



Tremblements de terre (séisme)



Définition

Un tremblement de terre (ou séisme) est un ensemble de secousses du sol, qui se propagent d'un foyer situé dans les profondeurs de la terre (l'hypocentre) vers une grande partie de la surface du sol et l'intérieur de la terre ou vers le sol (PLANAT, 2009). En Suisse, les tremblements de terre sont liés aux mouvements à large échelle des plaques continentales africaine et européenne. Ces mouvements produisent des tensions dans la croûte terrestre, qui sont libérées sous la forme d'un tremblement de terre. Les secousses qui en résultent se propagent sous forme d'ondes depuis le foyer. En général, les ondes sismiques secouent la surface de la région de l'épicentre avec grande énergie. Le déplacement des failles dépend de la force du tremblement de terre et est plus ou moins visible à la surface.

Les séismes découlant des mouvements des plaques tectoniques sont appelés séismes tectoniques. Ils constituent la majeure partie des tremblements de terre dans le monde et la plupart d'entre eux se produisent en bordure des plaques tectoniques.

En Suisse, les causes des tremblements de terre peuvent être:

- l'effondrement de grottes, en particulier dans les régions karstiques («tremblement de terre du karst») ou à la suite d'un grand glissement de terrain; il s'agit alors de séismes d'effondrements;
- l'activité humaine, comme par ex. des explosions souterraines telles que des essais d'armes nucléaires: exploitation minière (par les affaissements), géothermique, de pétrole et de l'extraction de gaz, construction de barrages



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Exemples d'événements

6 avril 2009
L'Aquila (Italie)
séisme tectonique

Le 6 avril 2009 à 03h32, la terre tremble à L'Aquila. D'une magnitude de 6,3, le séisme cause la mort d'environ 300 personnes. Environ 1000 autres sont blessées et 28 000 se retrouvent sans abri pour une longue durée. Le tremblement de terre détruit 15 000 maisons d'habitation. Les secousses sont ressenties jusqu'à Rome et Pescara, ville située dans l'Est du pays sur les bords de la mer Adriatique. Quelques heures avant la secousse principale, deux secousses plus petites avaient eu lieu. Elles avaient fortement déstabilisé la population, mais celle-ci s'était laissé rassurer par une déclaration malheureuse d'un collaborateur du service sismologique italien (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia [INGV]) et avait renoncé en grande partie à dormir en plein air. Par la suite, des collaborateurs de l'INGV ont été poursuivis pour homicide involontaire. Le gouvernement italien a promis un montant s'élevant à 15 milliards d'euros pour la reconstruction. Celle-ci n'avance que très lentement. Trois ans après le séisme, le centre-ville de L'Aquila est toujours inhabitable. Un grand nombre des personnes ayant perdu leur toit suite au séisme habitent toujours dans des installations provisoires.

17 janvier 1995
Kobe (Japon)
séisme tectonique

Le 17 janvier 1995, à 5h46 heure locale, un tremblement de terre de magnitude 7,2 secoue Kobe. Le séisme et ses conséquences causent la mort de 5500 personnes. Environ 37 000 autres sont blessées et 310 000 personnes deviennent sans-abris. Plus de 200 000 bâtiments sont détruits et de nombreux incendies se déclarent. L'autoroute Hanshin (Hanshin Expressway), qui traverse la région de la ville de Kobe, se renverse sur une longueur de presque 5 km. Au moment du tremblement de terre, les bureaux et les entreprises étaient inoccupés, les magasins et les rues étaient vides et la circulation routière et ferroviaire venait à peine de commencer. Le nombre de victimes aurait pu être considérablement plus élevé si le séisme avait eu lieu à un autre moment de la journée. Le montant total des dégâts causés par le séisme est évalué à environ 100 milliards de francs.

