

Séisme : gestion de crise et continuité d'activité

Aide aux exploitants d'infrastructures pour la vérification de leurs plans de prévention et d'urgence



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Séisme : gestion de crise et continuité d'activité

Aide aux exploitants d'infrastructures pour la vérification de leurs plans de prévention et d'urgence

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Works Association pour avoir mis à notre disposition les illustrations des exemples.

© OFEV 2019.

Auteurs

Alex Scheiwiller, Risk&Safety AG

Clotaire Michel, Risk&Safety AG

Ehrfried Kölz, Risk&Safety AG

Groupe d'accompagnement

Sven Heunert, OFEV, Berne

Markus Müller, OFEV, Berne

Nick Wenger, Office fédéral de la protection de la population, Berne

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2019: Séisme : gestion de crise et continuité d'activité.

Aide aux exploitants d'infrastructures pour la vérification de leurs plans de prévention et d'urgence.

Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1903 : 30 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Mise en page

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture :

BAFU

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uw-1903-f

(il n'est pas possible de commander une version imprimée.)

Cette publication est également disponible en allemand. La langue originale est l'allemand.

Remerciements

Nous tenons à remercier Mme Katrin Beyer de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, M. Xavier Bellagamba de l'Université de Cantorbéry, M. Roger Fairclough de *New Zealand Lifelines*, la société *Orion Networks* ainsi que l'*American Public*

Table des matières

Abstracts	5
------------------	----------

Avant-propos	6
---------------------	----------

1 Introduction	7
1.1 Objectif	7
1.2 Destinataires	7

2 Conséquences des séismes	8
-----------------------------------	----------

3 Vérification des plans	9
3.1 Conséquences des séismes sur la stratégie de crise	10
3.2 Conséquences des séismes sur les plans de prévention et d'urgence	11

Annexe A	
Dommages causés par les séismes	14

Annexe B	
Magnitude et fréquence des séismes	23

Annexe C	
Sécurité sismique	26
C1 Mise en œuvre des exigences normatives en Suisse	26
C2 Vérification de la sécurité sismique des ouvrages	26
C3 Amélioration de la sécurité sismique des ouvrages	27
C4 Éléments non-structuraux, autres installations et équipements	28

Bibliographie	29
----------------------	-----------

Abstracts

The Swiss federal government wishes to reduce the risk posed by earthquakes to all types of infrastructure. In addition to preventive measures, contingency and emergency planning is key to minimising the impact of earthquakes. This publication shows how infrastructure managers can review their contingency and emergency plans to take account of earthquakes, and sets out some basic principles and essential information about earthquakes and the earthquake resistance of infrastructure.

La Confédération souhaite réduire le risque sismique pour les infrastructures. Parallèlement aux mesures préventives, les plans de prévention et d'urgence visant à diminuer les conséquences des séismes jouent ici un rôle essentiel. Cette publication montre de quelle manière les exploitants d'infrastructures peuvent vérifier la prise en compte des séismes dans leurs plans de prévention et d'urgence. Dans cette optique, elle présente les informations nécessaires en matière de séismes et de sécurité sismique pour les infrastructures.

Der Bund möchte das Erdbebenrisiko von Infrastrukturen generell reduzieren. Neben den präventiven Massnahmen spielen dabei Vorsorge- und Notfallplanungen zur Minimierung der Auswirkungen von Erdbeben eine zentrale Rolle. Diese Publikation zeigt auf, wie Betreiber von Infrastrukturen ihre Vorsorge- und Notfallplanungen hinsichtlich der Berücksichtigung von Erdbeben überprüfen können. Es werden dazu die notwendigen Grundlagen und Informationen über das Phänomen Erdbeben und über die Erdbebensicherheit von Infrastrukturen dargestellt.

La Confederazione vuole ridurre in generale il rischio sismico delle infrastrutture. Per ridurre al minimo gli effetti dei terremoti, oltre alle misure preventive hanno un ruolo centrale i piani di prevenzione e di emergenza. La presente pubblicazione mostra come i gestori di infrastrutture possono rivedere i loro piani di prevenzione e di emergenza per quanto riguarda i terremoti. A tal fine, sono illustrate le basi e le informazioni necessarie sul fenomeno dei terremoti e sulla sicurezza sismica delle infrastrutture.

Keywords :

earthquake, earthquake damage, earthquake resistance, continuity management, crisis management, emergency plan(ning), emergency strategy, review, contingency plan(ning).

Mots-clés :

séisme, dommages sismiques, sécurité sismique, continuité d'activité, gestion de crise, plan d'urgence, stratégie de crise, vérification, plan de prévention.

Stichwörter :

Erdbeben, Erdbebenschäden, Erdbebensicherheit, Kontinuitätsmanagement, Krisenmanagement, Notfallplanung, Notfallstrategie, Überprüfung, Vorsorgeplanung.

Parole chiave:

terremoti, danni sismici, sicurezza sismica, gestione della continuità, gestione delle crisi, pianificazione delle emergenze, strategia di emergenza, esame, pianificazione preventiva.

Avant-propos

Dans le cadre de sa stratégie de gestion des dangers naturels, la Confédération entend réduire le risque sismique dans son domaine de compétence, notamment au niveau des infrastructures. À cet effet, elle met l'accent sur le respect systématique des normes de construction en vigueur et des autres directives applicables aux ouvrages et installations soumis à son approbation. Toutefois, l'observation des règles techniques reconnues en matière de construction et d'entretien des infrastructures ne conduit à une réduction notable du potentiel de dommages qu'à moyen et long terme. De plus, les secousses sismiques proches de l'épicentre d'événements violents peuvent largement dépasser les valeurs définies dans les normes. Ainsi, de tels événements peuvent causer des dommages malgré la mise en œuvre de mesures préventives.

Si les exploitants d'infrastructures disposent généralement d'un système de gestion de crise et de la continuité d'activité permettant de diminuer, dans l'espace et dans le temps, les dommages subséquents et les interruptions d'exploitation, ils tiennent rarement compte des spécificités propres aux événements majeurs (comme les séismes) dans l'élaboration de leurs plans de prévention et d'urgence. Dans le cas d'un séisme, il importe d'intégrer correctement aux planifications génériques disponibles certains aspects, telles la taille de la zone sinistrée et donc la vulnérabilité des réseaux complexes, qui jouent un rôle primordial.

La présente publication montre de manière générale aux exploitants d'infrastructures les principales pistes de réflexion indispensables à une prise en compte pragmatique des spécificités de l'événement sismique dans le cadre de la mise à jour de plans de prévention et d'urgence existants. Elle expose les aspects pertinents d'un séisme ainsi que ses caractéristiques afin de permettre aux exploitants d'évaluer les conséquences des séismes sur leur entreprise et leur gestion de la continuité d'activité. Je tiens à remercier toutes celles et tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce document de base qui, j'en suis sûr, comblera un vide dans la pratique.

Paul Steffen
sous-directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

1 Introduction

1.1 Objectif

Les séismes surviennent soudainement et il est impossible de les prédire. Dans le meilleur des cas, le délai de l'alerte précoce en Suisse est de dix secondes. Par conséquent, les mesures préventives constituent le principal moyen de réduire les risques consécutifs aux séismes.

La présente publication vise à soutenir les exploitants d'infrastructures lors de l'évaluation et de l'inclusion du séisme dans leur gestion de crise et de la continuité d'activité. Elle fournit une vue d'ensemble des conséquences des séismes et informe sur la manière dont les plans de prévention et d'urgence peuvent être vérifiés pour ce qui est de la prise en compte des séismes.

1.2 Destinataires

La publication s'adresse à la direction des entreprises exploitant des infrastructures et aux responsables de la gestion de crise ainsi que de la gestion de la continuité d'activité au sein de l'entreprise.

2 Conséquences des séismes

Un séisme provoque, durant un laps de temps pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de secondes, des secousses rapides du sol dans toutes les directions, principalement horizontales. Selon la magnitude et l'épicentre du séisme, le sol se déplace de l'ordre de quelques millimètres à plusieurs décimètres. Ces secousses menacent les structures porteuses et autres éléments des ouvrages et des infrastructures. Selon leur intensité et la nature de la construction, il en résulte des dommages plus ou moins graves pouvant aller jusqu'à l'effondrement. Le mobilier, les installations et les équipements peuvent se déplacer, être renversés ou arrachés.

