réponse possible : *Oui, la partie de la neige raclée sur la pelle pourrait correspondre aux Alpes. La plaque tectonique européenne joue le rôle de la route, la plaque africaine celui de la pelle et les Alpes représentent la neige décollée de la route et accumulée contre la pelle. Les cassures qui se forment dans la neige en cas de mouvement oblique*

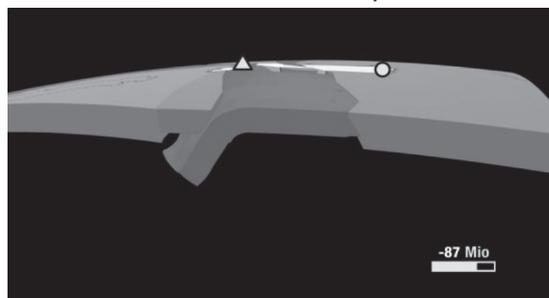
pourraient correspondre aux failles alpines produisant des séismes.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Est-ce que les Alpes grandissent ? Réponse : *Certaines parties des Alpes s'élèvent d'un à deux millimètres par année, mais sont érodées de la même valeur en moyenne. Donc leur altitude reste stable, mais les vallées s'approfondissent sous l'effet du creusement par les glaciers lors des périodes glaciaires.*

Qu'advient-il des blocs des Alpes quand la plaque européenne « revient » en effet de ressort ? Réponse : *Dans les Alpes qui représentent un stade de collision, les tremblements de terre ne se produisent plus à la limite de 2 plaques comme dans une zone de subduction, mais sont répartis dans des zones de failles discontinues.*

Animation 9 : formation des Alpes

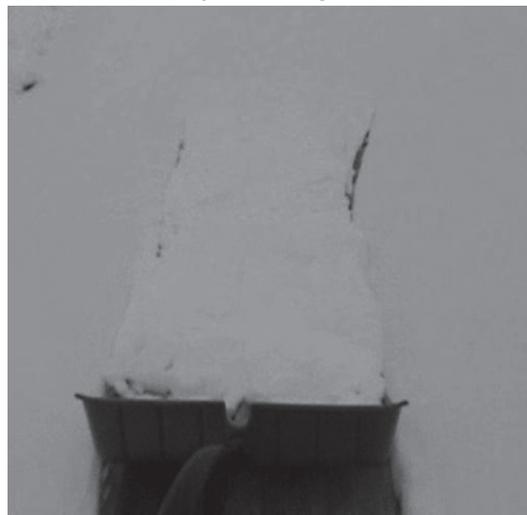


(Musée de géologie, Lausanne, Crealp)

Commentaire :

Cette animation montre la subduction de la plaque océanique (en vert) attirant la plaque européenne en profondeur sous la plaque africaine. La distance entre la position des roches du futur Cervin et des roches de la région de Berne diminue au cours des millions d'années comme résultat de cette convergence. Les Alpes proprement dites, « rebibes » raclées de la surface des plaques plongeantes, ne sont pas représentées ici.

Animation 10 : pelle à neige

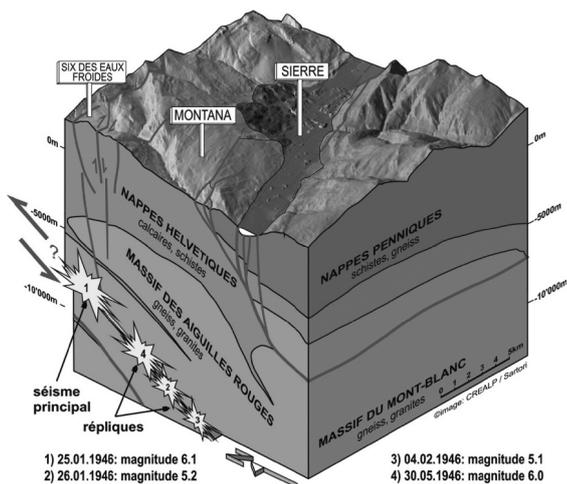


Commentaire :

Remarquez comment le volume de neige est décollé de la route, se déforme et s'accumule contre le dos de la pelle. Vers l'avant, le décollement se propage bien au-delà de la pelle à neige, comme le Jura au devant des Alpes.