18 octobre 1356
Bâle
séisme tectonique

Le 18 octobre 1356, Bâle est victime d'une série de violentes secousses et une grande partie des bâtiments est détruite. La magnitude du séisme est estimée entre 6,5 et 7. Il s'agit du tremblement de terre le plus puissant qui se soit produit au nord des Alpes au cours de ce dernier millénaire. Un grand nombre de maisons et le chœur de la cathédrale de Bâle s'écroulent. Des dommages sont constatés jusqu'à 50 km de distance. La ville prend feu et ce que le tremblement de terre n'avait pas détruit est la proie des flammes. Le feu fait rage pendant 8 jours, jusqu'à ce qu'il n'ait plus de combustible. Presque toutes les églises et quarante châteaux des environs sont endommagés. Le nombre de victimes est limité, une grande partie de la population ayant fui la ville après un précurseur: les estimations varient entre 100 et 2000 personnes.

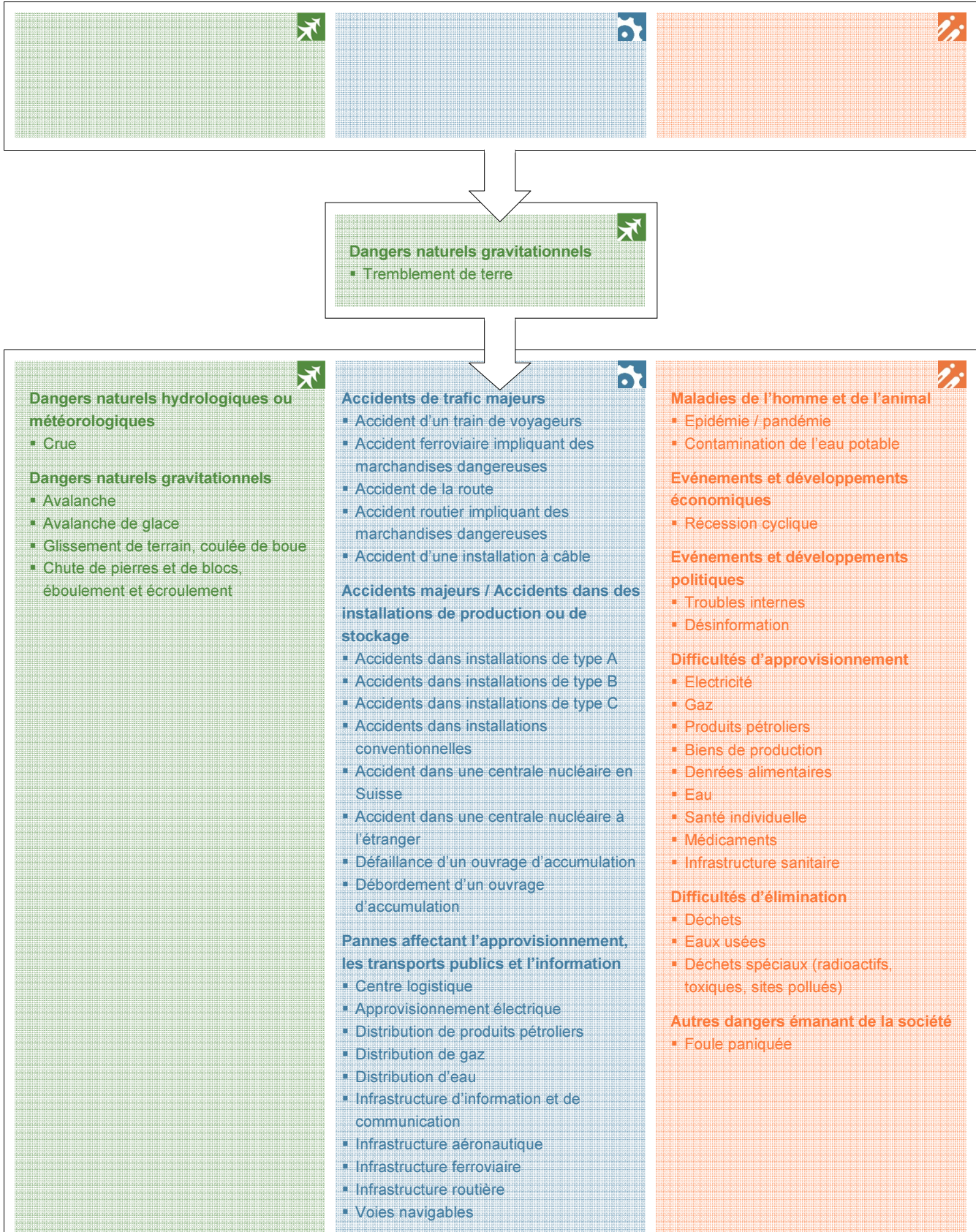
Facteurs d'influence

Les facteurs suivants peuvent influencer sur la survenance, l'évolution et les conséquences d'un événement.