Outre les effets directs des secousses sur les bâtiments et les installations, les séismes peuvent avoir des effets environnementaux, techniques ou sociaux. Le dossier « Tremblements de terre », élaboré dans le cadre de l'Analyse nationale des dangers (OFPP 2015b), dresse le tableau des effets directs et des effets induits, dont voici les principaux :

- Incendies et explosions déclenchés par des fuites de substances dangereuses (gaz), des chauffages et des lignes électriques défectueux
- Chutes de pierres, éboulements, glissements de terrain ou avalanches
- Tassements ou déplacements latéraux du sol en raison de sa liquéfaction
- Inondations dues à la liquéfaction du sol ou au déversement de l'eau des lacs à la suite, p. ex., de chutes de pierres ou de ruptures de barrages
- Déplacements locaux du sol lorsque la faille atteint la surface

Les conséquences des séismes présentent notamment les caractéristiques suivantes :

- En général, la zone touchée est vaste et peut s'étendre sur des dizaines de kilomètres. Plusieurs infrastructures d'un même exploitant peuvent donc être affectées simultanément.
- Les dommages causés à l'infrastructure peuvent provoquer la restriction voire l'arrêt des prestations fournies (p. ex., approvisionnement énergétique, télécommuni-

cations et transports). Il faut également s'attendre à des pénuries de personnel. Ces conséquences surviennent généralement de manière simultanée, compliquant ainsi l'exploitation en mode dégradé ou la mise en œuvre des mesures d'urgence.

- Étant donné que des exploitants de nombreuses infrastructures sont concernés en même temps, des ressources similaires (personnel, matériel, moyens de transport) sont utilisées pour assurer l'exploitation en mode dégradé, ce qui peut engendrer une pénurie de ressources.

L'annexe A répertorie les dommages typiques causés aux infrastructures en cas de séisme ainsi que leurs principales conséquences, qu'elle illustre au moyen de trois exemples concrets.

3 Vérification des plans

La méthode permettant de tenir compte des conséquences des séismes dans la vérification des plans s'articule autour de la structure typique de la gestion de crise et de la gestion de la continuité d'activité. En voici les principaux éléments :

Processus et activités critiques	Les prestations de service primordiales, les processus et activités critiques correspondants ainsi que les ressources et infrastructures nécessaires constituent le fondement de la gestion de la continuité d'activité. Lors de la définition de ces éléments, les exploitants d'infrastructures critiques doivent également tenir compte des conséquences des éventuelles défaillances sur la protection de la population (OFPP, 2015a et OFPP, 2018b).
Analyse des risques	Une analyse des risques permet d'identifier les risques pertinents qui affectent les prestations de service primordiales et les processus critiques. L'annexe B fournit des informations qui peuvent être utilisées pour évaluer l'importance du séisme pour une infrastructure donnée.
Stratégie de crise	La stratégie de crise détermine la façon dont l'exploitation doit être maintenue en cas de défaillances dans les processus critiques.
Plans de prévention et d'urgence	Les plans de prévention et d'urgence mettent en œuvre la stratégie de crise définie.

Les chapitres 3.1 «[Stratégie de crise](#)» et 3.2 «[Plans de prévention et d'urgence](#)» décrivent les principales conséquences des séismes et les dispositions à prendre pour réduire celles-ci. Les annexes A à C contiennent des informations de base essentielles à une bonne compréhension :

- Annexe A : Dommages typiques causés aux infrastructures
- Annexe B : Magnitude et fréquence des séismes
- Annexe C : Fondements de la sécurité sismique des infrastructures en Suisse

3.1 Conséquences des séismes sur la stratégie de crise

Stratégie de crise	
Emplacement de l'infrastructure, sécurité sismique et protection contre les effets induits	
Problématique	<p>Zone sinistrée :</p> <ul style="list-style-type: none"> En règle générale, les zones touchées par les séismes sont vastes. Les exploitants peuvent donc subir des dommages sur plusieurs sites. <p>Dommages considérables aux structures porteuses ou aux éléments, installations et équipements non structuraux :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les ouvrages essentiels au maintien de l'exploitation ne peuvent plus être utilisés (effondrement, menace d'effondrement). Des personnes se trouvant dans les bâtiments au moment du séisme sont piégées, blessées ou tuées par la chute d'éléments. <p>Effets induits :</p> <ul style="list-style-type: none"> Les événements naturels induits par les séismes (crues, glissements de terrain, éboulements, chutes de pierres, etc.) endommagent les ouvrages et installations ou bloquent les routes d'accès. Les fuites de substances dangereuses résultant de la détérioration d'installations entraînent des incendies ou des explosions.
Dispositions à prendre	<p>Vérifier la sécurité sismique de l'infrastructure ainsi que le danger éventuel lié aux effets induits sur les sites concernés et en fonction de la stratégie de crise (cf. annexes B, C2 et C3) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sécuriser l'infrastructure sur le plan sismique afin de garantir le maintien des processus critiques, prévoir des systèmes redondants qui fonctionnent également en cas de séisme (prévenir les défaillances dues à une cause commune) Délocaliser les infrastructures essentielles (par ex., centres opérationnels, sites de production, entrepôts) vers des sites décentralisés Définir d'autres sites ou entreprises susceptibles d'être utilisés pour assurer temporairement la production, dans l'idéal sur la base des résultats d'une analyse globale des risques conformément au « Guide pour la protection des infrastructures critiques » (OFPP, 2015a) <p>Démarche pour la sécurisation sur le plan sismique :</p> <ul style="list-style-type: none"> Vérifier la vulnérabilité des ouvrages en fonction de l'aléa sismique local et vérifier la sécurité sismique conformément à la norme SIA 269/8 Améliorer la résistance des ouvrages aux séismes en fonction des résultats de la vérification et des exigences définies pour l'exploitation en mode dégradé <p>Démarche pour la sécurisation des installations contre les effets induits :</p> <ul style="list-style-type: none"> Protéger les objets : examiner l'aléa sur la base des cartes de dangers naturels, évaluer et mettre en œuvre des mesures adéquates si des zones de danger sont identifiées Sécuriser les installations et protéger les bâtiments contre les incendies et les explosions : analyser des plans et des mesures de sécurité en vue de réduire les effets induits

Stratégie de crise	
Réseaux parasismiques et systèmes complexes	
Problématique	Dans le cas de systèmes complexes, il est difficile de déterminer les conséquences des séismes en évaluant les éléments individuels.
Dispositions à prendre	<p>Les analyses de vulnérabilité existantes peuvent servir de base pour obtenir une première vue d'ensemble (voir annexe C3).</p> <p>Plusieurs modèles ont été mis au point à l'international pour déterminer de manière précise les conséquences d'un séisme sur les systèmes. Le projet STREST (www.strest-eu.org) de l'Union européenne a permis l'élaboration d'un modèle visant à définir les éventuelles conséquences des catastrophes naturelles, y compris des séismes, sur les infrastructures non nucléaires. Certains modèles similaires sont intégrés au logiciel HAZUS de l'agence américaine FEMA (Federal Emergency Management Agency), d'autres, comme le logiciel Openquake de la fondation GEM (Global Earthquake Model Foundation), sont en développement.</p> <p>Démarche :</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyser des scénarios pertinents au moyen de l'un des modèles proposés et comparer les résultats avec la stratégie de crise définie dans le cadre de la gestion de la continuité Évaluer les vulnérabilités qui en résultent et, le cas échéant, adapter la stratégie de crise et les plans de prévention et d'urgence en conséquence