Document 8 : Se souvenir ! Séisme de Sierre (Tseuzier) le 25 janvier 1946, magnitude 6.1

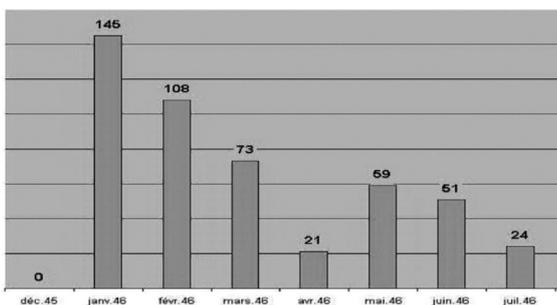
Un séisme de 6.1 (Richter) a fortement secoué le Valais central le 25 janvier 1946 (le texte 2 présente l'article paru dans le journal de Sierre le 26 janvier 1946). Son épicentre se trouvait dans la région du col du Rawyl. Dans la littérature, ce séisme est le plus souvent référencé sous le nom de séisme de Sierre, parfois sous ceux de Sion, Sion-Sierre, Sanetsch, Rawyl ou Valais central. Le Service sismologique suisse (SSS ou SED en allemand) fait état de 517 répliques entre janvier et décembre 1946.



Représentation en 3D du contexte géologique et des différentes répliques lors du séisme de Sierre en 1946.

Les failles responsables de ces séismes ne sont pas connues avec certitude.

Comme le montre l'histogramme ci-dessous, le nombre de répliques ainsi que leur magnitude ont fortement diminué avec le temps.



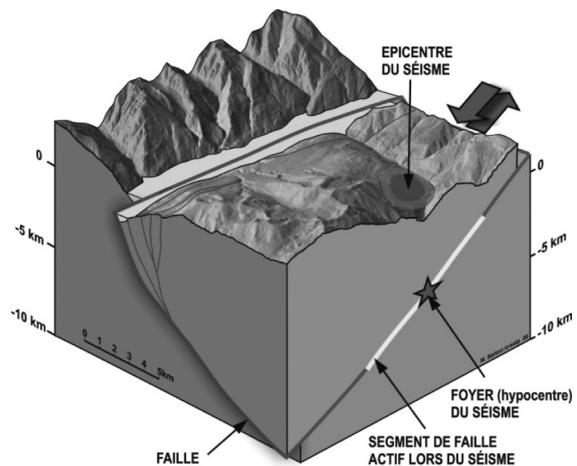
Répartition des répliques du séisme de Sierre durant l'année 1946

Parmi les quatre secousses les plus fortes, celle du

30 mai (probablement de magnitude 6) a déclenché l'éboulement du Six des Eaux froides (ou Rawylhorn), illustré dans la photo de gauche de la séquence. Six millions de m³ de roche ont ainsi comblé le Lac de Luchet 500 mètres en contrebas. Outre cet éboulement, ce séisme a aussi induit d'autres phénomènes naturels: liquéfaction des sols (percolation subite de la nappe phréatique vers la surface), glissement de terrain, chutes de pierres et autres phénomènes tels que modification du régime des sources. Selon le recensement du SED, 3500 bâtiments ont été endommagés aussi bien à Sion qu'à Sierre: façades d'immeubles, cheminées, plafonds, pigeonniers. Certaines églises ont vu notamment leur flèche ou leur voûte s'effondrer. C'est le cas de l'église de Chippis (photo de droite dans la séquence).

L'extrait de l'édition du Journal de Sierre du 28 janvier 1946 (version intégrale fournie en annexe, texte 2), décrit bien la manière dont les phénomènes ont été ressentis par les habitants.

Le précédent séisme de magnitude 6 a eu lieu à Viège en 1855 (cf. photo page 9 de la séquence). L'hypocentre du séisme devait se trouver à quelques km sous Stalden. La faille responsable pourrait être la « faille du Simplon » qui recoupe la surface à proximité du col du Simplon.



Représentation en 3D du contexte géologique du séisme de Viège en 1855.

Réponses aux questions posées :

Les habitants étaient-ils préparés à ce séisme ?

Réponse : Non, comme l'indique la première partie de l'article.

Aurait-il pu faire des victimes ?