Sources de danger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Type de cause: <ul style="list-style-type: none"> - tensions dans la croûte terrestre (mouvements de plaques tectoniques) - effondrement de grottes, en particulier dans les régions karstiques («tremblement de terre du karst») ou grands glissements de terrain - activité humaine (p.ex. explosions souterraines, extraction de pétrole et de gaz, construction de barrages ou de tunnels)
Occurrence temporelle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jour de la semaine et moment de la journée (d'où des différences de conséquences en fonction du lieu où se trouve le gros de la population, de la disponibilité des forces d'intervention, de l'aboutissement des messages d'alerte, etc.) ▪ Période de l'année (significative pour le sauvetage et l'évacuation des personnes ainsi que pour la prise en charge des sans-abris)
Lieu / étendue	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etendue de la zone sinistrée (échelle internationale, nationale, régionale ou locale) ▪ Propriétés locales du sol ▪ Caractéristiques de la zone affectée (densités de la population et des constructions, particularités des constructions et de l'infrastructure, existence de digues, d'ouvrages d'accumulation, d'installations chimiques, de centrales nucléaires, etc.)
Déroulement de l'événement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre, intensité et hypocentres des précurseurs ▪ Magnitude, hypocentre, mécanisme au foyer de la secousse principale ▪ Nombre, intensité et hypocentres des répliques ▪ Possibilités de fuite et comportement des personnes concernées ▪ Attitude des organisations concernées, des forces d'intervention et des autorités compétentes ▪ Réaction de la population et des milieux politiques

Interdépendances

Ci-après les événements et développements, tirés de l'inventaire des dangers potentiels de l'Office fédéral de la protection de la population (OFPP), pouvant être à l'origine ou la conséquence d'un tremblement de terre.



Scénario

Intensité

Divers événements d'intensité variable peuvent se produire en fonction des facteurs d'influence. Les scénarios ci-après sont une sélection, parmi de nombreux développements envisageables, et non pas une prévision. Ils permettent de présager les conséquences d'événements afin de s'y préparer.

1 – importante

- Intensité maximale du séisme de VII sur l'échelle macrosismique européenne (dégâts) dans la zone de l'épicentre
- Pas de réplique
- Dommages dans un rayon de 30 km
- Rayon de la zone sinistrée principale: 5 km
- Faible densité de l'infrastructure
- Moment de survenance: après-midi

2 – majeure

- Intensité maximale du séisme de IX sur l'échelle macrosismique européenne (destructions) dans la zone de l'épicentre
- Des répliques ont lieu
- Dommages dans un rayon de 80 km
- Rayon de la zone sinistrée principale: 25 km
- Forte densité de l'infrastructure
- Moment de survenance: à la fin du printemps, un matin d'un jour ouvrable