3.2 Conséquences des séismes sur les plans de prévention et d'urgence

Plan de prévention	
Mesures transitoires	
Problématique	En général, les séismes touchent simultanément de nombreux exploitants d'infrastructures, en raison de l'étendue de la zone sinistrée. Ces derniers recourent alors tous à des ressources similaires pour assurer une exploitation en mode dégradé, ce qui peut conduire à une pénurie (personnel, matériel, voies de communication).
Dispositions à prendre	<p>Vérifier les mesures transitoires en ce qui concerne les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planifier les réserves et le réapprovisionnement nécessaires à l'exploitation en mode dégradé au moyen de batteries, de groupes électrogènes, etc. • Faire appel à d'autres exploitants d'infrastructures pour pallier les pénuries de personnel et de ressources (accords contractuels d'assistance mutuelle en cas d'urgence avec des exploitants qui ne sont pas touchés par le même séisme) • Planifier l'arrêt sécurisé de l'exploitation (option à considérer)
Plan de prévention	
Veiller à l'efficacité des plans grâce aux éléments non-structuraux, aux installations et aux équipements résistants aux séismes	
Problématique	<p>La structure porteuse présente des dommages limités et reste utilisable. Des dommages surviennent aux éléments non-structuraux, aux installations et aux équipements (p. ex., renversement d'installations, de mobilier, effondrement de cloisons et de plafonds, chute d'objets et d'éléments des installations) ainsi qu'aux personnes et entravent le bon fonctionnement de l'infrastructure.</p> <p>En conséquence, l'utilisation d'installations ou de parties de bâtiments n'est possible que de manière limitée, voire pas du tout, et le fonctionnement de l'infrastructure s'en trouve compromis.</p>
Dispositions à prendre	<p>Sécuriser sur le plan sismique les éléments non-structuraux, les installations et les équipements (dans les locaux tels que les centres opérationnels et les installations d'exploitation) nécessaires au maintien des processus critiques (cf. annexe C4)</p> <p>Démarche :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrôler la sécurité sismique des éléments non-structuraux, des installations et des équipements sur la base de la publication de l'OFEV (OFEV 2016b) • Appliquer les mesures de sécurité nécessaires pour réduire la vulnérabilité des éléments non-structuraux
Plan d'urgence	
Comportement à adopter en cas de séisme	
Problématique	<p>Les individus ignorent les dangers liés à la chute d'éléments et d'objets ou au renversement d'étagères et d'armoires. Un comportement inadapté peut entraîner des dommages corporels et semer la panique. Ils ne connaissent pas les mesures d'urgence relatives à l'exploitation qu'il convient d'appliquer, ce qui peut engendrer des dommages à la suite de manquements dans le pilotage de l'exploitation ou de réactions inappropriées.</p>
Dispositions à prendre	<p>Mettre en place des directives de crise (séisme) avec les indications suivantes (pour des exemples, cf. SED, 2016) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comportement à adopter pendant un séisme : autoprotection (par ex., se mettre à couvert dans les bâtiments) • Comportement à adopter après un séisme : autoprotection (p. ex., rechercher des zones sécurisées telles qu'un point de rassemblement, agir en respectant les directives et en tenant compte des communiqués officiels), mise en œuvre de mesures d'urgence relatives à l'exploitation par les personnes définies (p. ex., arrêter ou mettre hors tension des installations, contrôler les systèmes de sécurité) <p>Remarques concernant les directives en cas d'urgence :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le point de rassemblement doit être situé dans un lieu « parasismique », qui n'est pas menacé, p. ex., par l'effondrement de bâtiments. • Il se peut qu'une partie du personnel ne soit plus apte à intervenir (personnes décédées, blessées, piégées, choquées ou ayant peur pour leurs proches).

Plan d'urgence Évaluation des dommages après un séisme	
Problématique	Du fait de l'étendue de la zone sinistrée, l'évaluation des dommages est rendue difficile par les dommages causés aux personnes ou à l'environnement, par la défaillance des installations de surveillance ou par la capacité limitée des voies de circulation. Les défaillances dues à des dommages directs causés aux installations ou aux réseaux de communication ne sont pas identifiées ou le sont partiellement.

- Dispositions à prendre
- Vérifier les instructions concernant l'évaluation de la situation pour ce qui est des points suivants :
- Constater les dégâts : fixer les priorités (dans le temps et l'espace) concernant les évaluations à effectuer relatives à l'infrastructure et aux systèmes (installations, réseaux) en fonction de la criticité des processus ou de l'ampleur du danger pour les personnes et l'environnement
 - Recruter du personnel qualifié à même de réaliser une évaluation de la situation sur place
 - Prévoir les moyens de transport et de communication ainsi que le matériel nécessaire
 - Garantir l'accès à la documentation relative à l'infrastructure et aux systèmes, et ce même en cas de panne du système (p. ex., mise à disposition de la documentation au format papier)
 - Assurer la communication avec les responsables des services d'intervention dans le but d'informer sur la situation et d'ajuster les mesures à prendre

Plan d'urgence Évaluation des bâtiments après un séisme	
Problématique	Structure porteuse : <ul style="list-style-type: none"> • Les bâtiments, ouvrages et installations présentent des fissures dans la structure porteuse, les murs extérieurs, les murs intérieurs ou les plafonds. • Il n'est pas clair si leur utilisation est sans danger. Éléments non-structuraux, autres installations et équipements : <ul style="list-style-type: none"> • Des dommages tels que la chute de faux plafonds, le renversement d'armoires, de réservoirs, de batteries, etc., sont constatés. • L'élément, l'installation ou l'équipement ne peut être utilisé qu'après dégagement, sécurisation ou remise en état provisoire.

- Dispositions à prendre
- Avant toute utilisation, les infrastructures doivent être examinées par des experts. Ainsi, les infrastructures concernées restent fermées (systèmes hors service) jusqu'à évaluation. Il est possible d'évaluer les bâtiments d'habitation conformément au « Manuel pour l'évaluation des bâtiments après un tremblement de terre » (OFPP, 2010). Avant une réouverture et une remise en service des systèmes, c'est-à-dire avant l'utilisation de l'infrastructure, il convient également de contrôler les éléments non-structuraux, les autres installations et les équipements afin d'y déceler des dommages et, le cas échéant, de les sécuriser ou de les remplacer.

Les éléments suivants sont nécessaires à l'évaluation de l'infrastructure (cf. aussi Remarques) :

- Planification prévisionnelle avec procédure de vérification des bâtiments et des installations
- Données de contact des experts à même d'effectuer une vérification des bâtiments ou des autorités/organisations qui peuvent rediriger vers des experts
- Documentation relative à l'ouvrage (p. ex., convention d'utilisation, plans de la structure porteuse, système statique, matériaux de construction). Outre les informations sur la structure porteuse, celles sur les installations techniques, y compris les conduites, les réservoirs, etc., sont, elles aussi, essentielles pour les entreprises.

Remarques :

- Les experts peuvent également définir une procédure permettant une auto-évaluation des dommages causés aux bâtiments par un séisme. Sur la base d'analyses plus approfondies, il est possible, p. ex., de définir des valeurs limites à partir desquelles réaliser les évaluations des bâtiments ou les contrôles des éléments non-structuraux.
- Dans l'idéal, il convient de coordonner la procédure d'évaluation des infrastructures avec le canton. Les aspects organisationnels à prendre en compte sont décrits dans le « Guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments » (OFPP, 2018a). En général, c'est la cellule de crise cantonale qui fixe les évaluations prioritaires, les experts n'étant rapidement plus disponibles en cas de séisme.

Plan d'urgence Prévention des dommages subséquents à un séisme	
Problématique	<p>Situation complexe :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le réseau est endommagé en plusieurs endroits. • Les techniques de contrôle et de communication sont endommagées (p. ex., systèmes de commande à distance défaillants, contrôle difficile des systèmes, moyens de communication en panne). • Les processus d'exploitation se déroulent de manière incontrôlée en raison de conduites rompues, de vannes endommagées, de systèmes de refroidissement défaillants, etc. • Il existe des dangers inhérents aux infrastructures (p. ex., fuite de substances dangereuses, courants vagabonds). <p>Impacts sur les mesures d'urgence prévues :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les ressources nécessaires à la sécurisation de la situation (moyens de transport et de communication, matériel, personnel) ne sont plus ou plus entièrement disponibles. • Les voies de circulation ne sont accessibles que dans une mesure restreinte. En conséquence, l'accès aux infrastructures, aux installations ou aux zones sinistrées ainsi que le transport du matériel peuvent être limités. • La communication au sein de l'organisation de crise et avec les services d'intervention d'urgence est difficile. • Des fuites de substances dangereuses mettent le personnel en danger.
Dispositions à prendre	<p>Vérifier les plans d'urgence afin de sécuriser la situation pour ce qui est des points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer les secteurs d'intervention des systèmes (réseaux, installations) garantissant une mise hors service rapide (encapsulation) • Déterminer la procédure de mise hors service des systèmes (éléments de réseau ou d'installation, ensemble du réseau ou de l'installation) : définir les priorités, mesures de sécurisation (par ex., commutateurs, commandes de vannes, arrêt de l'afflux ou du reflux de fluides, coupure de l'alimentation en énergie, etc.), coordination avec d'autres exploitants pour éviter toute rétroaction avec des systèmes de niveau supérieur • Utiliser le temps de l'alerte précoce d'au maximum dix secondes pour exécuter des commandes automatiques, p. ex., pour fermer des vannes (conduites de gaz) ou stopper un train (OFEV 2014) • Déterminer des voies d'accès ainsi que des moyens de transport alternatifs • Présenter des scénarios plausibles en cas d'échec des mesures de sécurisation afin d'être à même d'estimer l'étendue potentielle du sinistre (bases sur lesquelles l'organisation de crise ou les services d'intervention peuvent s'appuyer pour maîtriser l'événement.) • Sécuriser les bâtiments et installations endommagés ainsi que le site de l'entreprise pour empêcher tout accès non autorisé • Clarifier les rôles avec les services d'intervention (responsabilités, possibilités de soutien pour ce qui est de contenir les fuites de substances et de porter secours aux personnes)

Annexe A Dommages causés par les séismes

Les conséquences des séismes varient selon leur magnitude, la localisation de leur épicentre et la zone affectée. Le tableau 1 énumère, sur la base des observations de séismes passés, les dommages typiques causés aux infrastructures et leurs principales répercussions, dont il faut tenir compte dans la gestion de crise. Les tableaux 2 à 4 répertorient, à titre d'illustration, les dommages causés par les séismes de Yountville en 2000, de L'Aquila en 2009 et de Christchurch en 2011.