Réponse : Oui. Les Valaisans ont eu beaucoup de chance en 1946. De très nombreux débris (cheminées, tuiles) sont tombés dans les rues sans faire de victimes. Il n'y avait que peu de constructions dans la plaine du Rhône à cette époque, secteur le plus sensible au tremblement de terre (cf doc. 9). Lorsque le prochain séisme important fera trembler notre canton, il est vital que nos bâtiments et nos infrastructures soient conformes aux normes de

la construction parasismique, afin d'éviter des pertes humaines.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Est-ce que l'éboulement de Derborence est lié à un séisme? Réponse: Les éboulements de Derborence en 1714 et 1749 ne sont pas liés à un séisme mais sont dus à l'érosion naturelle des falaises. Par contre, la catastrophe d'Yvorne (lave torrentielle) est une conséquence du séisme d'Aigle en 1584.

Document 9 : L'effet de site

Les séismes de Mexico (1985) et de Kobé (1995) ont notamment mis en évidence l'effet de destruction aggravant lorsque le bâti est fondé sur des terrains meubles qui modifient la fréquence et l'amplitude des ondes comme un filtre. C'est ce qu'on appelle communément l'effet de site. De plus, les vallées alpines - dont la vallée du Rhône - sont remplies d'alluvions reposant sur un substratum rocheux en forme de « V » plus ou moins fermé. Plus le rapport profondeur/largeur du « V » est grand plus la structure tend à piéger l'onde, prolongeant ainsi la durée de la secousse sismique. Cet effet de site dû à la forme de la vallée se rajoute à celui « terrain meuble »; parfois il prime sur ce dernier.

Le schéma représente le comportement des ondes sismiques dans le rocher et en terrain meuble (plaine du Rhône). Les différentes intensités ressenties en surface sont représentées par différentes couleurs. Les mouvements horizontaux ressentis aux localités 1, 2 et 3 sont représentés dans les 3 schémas à gauche de la figure. Pour répondre aux questions, les élèves explorent le schéma du point a) au point c).

Réponses aux questions posées :

a) Que font les ondes sismiques en s'éloignant du foyer?

Réponse : Les ondes sismiques se propagent à partir du foyer dans toutes les directions et s'atténuent avec la distance. Les dégâts sont donc généralement importants à proximité de l'épicentre.

b) Que font les ondes sismiques quand elles arrivent dans une vallée remplie de gravier?

Réponse : Les ondes sismiques sont piégées et amplifiées (trajet de l'onde en zigzag dans les alluvions) et la durée de la secousse sismique sera ainsi prolongée, augmentant le risque sismique dans la vallée.

c) Quelles différences entre les mouvements

horizontaux du sol enregistrés aux points 1, 2 et 3?

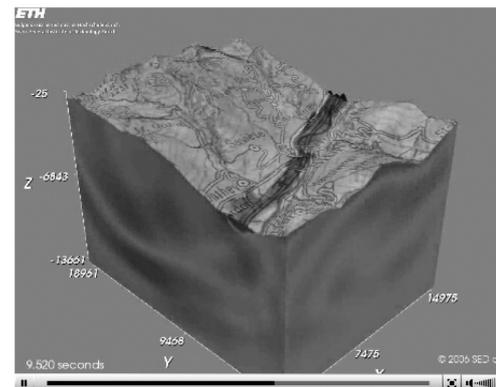
Réponse : Point 1 : Dans le rocher, les ondes sismiques sont ressenties le plus fortement à l'épicentre ; point 2 : lorsque les ondes traversent le rocher sur une grande distance, leur intensité diminue ; Point 3 : lorsque les ondes atteignent les sédiments de la vallée, elles sont amplifiées et la durée de la secousse sismique est prolongée, augmentant le risque sismique dans la vallée. On peut donc avoir de forts dégâts relativement loin de l'épicentre du séisme en raison de ce phénomène.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Est-ce qu'il y a un séisme dans la plaine chaque fois que l'onde qui zigzag atteint la surface du sol? Réponse: Dans la plaine, toutes les ondes interfèrent entre elles pour former l'équivalent de la houle sur la mer. Cette agitation a lieu pendant toute la durée du tremblement de terre.

Est-ce à cause des alluvions que le séisme de 1946 a été ressenti à Lyon? Réponse: Les alluvions de la plaine n'ont qu'un effet régional. Certaines ondes ont été piégées dans les sédiments de la plaine, d'autres se sont propagées à travers les Alpes et ont été ressenties en France.