3 – extrême

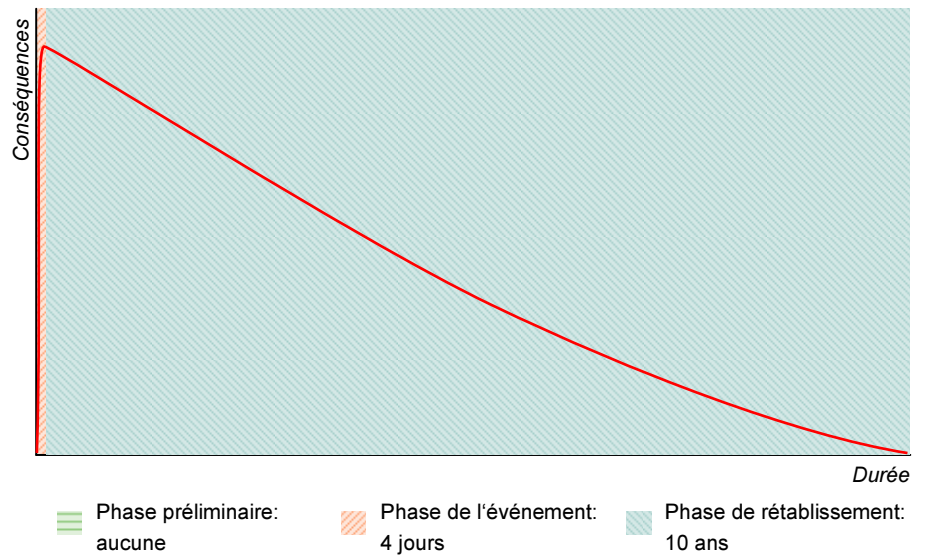
- Intensité maximale du séisme de XI sur l'échelle macrosismique européenne (catastrophe)
- Dommages dans un rayon de 120 km
- Rayon de la zone sinistrée principale: 40 km
- Forte densité de l'infrastructure
- Moment de survenance: en hiver, de nuit

Choix du scénario

Le scénario décrit ci-après se fonde sur une intensité «majeure».

Événement

Situation initiale/ Phase préliminaire	Les processus géologiques, et par conséquent les dangers sismiques, sont connus. Il n'y a pas de précurseur.
Phase de l'événement	<p>Un matin de fin de printemps, un tremblement de terre d'une force 6,7 secoue la Suisse. C'est un jour ouvrable, la plupart des personnes sont déjà arrivées à leur place de travail. Immédiatement après le séisme, la situation est marquée par le chaos, le manque de vue d'ensemble et le self-sauvetage.</p> <p>Peu après la survenance du séisme, on commence à sauver les personnes ensevelies, à éteindre les incendies et à stopper la libération de substances dangereuses. Les services techniques organisent les réparations indispensables et urgentes des infrastructures d'approvisionnement d'électricité et de télécommunications tombées en panne, ainsi que des infrastructures d'alimentation en eau et d'élimination des eaux usées.</p> <p>13 heures après la secousse principale, la région tremble à nouveau sous l'effet d'une forte réplique d'une magnitude de 5,2.</p> <p>Après quatre jours, les autorités et les organisations d'urgence ont une vue d'ensemble de la situation. L'aide d'urgence a atteint la majorité des personnes touchées. Les premiers jours sont marqués par de fortes pluies et des températures basses.</p>
Phase de rétablissement	<p>La remise en état de l'infrastructure et des bâtiments débute. Des répliques surviennent au cours de plusieurs semaines, mais leur intensité diminue de plus en plus.</p> <p>Après six mois, la situation revient lentement à la normale. La population retrouve un quotidien normal, mais des restrictions subsistent.</p> <p>Ce n'est qu'après plusieurs années que la reconstruction des bâtiments et des infrastructures détruites est menée à terme.</p>
Déroulement temporel	Le séisme ne dure que quelques secondes. La phase de l'événement, marquée par le chaos et les premiers travaux de sauvetage, dure environ quatre jours. Les conséquences constatées s'étendent sur une période d'environ 10 ans (cf. illustration).



Etendue spatiale

L'ensemble de la zone sinistrée est d'un rayon d'environ 80 km, des dommages sont constatés dans une grande partie de la Suisse. La zone sinistrée peut être divisée en deux parties. La zone sinistrée principale a un rayon d'environ 25 km. Au moment du tremblement de terre, environ 150 000 personnes se trouvaient dans cette zone. Les intensités y sont de IX (destructions) à VIII (dégâts importants). Dans le reste de la zone sinistrée, situé dans un rayon de 25 km à 80 km depuis l'épicentre, l'intensité varie entre VII (dégâts) et VI (dégâts légers).

Conséquences

Population

Dans la zone la plus touchée, des dommages importants aux bâtiments et aux infrastructures sont causés en quelques minutes. Des bâtiments qui s'effondrent, des éléments de construction qui tombent, et d'autres dommages font un grand nombre de victimes (morts, blessés, personnes ensevelies et personnes disparues).