Il est possible de classer de manière approximative la vulnérabilité des infrastructures face aux séismes, et donc la probabilité de dommages, comme suit (vulnérabilité décroissante): bâtiments, y c. éléments non-structuraux, autres installations et équipements, murs de soutènement, ponts, réseaux souterrains, tunnels.

Tableau 1

Dommages typiques causés par les séismes à des infrastructures sélectionnées et conséquences sur l'exploitation ayant également une influence sur la gestion de crise ; exemples illustrés (séisme, année)

Alimentation électrique

Dommages

- Effondrement de postes électriques (en particulier dans le cas de constructions en maçonnerie ou en préfabriqué)
- Destruction de transformateurs ou d'appareil à haute tension (tels que les isolateurs)
- Renversement de batteries de secours ou d'armoires de commande
- Dommages causés aux pylônes du fait des secousses, des affaissements, des déplacements latéraux du sol ou des chutes de pierres
- Rupture de câbles du fait des affaissements, des déplacements latéraux du sol ou de l'endommagement de pylônes

Conséquences

- Rupture d'approvisionnement électrique
- Indisponibilité de l'ensemble des installations alimentées en électricité et des processus associés, sauf si alimentation de secours
- Rupture totale d'approvisionnement électrique en cas de panne simultanée de l'alimentation de secours (une panne totale se produit également lorsque la batterie de secours ou la réserve de carburant est épuisée.)
- Danger pour les personnes à proximité immédiate de lignes électriques endommagées ou d'installations sous tension (courants vagabonds)



Dommages aux batteries de secours (Chichi, 1999)¹



Dommages causés à un poste électrique non renforcé comparés à un poste renforcé (Christchurch, 2011)²

¹ TCLEE

² avec l'aimable autorisation d'Orion Networks et New Zealand Lifelines

Approvisionnement en gaz naturel et en pétrole

Domages

- Dommages causés aux citernes de gaz ou de gaz liquéfié et fuites de gaz
- Dommages causés aux installations de distribution et aux installations de réduction de pression
- Fuites ou ruptures de canalisations du fait des glissements de terrain, des tassements différentiels ou des déplacements latéraux du sol
- Renversement et chute d'installations (chaudières, cuisinières à gaz, etc.) chez les particuliers

Conséquences

- Défaillance de l'approvisionnement en gaz naturel
- Arrêt de la production de chauffage ou d'eau chaude
- Défaillance de la production énergétique nécessaire à l'exploitation si impossibilité de recourir à d'autres sources d'énergie
- Défaillance de l'ensemble des moyens de transport une fois la réserve de carburant épuisée
- Risques d'incendie et d'explosion à proximité des fuites du fait des rejets de gaz



Rupture d'une conduite de gaz (L'Aquila, 2009)³



Rupture de la conduite d'alimentation due au soulèvement de la citerne causé par le mouvement du contenu liquide (dans ce cas une citerne d'eau)⁴

³ Esposito et al., 2013, avec l'aimable autorisation de *Springer Nature*, Copyright 2013

⁴ avec l'aimable autorisation de l'*American Public Works Association*

Trafic routier et ferroviaire

Dommages

- Effondrement de ponts et de galeries
- Dommages causés aux centrales d'exploitation et de gestion du trafic
- Ensevelissement des voies du fait d'un glissement de terrain, d'un éboulement ou de l'effondrement d'un bâtiment
- Dommages causés aux voies du fait des affaissements ou des déplacements latéraux du sol
- Effondrement de pylônes électriques et des systèmes de signalisation, rupture de câbles
- Panne des réseaux de communication associés du fait des ruptures de câbles ou des pannes informatiques
- Endommagement des tunnels et effondrement des dalles intermédiaires

Conséquences

- Voies d'accès restreintes ou inaccessibles
- Accès aux infrastructures, aux installations ou aux zones sinistrées réduit ou impossible
- Transport de personnes ou de marchandises réduit ou empêché



Dommages causés à une culée de pont (Chili, 2010)⁵



Chute de pierres sur la route (Christchurch, 2011)⁶



Effondrement d'un mur de soutènement (Kobe, 1995)⁷



Dommages causés aux installations ferroviaires (Takatsuki, 2018)⁸

5 avec l'aimable autorisation de M. Scott Ashford

6 Eidinger et Tang 2012

7 OFEV 1995

8 STR/gettyimages

Télécommunication et médias

Dommages

- Effondrement d'antennes émettrices ou des structures (bâtiments) sur lesquelles elles sont installées
- Effondrement des centrales de télécommunication ou dommages causés à ces centrales
- Ruptures de câbles du fait des glissements de terrain, des affaissements ou des déplacements latéraux du sol
- Renversement d'armoires de commande

Conséquences

- Panne de certains réseaux de communication (p. ex., téléphonie mobile, Internet, radio, télévision, réseaux d'entreprise, etc.)
- Communication défaillante au sein de l'entreprise et de l'organisation de crise ainsi qu'avec les services d'intervention d'urgence
- Surveillance ou commande à distance des installations défaillantes



Endommagement du bâtiment TV avec centrale téléphonique (Christchurch, 2011)⁶



Armoires de commande renversées⁹

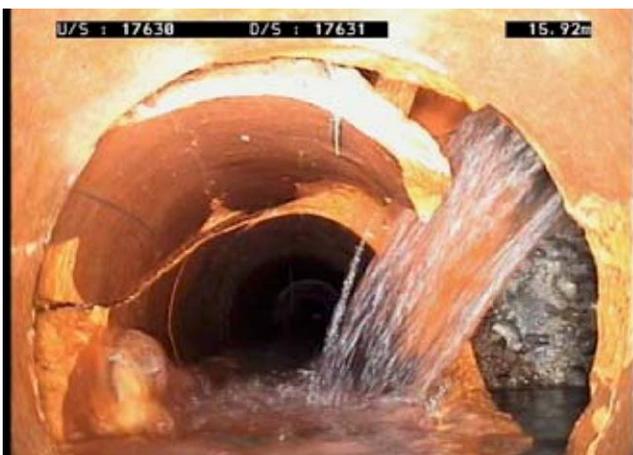
Eaux usées et approvisionnement en eau

Domages

- Endommagement des bassins d'épuration et des citernes d'eau du fait des glissements de terrain, des affaissements ou des déplacements latéraux du sol
- Rupture des canalisations du fait des glissements de terrain, des affaissements ou des déplacements latéraux du sol (p. ex., au niveau de la culée d'un pont ou à l'entrée dans un bâtiment)
- Endommagement des stations de pompage, rupture des conduites de pompage, dommages causés aux vannes et aux équipements de commande
- Panne des stations d'épuration des eaux usées et des stations de production d'eau potable

Conséquences

- Approvisionnement en eau défaillant
- Approvisionnement en eau potable impossible par le réseau de canalisations
- Usage restreint ou panne des installations utilisant des eaux de refroidissement
- Approvisionnement en eau défaillant pour la lutte contre les incendies
- Douches et toilettes défaillantes
- Pollution des eaux souterraines et superficielles



Rupture de canalisation (Christchurch, 2011)⁶



Réparation provisoire d'une conduite d'eau rompue à la suite du tassement différentiel d'un pont (Kaikoura, 2016)¹⁰

Tableau 2

Aperçu des dommages causés en 2000 par le séisme de Yountville (Napa) en Californie, aux États-Unis