Animation 11 : effet de site 1946

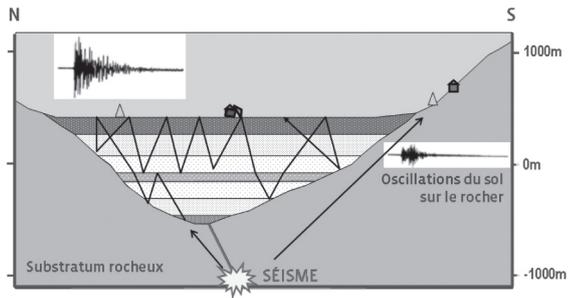


(Service sismologique suisse SED)

Commentaire :

Cette simulation du séisme de Sierre (1946) montre l'intensité des ondes sismiques ressenties dans la région Sion - Savièse. Le début de l'animation coïncide avec le déclenchement du séisme dont le foyer se trouve sur l'arrête cachée du cube. Les ondes sismiques se propagent depuis le foyer à travers le versant, puis se font piéger dans la vallée où la durée et l'amplitude des oscillations sont beaucoup plus importantes qu'ailleurs. Les ondes de plus forte amplitude sont de couleur rouge.

Animation 12 : effet de site Valais



Chemineurs des ondes sismiques dans le substratum rocheux et dans les alluvions de la vallée du Rhône

Commentaire :

Ce schéma met en animation les principes du document 9 : partant du foyer sismique, les ondes parcourent le rocher en s'atténuant avec la distance. Les ondes qui pénètrent dans le remplissage de sable et de gravier de la vallée (couches grises) sont réfractées, réfléchies et amplifiées par interférences. Les sismographes (cônes bleus) montrent la différence d'intensité et de durée des oscillations sismiques.



Le risque sismique

Objectifs :

Objectifs de ce cours :

- Comparer comment les sociétés anticipent la catastrophe, y font face dans l'urgence et se réorganisent après celle-ci.
- Comparer des cartes avec des photos.
- Exploiter un texte en le questionnant à l'aide de critères.
- Elaborer une synthèse (présentation orale, tableau, schéma, ...).
- Comprendre l'importance de la construction parasismique.
- Connaître les règles de comportement en cas de séisme.

Document 10 : Evolution du risque au cours du temps

Lors de l'événement de 1946, la plaine du Rhône était presque entièrement dédiée à l'agriculture et le séisme n'a pas permis d'évaluer les conséquences de l'effet de site sur le bâti. Certaines photos de l'époque tendent cependant à démontrer qu'il y a bel et bien eu des phénomènes de déstabilisation importante de sédiments de la vallée en certains endroits. Le boom immobilier des années cinquante à septante a fait de la plaine du Rhône le centre de l'économie et de la villégiature valaisanne. Dans ce contexte, la prise en compte de l'effet de site est primordiale en Valais. La région de Sion - Vissigen est particulièrement révélatrice de l'évolution du bâti dans la vallée du Rhône. Le risque est le produit du danger par la vulnérabilité du bâti et par sa valeur.

Réponse à la question posée :

Le risque sismique a-t-il diminué ou augmenté dans la vallée du Rhône depuis 1935 ?

Réponse : Il a augmenté car beaucoup de bâtiments et d'édifices ont été construits dans la vallée du Rhône depuis 1935, donc dans l'endroit le plus vulnérable. Si le danger n'a pas changé, le risque a nettement augmenté en fonction du coût et de la vulnérabilité des bâtiments.

Fiche d'élève 3 : L'effet de site

La fiche d'élève permet de tirer les mêmes conclusions par l'exploration de documents cartographiques. Les extraits des cartes de la région de Martigny en 1895

et 2006 illustrent la densification du tissu urbain et industriel dans la plaine, zone la plus propice aux effets de site. Le schéma du document 9 est fourni en rappel et permet de délimiter la zone la plus propice aux effets de site.

Encadré : Un séisme ! que faire ? :

Cet encadré rouge énumère les bons comportements à avoir en cas de séisme. Un dépliant disponible en pdf sur le DVD permet de les illustrer.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Pourquoi a-t-on construit à Vissigen, alors que le risque sismique y est important ? Réponse : Le choix des zones à bâtir n'a pas été fait en fonction du risque sismique, mais en fonction de critères économiques. Les bâtiments peuvent être construits dans la plaine du Rhône sans danger, pour autant qu'ils soient en règle avec les normes de construction parasismique imposées dans la plaine.