Dans les agglomérations, un grand nombre d'incendies, d'explosions et fuites de matières dangereuses (gaz et liquides toxiques) sont enregistrés. Après le séisme, ces événements représentent une grave menace pour la population et les secours. La population est constamment à la merci de l'effondrement de bâtiments ou d'ouvrages d'art, dangers encore aggravés par les répliques secondaires.

La population est choquée et démunie. Dans un premier temps, elle est largement livrée à elle-même, car, au début, les secours sont ralentis par de nombreux obstacles, notamment par des pannes des infrastructures de communication. En raison des graves dommages aux bâtiments et de la peur de répliques, la majorité de la population dort en plein air pendant plusieurs jours, malgré le mauvais temps.

Comme un grand nombre de bâtiments sont détruits ou endommagés, de nombreuses personnes se retrouvent sans toit. Un grand nombre de personnes ne peuvent réintégrer leur domicile qu'après une inspection minutieuse de celui-ci. Ce processus prend des jours, voire des semaines. D'autres personnes ne peuvent plus retourner chez elles, leur maison étant inhabitable. Plusieurs mois passent avant que ces personnes puissent être installées un logement de remplacement.

Dans la zone sinistrée secondaire, quelques bâtiments s'effondrent lors du tremblement de terre ou sont en partie endommagés. De nombreuses personnes prennent peur et se précipitent dehors. Ici aussi, des bâtiments qui s'effondrent, des éléments de construction qui tombent et d'autres dégâts font quelques victimes. Des incendies, explosions et fuites de matières dangereuses (gaz et liquides toxiques) se produisent isolément, s'ajoutant aux menaces déjà mentionnées. Des constructions risquant de s'écrouler constituent également un danger potentiel.

Leurs appartements ou maisons étant inhabitables, de nombreuses personnes se retrouvent sans toit dans un premier temps. La plupart des personnes ne peuvent réintégrer leur domicile qu'après une inspection minutieuse de celui-ci.

En dehors des zones sinistrées indiquées, les dommages aux personnes sont négligeables.

Au total, on dénombre 3500 morts, 6000 blessés graves, 14 000 personnes souffrant de blessures de moyenne gravité et 30 000 blessés légers: ces personnes ont été victimes du tremblement de terre, ou lors des opérations de sauvetage ou des travaux de déblaiement. Ces nombres englobent les personnes souffrant d'un traumatisme psychique durable survenu à la suite de l'événement. Les premiers jours voire les premières semaines, on compte 500 000 personnes ayant besoin d'aide. A long terme (sur des mois, voire des années), 150 000 personnes ont besoin d'un logement provisoire ou d'un approvisionnement en denrées alimentaires et en eau potable en raison des dommages causés à leurs habitations.

Environnement

Dans la zone sinistrée principale, une usine chimique est fortement endommagée. Les citernes à mazout souterraines et quelques conduites de produits chimiques subissent des dommages. Des liquides toxiques s'échappent et polluent les cours d'eau à proximité. Les installations nucléaires ne sont pas touchées.

Dans la zone sinistrée secondaire, une installation d'épuration ne fonctionne plus. Les eaux usées, non traitées, s'écoulent dans la rivière à proximité, menacent un village du voisinage et polluent l'eau potable de la région.

En dehors des zones sinistrées, l'environnement est également touché par les accidents survenus dans les zones sinistrées principale et secondaire. Les substances toxiques de l'usine chimique polluent l'approvisionnement d'eau potable dans les villes et les villages situés en aval.

Au total, ce sont plus de 1000 km² de sol et de plans d'eau qui ont subi des dommages directement ou indirectement liés au séisme. La régénération de l'écosystème prendra des mois, voire des années.

Economie

Dans la zone sinistrée principale, environ 60 % des bâtiments ont subi des dommages moyens en quelques secondes. Ils sont inhabitables à long terme. Environ 30 % des bâtiments sont fortement endommagés et 3 % s'écroulent. Seuls environ 20 % des bâtiments n'ont pas subi de dommage et 20% ne sont que légèrement endommagés.