Aspect	Description
Magnitude et intensité	Magnitude de 5,0, soit un séisme avec une période de retour d'environ dix ans en Suisse Intensité jusqu'à VIII (vitesse maximale du sol = 38 cm/s)
Rayon des dommages aux infrastructures	env. 15 km
Phénomènes déterminants	Secousses
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune victime, 41 blessés • Dommages à hauteur de 50 millions de dollars
Approvisionnement électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun dommage • Le disjoncteur s'est déclenché pour trois des sept circuits électriques, privant ainsi d'électricité 10000 clients, dont 15 durant plus de 24 heures. • Une surtension dans le réseau a endommagé la station de radio d'urgence (y c. l'alimentation de secours), celle-ci a été réparée dans les 24 heures environ.
Approvisionnement en gaz naturel	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun dommage notable • Quelques 30 fuites constatées sur des chaudières renversées
Trafic routier	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun dommage notable • Dommages légers sur trois ponts
Télécommunication et médias	• Aucun dommage notable (hors dommages causés à la station de radio d'urgence)
Approvisionnement en eau	• Quelques 22 canalisations d'eau rompues

Source: Eiding et al., 2000

Tableau 3
Aperçu des dommages causés en 2009 par le séisme de L'Aquila, en Italie

Aspect	Description
Magnitude et intensité	Magnitude de 6,3, soit un séisme avec une période de retour d'environ 300 ans en Suisse Intensité jusqu'à VIII (vitesse maximale du sol = 35 cm/s)
Rayon des dommages aux infrastructures	env. 50 km
Phénomènes déterminants	Secousses, glissements de terrain, chutes de pierres
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> • Quelque 308 victimes et 1500 blessés • Dommages à hauteur de 2,5 milliards de dollars
Approvisionnement électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Deux postes électriques ont été endommagés (chaque fois au niveau des raccordements en raison du déplacement de transformateurs non fixés), ce qui a généré un arrêt de l'approvisionnement de douze heures à trois jours (3000 clients privés d'électricité après 24 heures). • Le bâtiment de la centrale a été fortement endommagé, l'appareillage électrique a été déplacé à l'extérieur, à proximité du bâtiment.
Approvisionnement en gaz naturel	<ul style="list-style-type: none"> • Destruction de plusieurs installations de réduction de pression en raison de l'effondrement de bâtiments voisins • Plusieurs ruptures de canalisations, dont une canalisation à moyenne pression sur un pont endommagé, causant l'arrêt de l'approvisionnement en gaz. Au total, 176 éléments souterrains ont dû être remis en état et les dommages survenus en centre-ville n'ont pas pu être complètement réparés. • Nombreuses fuites constatées sur des chaudières
Trafic routier	<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs routes fermées du fait des déplacements du sol, des chutes de pierres et des glissements de terrain dans les zones montagneuses ainsi que des débris et des bâtiments menacés d'effondrement en zone urbaine • Plusieurs déplacements de culées de ponts routiers et deux effondrements • Autoroutes fermées pendant quelques jours à des fins d'inspection et de contrôle • Aucun dommage notable aux tunnels • Gestion de l'urgence entravée à cause des dommages
Trafic ferroviaire	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun dommage notable causé aux infrastructures ferroviaires • Infrastructures fonctionnelles ou remises en service après trois jours
Télécommunication et médias	<ul style="list-style-type: none"> • Brèves interruptions (dus à des coupures de courant) grâce à l'utilisation de groupes électrogènes de secours
Approvisionnement en eau	<ul style="list-style-type: none"> • Le déplacement du sol a entraîné la rupture d'une conduite d'eau principale ainsi que plusieurs ruptures de conduites au niveau du réseau de distribution. • Interruption de l'approvisionnement pendant environ 18 heures
Eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> • Les dommages causés aux deux stations d'épuration suite à l'effondrement partiel des murs en maçonnerie, à des ruptures de canalisations, etc., a abaissé la capacité de l'installation à 60 % (réduction simultanée du volume d'arrivée des eaux usées). • Une station d'épuration privée d'électricité pendant trois jours

Source : Kongar, 2017 ; Esposito et al., 2013 ; Grimaz et Maiolo, 2010

Tableau 4

Aperçu des dégâts causés en 2011 par le séisme de Christchurch, en Nouvelle-Zélande

Aspect	Description
Magnitude et intensité	Magnitude de 6,2, soit un séisme avec une période de retour d'environ 300 ans en Suisse Intensité jusqu'à IX (vitesse maximale du sol = 60 cm/s ; accélération maximale du sol = 9 m/s ²)
Rayon des dommages aux infrastructures	env. 200 km
Phénomènes déterminants	<ul style="list-style-type: none"> • La majorité des dommages a été causée par la liquéfaction du sol et les inondations qui ont suivi. • Les secousses n'ont eu qu'une influence modérée sur les dommages aux infrastructures.
Conséquences	<ul style="list-style-type: none"> • Quelque 185 victimes et 1500 blessés • Dommages à hauteur de 15 milliards de dollars
Approvisionnement électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Dommages causés à l'appareillage sur l'un des cinq postes de transformation principaux (220-66 kV) du fait des secousses • Dommages considérables sur 4 des 300 postes de transformation (deux en raison de la liquéfaction du sol, un du fait d'un éboulement et un à cause des secousses) <p>Remarque : nombre de postes de transformation avaient déjà été renforcés sur le plan sismique. Un poste de transformation temporaire a été créé.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dommages mineurs aux pylônes électriques • Plus de 1000 câbles souterrains de 11 kV et de 66 kV défilants du fait de la liquéfaction du sol • Les deux bâtiments du siège d'une compagnie d'électricité ne sont plus utilisables. • Interruption de l'approvisionnement électrique sur 80 % de la zone de desserte (40 % après 24 heures, 20 % après 4 jours et 2 % après deux semaines)
Approvisionnement en gaz naturel	<ul style="list-style-type: none"> • Fuite légère observée sur une installation de distribution de gaz ; panne de cette installation en raison d'une interruption de l'approvisionnement en eau ; alimentation en gaz assurée par la redondance du réseau • Une conduite endommagée à la suite d'un éboulement (aucune fuite constatée)
Approvisionnement en pétrole	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune citerne de carburant liquide endommagée • Une conduite endommagée à la suite d'un éboulement (aucune fuite constatée) • Dommages causés aux toitures de stations-service du fait de la liquéfaction du sol
Trafic routier	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de dommages causés aux routes, en raison notamment des déplacements du sol, et beaucoup de routes fermées • Aucun effondrement malgré l'endommagement de 60 des 800 ponts • Endommagement d'un tunnel autoroutier à la suite d'éboulements (fermeture pendant 4 jours) • Nombreuses mesures de gestion du trafic nécessaires et embouteillages problématiques pendant plusieurs mois
Trafic ferroviaire	<ul style="list-style-type: none"> • Un centre d'entretien principal n'est plus utilisable et trois locomotives ont été bloquées dans le bâtiment pendant plusieurs mois. • Six ponts sérieusement endommagés et déformations des voies en raison du déplacement de surfaces le long de la faille et de la liquéfaction du sol • Le réseau a de nouveau pu être utilisé après une semaine (vitesse maximale de 40 km/h). • Réparations sur plusieurs mois • Endommagement d'un tunnel
Trafic aérien	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun dommage causé à l'aéroport
Trafic maritime	<ul style="list-style-type: none"> • Dommages considérables causés aux installations portuaires en raison de glissements de terrain et de rupture de digues