Les maisons avec cave sont-elles plus résistantes aux séismes ? Réponse : Non, la présence d'une cave n'est pas un facteur déterminant pour la résistance d'un bâtiment aux séismes.

Document 11 : Ce sont les bâtiments qui tuent... à moins de construire parasismique

La construction parasismique poursuit les objectifs fondamentaux suivants :

- protéger les personnes contre l'effondrement des ouvrages
- limiter les dommages aux ouvrages
- garantir le fonctionnement d'ouvrages importants (hôpitaux, postes de commandement, bâtiments du service du feu, ...)
- limiter les dommages consécutifs (incendies, pertes de production, ...)

Les normes de construction parasismique déterminent les directives à suivre pour qu'un ouvrage puisse être qualifié de « parasismique ». Tous les ouvrages ne doivent pas satisfaire aux mêmes conditions pour être qualifiés de parasismiques. Celles-ci dépendent de la valeur et de l'importance de l'ouvrage de la zone dans laquelle il se situe.

De manière générale tous les bâtiments résistent bien aux oscillations verticales car ils sont faits pour supporter leur propre poids avec un facteur de sécurité. Mais les bâtiments ne sont pas construits pour résister

aux oscillations horizontales, sauf les tours très élevées qui doivent résister aux vents.

Dans la séquence didactique, les 2 principes de construction parasismique suivants sont illustrés :

- **éviter les bâtiments sans refends (éléments verticaux capables d'encaisser des mouvements horizontaux sans se déformer démesurément).** En l'absence de ces refends, les étages risquent de s'effondrer les uns sur les autres. On parle alors d'effondrement en galette.
- **éviter les bâtiments avec un étage flexible.** L'effondrement des bâtiments, sous l'effet d'un séisme, est souvent dû à l'absence de refends au niveau du rez-de-chaussée. Cette configuration se présente par exemple lorsque le bâtiment possède des surfaces commerciales à ce niveau. Si le rez-de-chaussée est soutenu uniquement par des piliers, ceux-ci n'offrent pas suffisamment de «résistance» latérale au bâtiment. En cas de séisme majeur, les sollicitations dans les piliers dépassent leur limite de résistance et provoquent un effondrement du bâtiment à cet étage.

Les autres principes de construction parasismique sont :

- éviter les parois porteuses en maçonnerie non armée
- décomposer les bâtiments complexes en unités séparées par des joints
- séparer les bâtiments contigus par des joints
- prendre en compte la tenue sismique des fondations
- prendre en compte le comportement sismique du sous-sol
- ancrer les éléments de façade
- ancrer les parapets
- fixer les faux plafonds et les conduites
- retenir les installations et les équipements

Pour assainir les bâtiments existants, plusieurs parades sont utilisées, dont notamment :

- le renforcement du bâtiment par des contreventements (ex. hôpital de Brigue)
- la construction de mâts parasismiques (ex. bâtiment de la police à Sion)
- l'installation de câbles en aciers traversant le bâtiment (ex. bâtiment de la police à Sion)
- l'ajout de parois porteuses (ex. clinique pédiatrique de l'hôpital d'Aarau)

Pour toute construction parasismique, une collaboration

entre l'ingénieur et l'architecte est indispensable.

En Valais, la loi impose une construction parasismique pour tous les bâtiments neufs. En pratique, seuls les bâtiments comprenant plus de 2 étages sont soumis à une expertise.

Réponse à la question posée :

Quest-ce qui rend un bâtiment parasismique ?

Réponse : La mise en place de refends (murs en béton armé) sur toute la hauteur du bâtiment. Mais si les refends ont une mauvaise position (si leur centre de rigidité ne coïncide pas avec le centre de gravité des masses, s'ils sont par exemple uniquement placés dans un angle du bâtiment) l'ouvrage subira un effet de torsion durant le séisme, pouvant engendrer sa ruine.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Au Japon n'y a-t-il pas des maisons encore plus adaptées aux séismes ? Réponse: *Au Japon, d'autres techniques de construction parasismique sont également utilisées (amortisseurs, ...). Le cours présente les principes de construction parasismique de base couramment appliquées en Suisse.*

Est-ce que nos bâtiments sont sûrs ? Réponse: *Oui, pour autant qu'ils soient en règle avec les normes de construction parasismique imposées pour la zone dans laquelle est situé le bâtiment. A noter que ces normes concernent principalement les bâtiments de plus de 2 étages, plus vulnérables lors d'un séisme.*

Pourquoi au Japon, alors qu'il y a des maisons parasismiques, il y a plus de morts ? Réponse: *La magnitude des séismes au Japon est plus élevée et la densité de population plus importante. De ce fait, le danger et le risque sismique sont plus grands au Japon.*

Animation 13: entrechoc



Les bâtiments adjacents dont les dalles ne se trouvent

pas au même niveau ont tendance à osciller avec des fréquences différentes et à s'entrechoquer, provoquant des dégâts importants. Les bâtiments de cette animation ne répondent pas aux normes parasismiques.