Diverses infrastructures (eau, énergie, transports) sont en partie gravement endommagées. En raison de l'état des pistes et des installations de contrôle aérien, plus aucun aéroport ne fonctionne. D'innombrables conduites et canalisations souterraines sont gravement endommagées. Par précaution, on vide les lacs de retenue. Les inspections effectuées ne révèlent que des dommages mineurs. D'autres dommages secondaires (interruption des voies de communication, etc.) surviennent dans les régions vallonnées suite à des glissements de terrain, des coulées de boue ou des éboulements.

Dans la zone sinistrée secondaire, le tremblement de terre provoque l'effondrement de quelques immeubles de construction simple ainsi que de bâtiments en mauvais état. En plus de cela, environ 2 % des bâtiments sont fortement endommagés, environ 6 % sont moyennement endommagés et 20 % sont légèrement endommagés. Environ 10 % des bâtiments sont inhabitables à long terme. Les pignons, corniches et cloisons de nombreux bâtiments se sont écroulés. En revanche, les immeubles de construction robuste et renforcée ont résisté à l'onde de choc.

Certains tronçons routiers ou ferroviaires sont légèrement endommagés. Il est toutefois possible de les réparer en peu de temps. Les ponts en mauvais état doivent être inspectés avant d'être rouverts. Quant aux aéroports, ils peuvent être remis en service rapidement. Peu de conduites et de canalisations ont subi des dommages considérables. Dans les régions vallonnées, des dommages se-

concordantes surviennent suite à des glissements de terrain, des coulées de boue ou des éboulements.

Aucun dommage notable aux bâtiments ou à l'infrastructure n'est relevé en dehors des deux zones sinistrées.

Au total, les coûts de maîtrise (y compris les coûts pour les forces d'intervention, les hébergements de secours et la prise en charge des personnes ayant besoin d'aide) sont considérables. Avec les dommages aux bâtiments, à l'infrastructure et à d'autres biens, les coûts s'élèvent à quelque 100 milliards de francs. L'économie souffre des dégâts matériels et du manque de ressources humaines et financières. L'événement provoque une perte de confiance en l'économie suisse. Le cours du franc suisse chute. Cela débouche sur une réduction de la capacité économique d'environ 27 milliards de francs.

Société

En plus des interruptions des canaux d'information et de communication, on constate des pénuries sévères pour les services tels que les soins médicaux d'urgence, les soins médicaux ambulatoires et stationnaires, les soins infirmiers et le transport de personnes dans les zones sinistrées. Des problèmes d'approvisionnement surviennent pour divers biens de première nécessité, comme l'eau potable, denrées alimentaires, médicaments, électricité, énergie de chauffage, gaz et vêtements. Durant la phase de l'événement, tous les biens et services importants de première nécessité font défaut dans la zone sinistrée principale. Dans une moindre mesure, cela vaut également pour la zone sinistrée secondaire. Beaucoup de dégâts ne peuvent être réparés provisoirement qu'après plusieurs jours ou plusieurs semaines. C'est par exemple le cas pour les infrastructures d'approvisionnement en gaz et en électricité, qui nécessitent des contrôles approfondis pour des raisons de sécurité.

Des problèmes d'approvisionnement surviennent également en dehors des deux zones sinistrées. Pour le secteur alimentaire, ces problèmes s'expliquent par les centres logistiques endommagés et par les voies d'accès réservées aux secours.

Une grande partie de la population est touchée par ces problèmes d'approvisionnement pendant plusieurs semaines.

Les événements tragiques ont pour effet de souder la population. La catastrophe déclenche un énorme élan de solidarité, dans le pays comme à l'étranger. Le mouvement d'altruisme est grand: directement après l'événement, des collectes ont lieu et des propositions d'aide sont émises.

Dans la zone sinistrée principale, des pillages ont lieu durant les premiers jours chaotiques suivant l'événement. Une présence de la police et de l'armée permet de mettre fin à ces pillages en peu de temps.

Dans toutes les régions, la population a un grand besoin d'informations fiables. Les difficultés rencontrées avec les canaux d'information et de communication ébranlent la confiance de la population envers les institutions étatiques. Les progrès effectués en matière de sauvetage et d'approvisionnement sont trop lents, selon la population. Nombreuses sont les personnes se sentant abandon-

nées. Dans les mois qui suivent l'événement, les questions relatives au financement des dommages non assurés et à un durcissement des prescriptions de sécurité sont longuement discutées. Des normes de construction meilleures sont exigées et mises en place. Dans l'ensemble, une perte de confiance en l'Etat est perceptible.