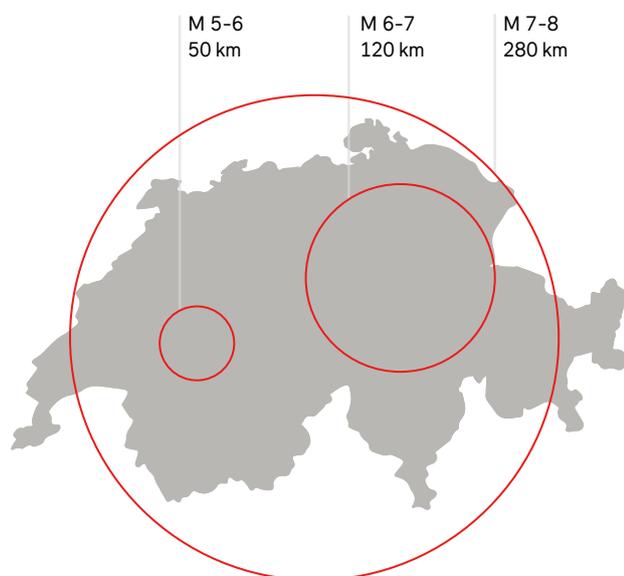
Aspect	Description
Télécommunication et médias	<ul style="list-style-type: none"> • Installations du centre-ville inutilisables, réorganisation du réseau et délocalisation hors du centre-ville de l'organisation en charge de la gestion de crise. • S'agissant des dommages causés à certains bâtiments, évaluation rapide grâce à des accords spéciaux conclus avec des ingénieurs • Destruction de plusieurs sites du réseau de téléphonie mobile (antennes émettrices et/ou bâtiments sur lesquels elles sont installées), réparation et utilisation d'antennes mobiles • Dommages modérés causés aux câbles souterrains, aux armoires de commande et aux regards du fait de la liquéfaction du sol et aucun dommage causé aux pylônes électriques (réparations effectuées en six semaines) • Approvisionnement électrique de secours insuffisant, utilisation de générateurs mobiles nécessitant une grande quantité de carburant • Durée variable des interruptions
Approvisionnement en eau	<ul style="list-style-type: none"> • L'un des grands réservoirs d'eau de la ville a été détruit à la suite du déplacement latéral du sol et une citerne d'eau, endommagée par des chutes de pierres et un glissement de terrain (fuite constatée). • Sur les 160 puits, 20 ont été endommagés. L'approvisionnement en eau a été interrompu temporairement (arrêt de l'ensemble des puits), des inondations ont été observées. • Nombreux dommages causés aux canalisations (fuites constatées) du fait de la liquéfaction du sol, quelque 3000 canalisations d'eau réparées en six semaines • Au total, 50 % de la ville privée d'eau pendant quelques jours et 30 %, plus d'une semaine ; approvisionnement d'urgence par wagons-citernes, mise en service de deux installations de dessalement de l'eau de mer et de stations d'urgence de traitement de l'eau • Mise en œuvre de mesures d'économie d'eau et obligation de faire bouillir l'eau pendant six semaines
Eaux usées	<ul style="list-style-type: none"> • Dommages notables causés à la station d'épuration en raison de l'apport de sédiments (fuites) et dommages causés au bassin de décantation secondaire du fait de la liquéfaction du sol • Dommages causés à 100 stations de pompage • Dommages considérables causés aux installations souterraines (conduites, puits, etc.) du fait de la liquéfaction du sol • Installation d'une station d'épuration temporaire (toilettes chimiques), rejet à la mer sans traitement d'environ deux tiers du volume total des eaux usées, épuration normale des eaux usées possible seulement après 5 mois

Source : Eiding et Tang, 2012

Annexe B Magnitude et fréquence des séismes

La magnitude mesure l'énergie libérée par un séisme. Les séismes de magnitude élevée provoquent des secousses plus fortes et affectent de plus grandes zones (cf. fig. 1).

Figure 1
Illustration, à titre d'exemple, de la corrélation entre la magnitude (M) et le diamètre de la zone sinistrée



Source : Weidmann, 2002

La probabilité d'occurrence d'un séisme d'une magnitude donnée en Suisse est la suivante (SED, 2018) :

- Séisme de magnitude 4 tous les 1,5 an
- Séisme de magnitude 5 tous les 10 ans
- Séisme de magnitude 6 tous les 100 ans
- Séisme de magnitude supérieure à 7 tous les 1500 ans
- Séisme de magnitude supérieure à 8 exclu.

L'ampleur des conséquences d'un séisme peut être déduite à l'aide de l'intensité de ce dernier et mesurée grâce à l'échelle macrosismique européenne (fig. 2). Ainsi, il faut s'attendre à des dommages aux bâtiments pour une intensité supérieure ou égale à VII, et à des dommages considérables ainsi qu'à l'effondrement de bâtiments pour une intensité supérieure ou égale à VIII. La relation entre l'intensité et la magnitude présentée ci-après (fig. 2) ne s'applique que pour l'intensité mesurée à l'épicentre, c'est-à-dire qu'une magnitude de 5 correspond approximativement à une intensité de VII à l'épicentre.

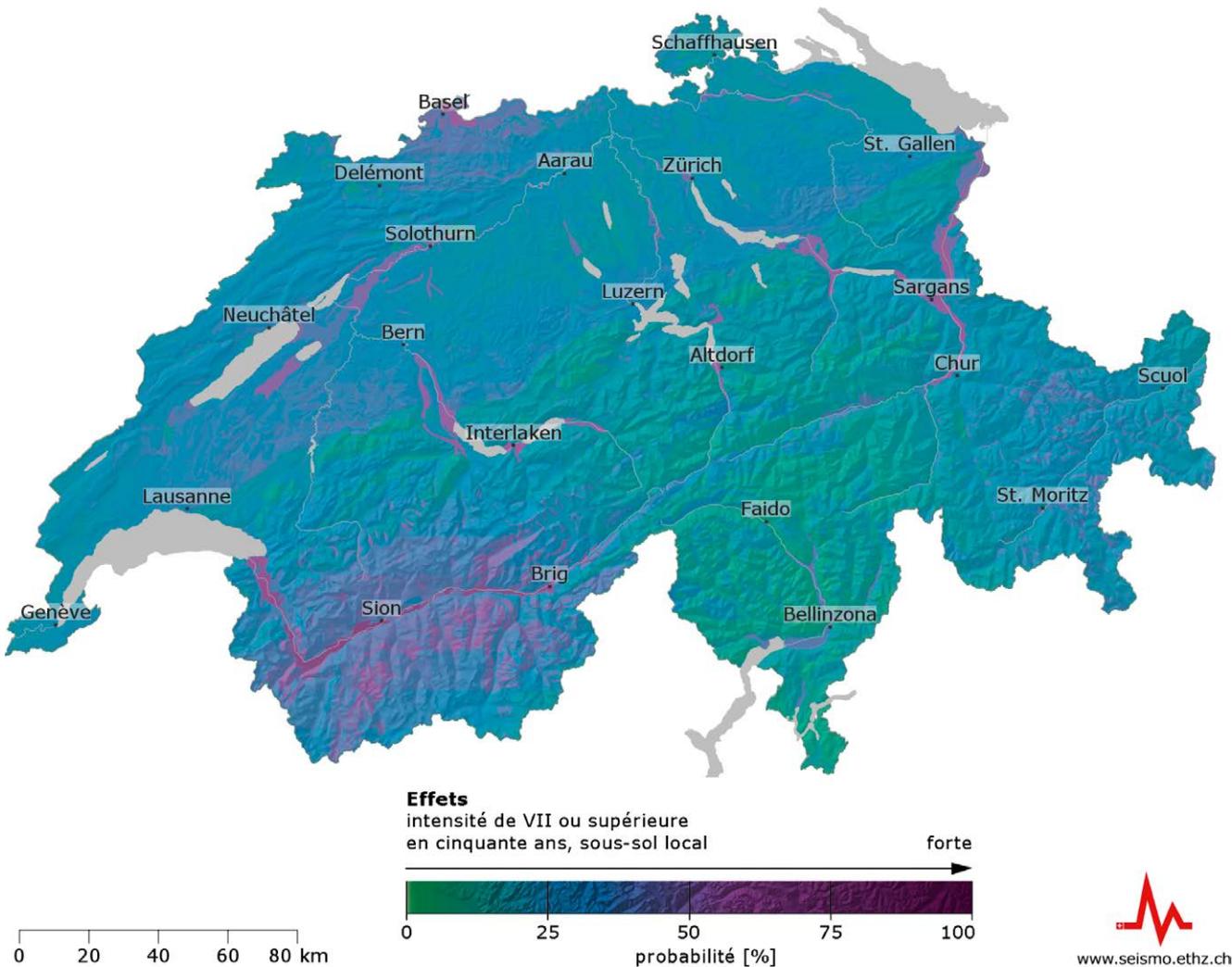
Il est possible d'estimer la probabilité avec laquelle des secousses d'une certaine intensité peuvent survenir pendant une période donnée au moyen des cartes publiées par le Service Sismologique Suisse (SED, 2018). La carte ci-après (fig. 3) affiche la probabilité de secousses d'une intensité de VII ou plus dans un délai de cinquante ans (soit la durée de vie d'un bâtiment moyen). Dans la vallée du Rhône, p. ex., la probabilité que des secousses sismiques d'une intensité égale ou supérieure à VII surviennent dans les 50 prochaines années et que des bâtiments soient endommagés est supérieure à 50 %.