Document I2 : La société et le risque sismique

Remarque : Les compétences développées dans cette partie de la séquence sont en lien avec le Plan d'Etudes Romand (PER).

En soi, un séisme n'est pas une catastrophe ; il le devient dès lors que des hommes en sont victimes (pertes humaines ou dégâts matériels). D'où l'accent mis sur l'analyse des caractéristiques de la société concernée.

Activité A : Complète le schéma en : 1) recherchant les documents qui illustrent chaque étape, 2) expliquant chaque étape à l'aide d'exemples.

Voir schéma complété en annexe.

Proposition de démarche :

Par groupe de deux, les élèves recherchent les documents (5-10 minutes) ; ils doivent pouvoir justifier leurs choix. Puis mise en commun où on explicitera la répartition des documents entre les différentes étapes. Ce travail prépare oralement la deuxième partie de l'activité qui consiste à expliquer chaque étape du schéma.

Remarques : Certains documents (9, 10, 11 en particulier) doivent être pris en compte pour plusieurs étapes. (voir schéma).

Complément pour la 2^e partie de l'activité

A : Caractéristiques de la société concernée

Proposition de démarche :

La mise en évidence des caractéristiques d'une société peut se faire à l'aide d'un *brainstorming* commun. L'enseignement guidera ensuite les élèves afin de compléter ensemble le schéma.

Il s'agit de faire prendre conscience aux élèves qu'il existe des différences d'appréciation du risque selon les sociétés. Ce phénomène est lié à la culture, aux valeurs dominantes et aux représentations: par exemple,

la vision fataliste (« on n'y peut rien ») ou techniciste (« tout problème a une solution technique ») ; ou encore, la tolérance face au risque (entre tolérance zéro et fatalité).

Dans l'urgence de la catastrophe

Il s'agit de permettre aux élèves d'intégrer les gestes qui sauvent (encadré rouge du cours n°3)

La catastrophe sur le long terme

Remarque: Comment après la catastrophe, la société concernée va-t-elle réagir? Comment va-t-elle s'adapter à ce nouveau contexte? Quelles sont les mesures prises? Les mentalités vont-elles changer?

Cette liste de questions n'est pas exhaustive mais elle permet de lancer la discussion avec les élèves.

Anticipation de la catastrophe

Prévention

Pour l'aspect « Choix des mesures par les autorités politiques » : c'est ici qu'interviennent les représentations (fataliste/techniciste), les priorités politiques du moment, le financement public, l'aménagement du territoire (comment occuper l'espace pour réduire les risques?), etc.

Remarque: La partie « prévention » permet également d'aborder des aspects de citoyenneté. Les mesures prises ou les normes édictées sont-elles évolutives, suffisantes, etc? Comment les faire changer? Quel est le poids des assurances dans notre société, en fonction de nos représentations?

Activité B : Complète le tableau de comparaison entre les différentes sociétés étudiées.

Voir schéma complété en annexe.

Proposition de travail de groupe :

Répartir les textes entre les élèves (constitution de groupes d'experts). Chaque groupe travaille sur un texte et complète la colonne du tableau qui convient. Ensuite, il présente son travail lors de la mise en commun afin d'élaborer ensemble le tableau de synthèse.

Ce travail en collaboration peut faire l'objet de l'évaluation de la séquence puisque les élèves doivent s'appropriier toutes les notions afin d'élaborer le tableau.

Proposition: En fonction de l'actualité, compléter le

tableau avec une ligne supplémentaire (ex : tremblements de terre de Bam, de Sichuan).

Activité C : Quels pourraient être les changements dans la gestion des risques sismiques en Valais depuis 1946 ?

Voir corrigé.