En outre, la réputation de la Suisse a souffert à l'étranger. La grande majorité des touristes boudent la Suisse. Des régions situées pourtant en dehors des zones sinistrées en ressentent également les conséquences. Cela est en partie imputable aux bulletins d'informations à l'étranger, qui ne mentionnent pas que les dommages sont limités à certaines régions seulement.

Dans la zone sinistrée principale, mais aussi dans la zone sinistrée secondaire, on déplore la perte et l'endommagement de plusieurs biens culturels, d'importance aussi bien régionale que nationale. Des biens culturels immeubles sont en partie fortement endommagés. Un grand nombre de biens culturels meubles sont ensevelis ou mis en danger par des conséquences du tremblement de terre (par ex. feu, pluie).

Diagramme des conséquences Illustration de l'ampleur des dégâts dans le scénario décrit, en fonction des indicateurs de dommage. Le dommage augmente du facteur 3 par classe d'ampleur.

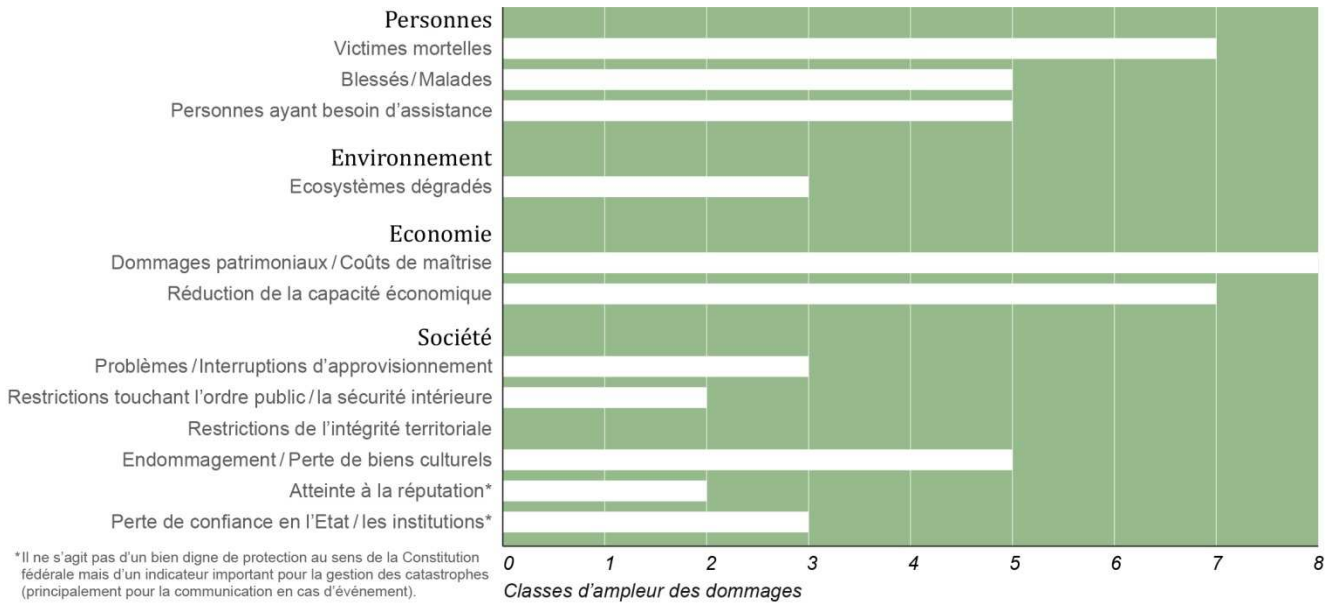
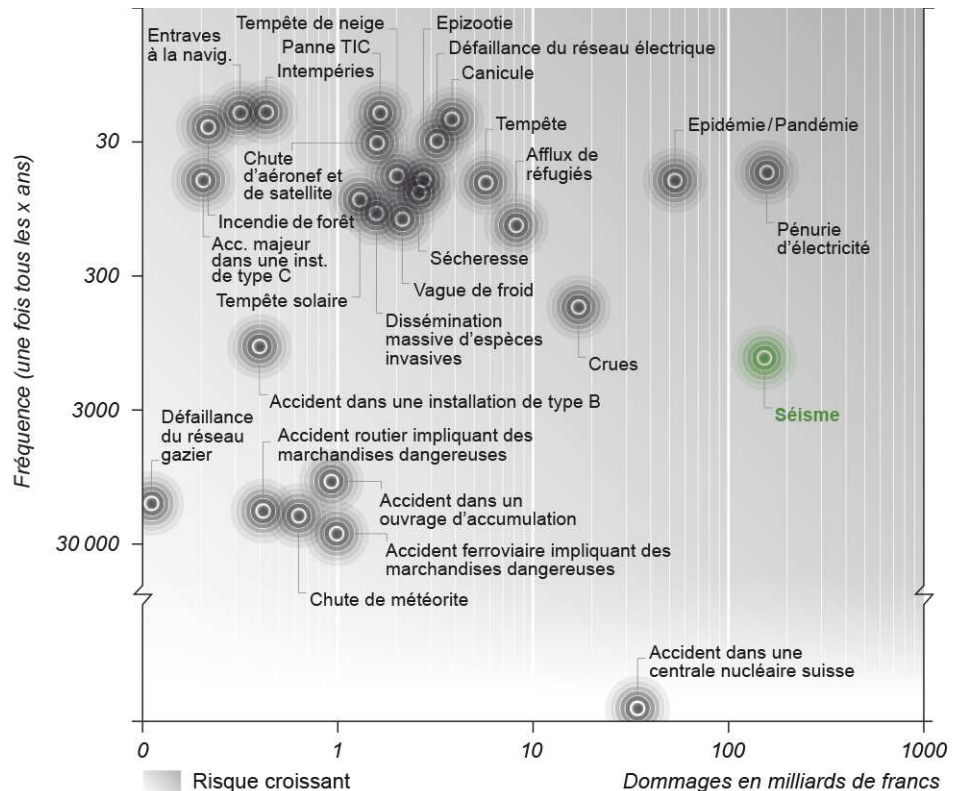