Figure 2
Échelle macrosismique européenne (EMS98)

EMS-98 Intensité	Ressenti	Effets	Magnitude (Approximation)	Dégâts des bâtiments (Maçonnerie)
I	Non ressenti	Non ressenti		
II-III	Faible	Ressenti à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une vibration ou un léger tremblement.	2 3	
IV	Léger	Ressenti à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, à l'extérieur par très peu. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent.		
V	Modéré	Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart, à l'extérieur par quelques personnes. De nombreux dormeurs se réveillent. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans leur ensemble. Les objets suspendus se balancent fortement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.	4	
VI	Fort	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Chute d'objets. De nombreuses maisons subissent des dégâts non structuraux comme de très fines fissures et des chutes de petits morceaux de plâtre.		
VII	Très fort	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Les meubles se déplacent et beaucoup d'objets tombent des étagères. De nombreuses maisons ordinaires bien construites subissent des dégâts modérés: petites fissures dans les murs, chutes de plâtres, chutes de parties de cheminées; des bâtiments plus anciens peuvent présenter de larges fissures dans les murs et la défaillance des cloisons de remplissage.	5	
VIII	Violent	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à rester debout. Beaucoup de maisons ont de larges fissures dans les murs. Quelques bâtiments ordinaires bien construits présentent des défaillances sérieuses des murs, tandis que des structures anciennes peu solides peuvent s'écrouler.		
IX	Très violent	Panique générale. De nombreuses constructions peu solides s'écroulent. Même des bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants: défaillances sérieuses des murs et effondrement structural partiel.	6	
X+	Extrême	La plupart des bâtiments bien construits s'effondrent, même ceux ayant une bonne conception parasismique sont détruits.	7	

© Service Sismologique Suisse

Figure 3
 Probabilité de secousses (prise en compte du sous-sol local) d'une intensité égale ou supérieure à VII en cinquante ans.



Source: SED, 2018

Le type de sous-sol local influence l'intensité de l'action sismique. Ainsi, la probabilité de dommages est nettement plus élevée sur un sol sédimentaire que sur la roche. Pour déterminer l'action sismique, il importe, en première approximation, de tenir compte du potentiel d'amplification du sous-sol sur la base des classes de terrain de fondation conformément à la norme de construction suisse SIA 261 (OFEV 2016a) (cf. <https://map.geo.admin.ch/?layers=ch.bafu.gefahren-baugrundklassen>). Un microzonage permet également de fournir des éléments précis sur le potentiel d'amplification des secousses du sous-sol local.

Annexe C Sécurité sismique

C1 Mise en œuvre des exigences normatives en Suisse

Avec l'introduction des normes de construction suisses SIA de 2003, l'action sismique est considérée à part entière dans la planification de nouveaux bâtiments et dans l'évaluation des bâtiments existants. Les autorités et associations spécialisées ont également formulé des exigences spécifiques pour les infrastructures (p. ex., en matière de distribution d'énergie électrique, se référer à l'Inspection fédérale des installations à courant fort [ESTI, 2015]). Les normes précédentes ne tenaient pas suffisamment, voire pas du tout, compte de l'action sismique. En conséquence, les infrastructures construites dans le respect des normes passées et répondant donc à des exigences plus faibles qu'aujourd'hui ou pour lesquelles les exigences normatives n'ont pas été systématiquement respectées, peuvent présenter une sécurité sismique insuffisante ou une vulnérabilité accrue face aux séismes. Une grande partie des infrastructures en Suisse est concernée (OFEV, 2008).

C2 Vérification de la sécurité sismique des ouvrages

La vérification de la sécurité sismique et l'examen des structures existantes sont initiés et effectués conformément aux normes suisses de construction SIA 269 et plus particulièrement SIA 269/8, dans l'idéal sur la base d'une analyse détaillée (OFPP, 2015a). La vérification des objets les plus préoccupants au sein d'un gros portefeuille de bâtiments ou de ponts peut être effectuée de manière ciblée à l'aide de procédures en plusieurs étapes (OFEV, 2019), (OFROU, 2005), (OFEV, 2012b). Celles-ci permettent d'identifier les points faibles des infrastructures face aux séismes et de définir les infrastructures prioritaires pour lesquelles une vérification approfondie conformément à la norme SIA 269/8 est nécessaire.

En vertu de l'art. 58 du droit des obligations « Responsabilité pour des bâtiments et autres ouvrages », la responsabilité de la sécurité sismique des bâtiments incombe

au propriétaire (baudyn, 2010). Les planificateurs et les entreprises de construction sont responsables de la mise en œuvre de la protection sismique nécessaire conformément à leur responsabilité contractuelle. Le propriétaire doit donc déterminer le niveau de protection, c'est-à-dire les exigences s'appliquant à l'infrastructure. Pour ce faire, il attribue une classe d'ouvrage à chaque élément d'infrastructure comme défini dans la norme SIA 261 et, dans le cas de bâtiments existants, dans la norme SIA 269/8. Pour déterminer la classe d'ouvrage, il convient de s'appuyer, d'une part, sur les exigences minimales des deux normes de construction et, d'autre part, sur les objectifs de protection conformément à la stratégie d'entreprise et à la gestion de la continuité ainsi que sur les exigences qui en découlent en matière de protection sismique. Les caractéristiques nécessaires à la détermination des classes d'ouvrages sont compilées dans le tableau 5. Les classes d'ouvrages définies en vertu des normes SIA ne s'appliquent pas aux centrales nucléaires, aux barrages ou aux infrastructures relevant de l'ordonnance sur les accidents majeurs et pour lesquels une étude de risque est obligatoire. S'agissant de ces infrastructures, des réglementations spécifiques s'appliquent en ce qui concerne la définition des exigences en matière de séisme.

Tableau 5

Caractérisation des classes d'ouvrages (CO) conformément aux normes SIA 261 et 269/8

CO	Caractéristiques et exemples
I	Occupation moyenne \leq 50 personnes, pas de rassemblements importants de personnes, pas de marchandises ou d'installations ayant une valeur particulière, atteinte à la population ou à l'environnement exclue Bâtiments d'habitation, bâtiments administratifs et artisanaux, bâtiments industriels et entrepôts, parkings
II	Occupation moyenne $>$ 50 personnes, fréquentation possible par un grand nombre de personnes, marchandises ou installations ayant une valeur particulière Bâtiments d'habitation de grande taille, gares, postes d'aiguillage, centres commerciaux, stades, cinémas, théâtres, écoles et églises
CO II-s	Écoles et jardins d'enfants existants
CO II-i	Infrastructure existante revêtant une fonction importante : condition préalable à une reconstruction et à une remise en état rapides ; leur dégradation a de graves répercussions sur la société, l'économie et l'État. Hôpitaux, y c. les équipements et installations, s'ils n'appartiennent pas à la classe d'ouvrage III. Pont important après un séisme et ponts franchissant des voies de communication importantes après un séisme Ouvrages, équipements et installations importants destinés à l'approvisionnement, à l'évacuation et aux télécommunications
III	Infrastructure ayant une fonction vitale : indispensable pour la protection en cas de catastrophe et la phase de reconstruction immédiate, redondance et possibilités de compensation quasi-inexistants Hôpitaux d'urgence, centrale des sapeurs-pompiers, centres d'intervention

Les objectifs de protection pour les bâtiments neufs s'appliquent également aux bâtiments existants pour autant que des mesures proportionnées peuvent être mises en œuvre. Les exigences fixées par la norme SIA 269/8 relatives à la sécurité des personnes et au niveau de protection accru des classes d'ouvrages II-i, II-s et III sont impératives. Dans le cadre de l'évaluation de la proportionnalité, les objectifs de protection liés à la gestion de la continuité doivent également être pris en compte.

C3 Amélioration de la sécurité sismique des ouvrages

Les mesures de sécurité sismique visent à améliorer le comportement dynamique et la reprise des charges horizontales (OFEV 2008). Concernant les constructions en maçonnerie, les mesures typiques consistent à ancrer les façades, à édifier des planchers rigides, des murs supplémentaires en béton ou des ossatures en acier ainsi qu'à remplacer des fondations. Pour les bâtiments en béton, elles consistent à installer des éléments de contreventement supplémentaires (murs en béton ou ossatures en acier) et à fermer les joints de dilatation. Il est possible également d'envisager d'amortir l'action sismique au moyen de systèmes spéciaux ou par l'isolation sismique des structures porteuses.