Mettre en évidence les changements de la société valaisanne depuis 1946 (urbanisation et rurbanisation de la plaine, melting-pot de la populations, PIB, ...)

Pour aller plus loin :

A l'aide des textes et documents qui te sont proposés et en utilisant le schéma, explique comment les différentes sociétés font face au risque sismique (la société japonaise, valaisanne, colombienne, turque, chinoise, iranienne...).

Certains textes sont proposés (Kobé, Sierre), les autres sont au choix de l'enseignant (cf. sites internet proposés). Cette activité peut se faire en lien avec l'actualité.

Remarque: Cette activité 4 est plus difficile puisqu'il faut faire une synthèse rédigée des informations (textes et schémas) et expliquer les phénomènes.

Elle peut servir d'évaluation finale pour la séquence, sous forme de travail de groupe.

Questions posées fréquemment par les élèves :

Si on coupe l'électricité on ne peut pas entendre la radio ? Réponse: *Il y a également des radios sur piles ou accus.*

Compléments bibliographiques

Cette bibliographie mise à jour sur le site du Crealp (www.crealp.ch) est téléchargeable en version pdf.

Weidmann M., en collaboration avec le service sismologique suisse (2003) : **Tremblements de terre en Suisse**. Verlag Desertina, Coire, 297 pp.

Bonnard & Gardel Ing.-conseils SA, Franzetti F. bureau d'architecture, KBM SA bureau d'ing., Résonance Ing.-conseils SA, P. Tissières bureau d'ing. (2000): **Guide de construction parasismique - Leitfaden für erdbebensicheres Bauen**. Edition française et allemande dans la série jaune (dangers naturels) du Crealp, 88 pp.

Lestuzzi P. (2008) : **Séismes et construction. Eléments pour non-spécialistes**. Presses polytechniques et universitaires romandes, EPFL, Lausanne, 124 pp.

Marthaler M. (2002) : **Le Cervin est-il africain? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète**. Editions L.E.P. Loisirs et Pédagogie S.A., Lausanne. 96 pp.

Buri M. (1994) : **Les roches**. Coll. Connaître la nature en Valais n° 1. Ed. Pillet, Martigny. 159 pp.

Sources sur internet

Cette liste de liens mise à jour sur le site du Crealp (www.crealp.ch) est téléchargeable en version pdf.

Les séismes en Suisse et en Valais :

Centre de recherche sur l'Environnement alpin (CREALP)
<http://www.crealp.ch>

Service sismologique suisse (SSS)
<http://www.seismo.ethz.ch>

Les séismes dans le monde (généralités) :

Site de U.S. Geological Survey Earthquake Hazards Program
<http://earthquake.usgs.gov/>

Site des ressources naturelles du Canada
http://seismescanada.rncan.gc.ca/gen_info/faq_f.php

Département de géologie et de génie géologique de l'Université de Laval, Canada
<http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s1/seismes.html>

SISMALP - Réseau Sismologique des Alpes
<http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/peda/seismes.html>

Séisme de Sichuan (Chine) – Portail de l'internet scientifique
<http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2859/chine-seisme-du-sichuan/>,

Séisme de Bam – Centre national de Recherche Scientifique CNRS
<http://www2.cnrs.fr/presse/thema/724.htm>

Cartes de séismes :

Service sismologique suisse (SSS)
<http://www.seismo.ethz.ch/redpuma/maps/worldmap.html>

Réseau National de Surveillance Sismique - Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg (EOST)
http://renass.u-strasbg.fr/NewServeur/Carte_interactives/ Carte_mondial_jour.html

Centre Sismologique Euro-Méditerranéen
<http://www.emsc-csem.org>

U.S. Geological Survey Earthquake Hazards Program
<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/recenteqsww/>

Liste des séismes :

Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg (EOST)
http://eost.u-strasbg.fr/pedago/fiche1/gros_seismes.fr.html

Photos de séismes :

SISMALP - Réseau Sismologique des Alpes
<http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/photos/monde/monde.html>

Glossaires :

Site du CRDP de l'Académie d'Amiens
http://crdp.ac-amiens.fr/edd/risques_majeurs/risk_maj_detailp3_seisme.htm

Site de la conception parasismique du CACESM AGADIR
<http://www.structureparasismic.com/GlossaireCPSis.htm>

Vidéos :

Site éducatif Terra Nova
http://www.dinosoria.com/video_seisme.htm