Diagramme des risques

Illustration du risque lié au scénario décrit, conjointement avec les autres mises en danger qui ont été analysées. Plus un scénario se situe en haut à droite, plus élevé résulte le risque qu'il simule. Les événements occasionnés volontairement sont attribués aux classes de plausibilité, les autres aux classes de fréquence. Les dommages sont agrégés et monétarisés.



Bases juridiques et références

Constitution	▪
Loi	▪ Loi fédérale du 4 octobre 2002 sur la protection de la population et sur la protection civile (LPPCi), RS 520.1.
Ordonnance	▪ Ordonnance du 20 octobre 2010 sur l'organisation des interventions en cas d'événement ABC et d'événement naturel (ordonnance sur les interventions ABCN); RS 520.17.
Autres documents et sources	<ul style="list-style-type: none">▪ Weidmann, M., 2002. Tremblements de terre en Suisse. Verlag Desertina. www.bebende.ch (état: 26.03.2012)▪ Centrale nationale d'alarme (CENAL), 2004. Plan d'intervention en cas de tremblement de terre en Suisse. www.naz.ch/fr/themen/erdbeben.html (état: 26.03.2012)▪ Plate-forme nationale «Dangers naturels» (PLANAT), 2009. Teil B: Anwendung des Risikokonzepts: Prozess Erdbeben, vorläufige Version Februar 2009. www.planat.ch/fileadmin/PLANAT/planat_pdf/alle/R1168d.pdf (état: 20.03.2012)▪ Office fédéral de l'environnement (OFEV), Section Mitigation des séismes et programme de mesures fédéral pour la réduction du risque sismique. www.bafu.admin.ch/séismes (état: 26.03.2012)▪ Ecole polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ), Service sismologique suisse (SSS). www.seismo.ethz.ch (état: 26.03.2012)
Source de la photo	▪ Keystone