Des études approfondies sur la vulnérabilité face aux séismes ont déjà été réalisées pour diverses infrastructures et les réseaux associés, et des suggestions concrètes d'amélioration ont été présentées :

- Approvisionnement électrique (ESTI, 2015)
- Approvisionnement en gaz naturel (OFEV, 2012a)
- Infrastructure ferroviaire (OFEV, 2010)
- Systèmes d'assainissement (OFEV, 2012b)

C4 Éléments non-structuraux, autres installations et équipements

Les dommages causés par les séismes aux éléments non-structuraux, aux installations et aux équipements peuvent avoir des conséquences financières considérables, car la part des coûts que ces derniers représentent prédomine souvent dans le coût global de l'infrastructure (la part des coûts est fréquemment égale ou supérieure à 80 % [OFEV, 2016b]). Ces éléments étant parfois plus sensibles que les structures porteuses, leur sécurisation sismique se révèle donc essentielle, notamment pour ce qui est des infrastructures en Suisse, soumises à un aléa sismique modéré. Vulnérables, ils peuvent être rapidement endommagés et, selon leur importance, influencer sur la sécurité ou la continuité de l'exploitation. Si, en cas de défaillance, ils peuvent mettre en danger des personnes, endommager la structure porteuse ou porter préjudice à l'exploitation d'installations importantes, les normes de construction exigent des assemblages et des fixations parasismiques (SIA 261). La vérification, par le calcul, de la sécurité sismique est similaire à celle réalisée pour la structure porteuse conformément à la norme SIA 269/8.

Les éléments non-structuraux et autres installations et équipements endommagés peuvent également compromettre gravement voire rendre impossible la mise en œuvre des mesures d'urgence et l'exploitation en mode dégradé ainsi que la remise en état. La sécurité sismique de ces éléments est donc capitale, notamment pour ce qui est du plan d'urgence.

Voici quelques exemples typiques :

- Panne de l'alimentation de secours à la suite de l'endommagement ou de la défaillance de composants individuels (p. ex., renversement ou glissement d'étagères de batteries, de redresseurs/onduleurs, de commutateurs, de générateurs, de citernes de carburant et rupture des conduites associées, etc.)
- Utilisation limitée des centres d'intervention ou d'exploitation et plus généralement des postes de travail, souvent en raison du renversement ou du glissement de meubles et d'appareils, de la chute de faux-plafonds ou de l'effondrement de faux-planchers (fixations ou structure porteuse défaillantes)
- Panne des systèmes informatiques ou des systèmes de commande et de communication à la suite du renversement ou du glissement d'ordinateurs, de racks, d'armoires électriques dans les locaux techniques ou défaillance de faux-planchers, de ruptures de câbles ou encore du basculement d'antennes
- Panne des installations d'exploitation à la suite du renversement ou du glissement d'un seul appareil, d'une citerne, de la rupture de câbles ou de conduites ou la destruction (chute) d'éléments de construction (p. ex., garde-corps, parapets, revêtements ou éléments de façade)
- Dégradation des voies d'évacuation et de secours ainsi que des principales voies de circulation au sein des bâtiments en raison du renversement de meubles (armoires, étagères), de la chute de faux-plafonds ou de l'endommagement d'escaliers

La sécurisation sismique des éléments non-structuraux et autres installations et équipements est souvent simple et peu coûteuse. Par ailleurs, il suffit souvent de réaliser une évaluation qualitative de la vulnérabilité face aux séismes. Les mesures les plus fréquentes sont notamment la fixation ou le renforcement d'éléments (p. ex., revêtements de plafond, faux-planchers, murs ou façades, protection contre le renversement des étagères de batteries de secours, des armoires électriques, des installations ou raccordements flexibles de conduites, etc.). La publication de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV, 2016b) fournit une analyse détaillée des dommages potentiels et des mesures de sécurisation sismique des éléments, installations et équipements non-structuraux.

Bibliographie

Abréviation	Référence
baudyn 2010	Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique: Sécurité parasismique des bâtiments – Questions juridiques et responsabilités, 2010
OFROU 2005	Wenk T.: Evaluation parasismique des ponts-routes existants. Office fédéral des routes OFROU, documentation 82003, 2005
OFPP 2010	Office fédéral de la protection de la population: Manuel pour l'évaluation des dommages aux bâtiments après un séisme. Détermination de l'habitabilité des bâtiments résidentiels. septembre 2010
OFPP 2015a	Office fédéral de la protection de la population: Guide pour la protection des infrastructures critiques 30.03.2015
OFPP 2015b	Office fédéral de la protection de la population: Analyse nationale des dangers – Dossier sur les dangers Tremblement de terre. 30.06.2015
OFPP 2018a	Office fédéral de la protection de la population: Guide pour l'évaluation post-sismique des bâtiments, aspects organisationnels de la préparation et de la mise en œuvre. Mai 2018
OFPP 2018b	EBP AG: Guide pour la protection des infrastructures critiques, Manuel d'application 17.07.2018
OFEV 2008	Wenk T.: Confortement parasismique de constructions: Stratégie et recueil d'exemples en Suisse Connaissance de l'environnement n° 0832. Office fédéral de l'environnement, 2008
OFEV 2010	Közl E., Kamm S.: Sécurité sismique de l'infrastructure ferroviaire – Étude préliminaire. Office fédéral de l'environnement, 2010
OFEV 2012a	Koller M., Scheiwiller A.: Erdbebensicherheit der Erdgasversorgung. Bundesamt für Umwelt, 2012. (uniquement en allemand)
OFEV 2012b	Studer J., Weber T. Erdbeben und Infrastrukturen Abwassersysteme. Bundesamt für Umwelt, 2012. (uniquement en allemand)
OFEV 2014	Résonance Ingénieurs-Conseils SA: Potentiel de systèmes de monitoring et d'alerte précoce en cas de séisme pour les infrastructures en Suisse. 2014
OFEV 2016a	Mayoraz J., Lacave C., Duvernay B.: Séismes: Cartes de classes de sols de fondation Réalisation et utilisation Office fédéral de l'environnement, Connaissance de l'environnement n° 1603, 2016
OFEV 2016b	Braune F., Berweger A., Vogt R., Szczygiel T.: Sécurité sismique des éléments non structuraux et autres installations et équipements. Recommandations et précisions pour la pratique. Office fédéral de l'environnement, Berne Connaissance de l'environnement n° 1643.
OFEV 2019	Braune F., Közl E.: Erdbebenrisiko grosser Gebäudebestände. Stufenweise Priorisierung, Bundesamt für Umwelt, BAFU, 2019 (uniquement en allemand)
Eidinger et al. 2000	Eidinger J., Yashinsky M., Schiff A.: Napa M5.2 Earthquake of September 3, 2000; Evaluation of Lifeline Performance. Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering, No.
Eidinger et Tang 2012	Eidinger J., Tang A.: Christchurch, New Zealand Earthquake Sequence: Mw 7.1 September 04 2010, Mw 6.3 February 22 2011, Mw 6.0 June 13 2011; Lifelines Performance. Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering, No. 40'2012
Eidinger et al. 2013	Esposito S., Giovinazzi S., Elefante L., Iervolino I.: Performance of the L'Aquila (Central Italy) gas distribution network in the 2009 (Mw 6.3) earthquake. Bulletin of Earthquake Engineering, 11(6), 2447-2466, 2013
ESTI 2015	Koller M., Heunert S.: Erdbebensicherung der elektrischen Energieverteilung in der Schweiz, Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI, Nr 248 Version 0415d, 2015 (uniquement en allemand)

Abréviation	Référence
Grimaz et Maiolo 2010	Grimaz S., Maiolo A. : The impact of the 6 th April 2009 L'Aquila earthquake (Italy) on the industrial facilities and lifelines. Considerations in terms of NaTechrisk. Chemical Engineering Transactions, 19, pages 279 - 284, 2010
Kongar 2017	Kongar, I., Esposito, S., Giovinazzi, S. : Post-earthquake assessment and management for infrastructure systems : learning from the Canterbury (New Zealand) and L'Aquila (Italy) earthquakes. Bulletin of Earthquake Engineering, 15(2), 589-620, 2017
SED 2016	Service Sismologique Suisse SED : Au secours, la terre tremble ! Que faire en cas d'événement sismique? 2016
SED 2018	Service Sismologique Suisse SED : Accès le 01.05.2018
SIA 269	Société suisse des ingénieurs et architectes SIA : Actions sur les structures porteuses. Norme 261, 2014
SIA 269	Société suisse des ingénieurs et architectes SIA : Bases pour la maintenance des structures porteuses. Norme 269, 2011
SIA 269/8	Société suisse des ingénieurs et architectes SIA : Maintenance des structures porteuses – Séisme. Norme 269/8, 2017
Weidmann 2002	Weidmann M. : Erdbeben in der Schweiz. Verlag Desertina, 2002 (uniquement en allemand)