

Extrait du rapport

Séismes et infrastructures

Réseaux d'assainissement

traduit en français

Erdbeben und Infrastrukturen

Abwassersysteme

Juli 2012

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Studer Engineering GmbH

Thurgauerstrasse 56
8050 Zürich

Tel. 044 481 06 00
Fax 044 481 06 02
E-mail studer@studer-engineering.ch

Impressum:

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Gefahrenprävention, CH-3003 Bern. Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departments für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftragnehmer:

Studer Engineering, Thurgauerstrasse 56, 8050 Zürich, Schweiz

Autoren:

Jost A. Studer

Thomas M. Weber

Begleitung der Studie:

Roland Boller (AV Morgental)

Blaise Duvernay (BAFU)

Felix Gamper (BBL)

Sven Heunert (BAFU)

Urs Huggenberger (Hunziker Betatech AG)

Peter Hunziker (Hunziker Betatech AG, VSA)

Martin G. Koller (Résonance)

Ruppert Kuntner (ARA Rhein AG)

Sebastian Lehmann (BAFU)

Karlfrieder Locher (ARA Rhein AG)

Jürg Schläpfer (Entsorgung + Recycling Zürich)

Ulrich Sieber (BAFU)

Philipp Sigg (Entsorgung + Recycling Zürich)

Hinweis:

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Freigabe BAFU: September 2012, Andreas Götz

Inhaltsverzeichnis

Résumé	4
1 Introduction et objectif de l'étude	8
2 Abwassersysteme	10
2.1 Einführung	10
2.2 Zielsetzungen und Hauptaufgabe der Abwassersysteme	11
2.3 Elemente des Abwassersystems	11
2.4 Typischer Konstruktionsweisen der Abwassersysteme in der Schweiz	14
3 Verhalten von Abwassersystemen unter Erdbebeneinwirkung	16
3.1 Einführung	16
3.2 Weltweite Erfahrungen mit Schäden an Abwassersystemen	17
3.3 Verletzbarkeit der einzelnen Elemente eines Abwassersystems unter Erdbebeneinwirkung in der Schweiz	24
4 Betriebsziele und Anforderungen der Abwassersysteme nach Erdbebeneinwirkung in der Schweiz	29
4.1 Einführung zum Begriff Betriebsziel nach Erdbebeneinwirkung	29
4.2 Erdbebeneinwirkung und Nachweise basierend auf Richtlinien für Neubauten	31
4.3 Betriebsziel nach Erdbebeneinwirkung für neue Abwasseranlagen	34
4.4 Minimales Betriebsziel nach Erdbebeneinwirkung für bestehende Anlagen	35
5 Konstruktive Details zur Erdbebensicherung für Neubau und Ertüchtigung	38
6 Vorsorge und Ereignisbewältigung	49
6.1 Vorsorgemassnahmen und Einsatzplanung	49
6.2 Instandstellung und Wiederaufbau	50
7 Überprüfungskonzept bestehender Abwasseranlagen in 5 Stufen	52
7.1 Einführung zur Überprüfung	52
7.2 Relevanzbeurteilung zur Überprüfung der Erdbebensicherheit	53
7.3 Stufe 1: Funktionsanalyse	54
7.4 Stufe 2: Bedeutungsanalyse	55
7.5 Stufe 3: Grobbeurteilung mittels Checklisten	56
7.6 Stufe 4: Detailbeurteilung	60
7.7 Stufe 5: Massnahmenkonzept und Ertüchtigung	60
7.8 Organisatorische Belange	62
7.9 Erfahrungen der Pilotstudie	64
8 Actions requises	71
9 Literatur	72
Annexe A: Recommandations concernant la sécurité sismique	
Annexe B: Evaluation de la pertinence d'une vérification de la sécurité sismique	
Anhang C: Checklisten zur Grobbeurteilung	
Anhang D: Verletzbarkeit der Kanalisation und Kläranlagen	

Résumé

Cadre général

Les réseaux d'assainissement revêtent une grande importance en Suisse aussi bien pour l'être humain et son environnement, que pour préserver la santé de la population et assurer la protection des eaux superficielles et souterraines. Jusqu'ici, les exploitants de ces installations n'ont pourtant pas pris de mesures parasismiques particulières lors de la construction ou de l'exploitation de ces réseaux.

La Confédération met en œuvre depuis 2000 un programme de mitigation des séismes, qui englobe notamment les infrastructures. En 2004, un groupe d'experts a constaté que, vu le risque de pollution des eaux inhérent aux réseaux d'assainissement et du danger que celui-ci implique pour l'eau potable, ces réseaux constituent l'un des secteurs prioritaires dont il importe d'analyser la vulnérabilité aux séismes.

Objectif de l'étude

Désireuse d'assurer la protection de la population et des biens de valeur contre les dangers naturels dans le cadre de la gestion intégrée des risques, la Confédération a commandé la présente étude afin de contribuer à réduire le risque que les séismes représentent pour les réseaux d'assainissement. L'étude a pour but de cerner, sur la base de l'expérience acquise à la suite de tremblements de terre survenus par le passé, la nécessité d'améliorer la sécurité sismique des installations d'assainissement, ainsi que de proposer des solutions visant à réduire le risque sismique. Elle précise ensuite les exigences en matière de sécurité sismique pour les nouvelles installations, de même que les principes de confortement parasismique des installations existantes.

Lors de la mise en œuvre, il importe toujours d'examiner la proportionnalité des mesures en mettant en regard les coûts et l'atténuation des risques visée. Il ressort de cette analyse qu'il faut limiter les efforts aux risques principaux, dans le cas des installations existantes, et privilégier, voire systématiser, les mesures efficaces qui peuvent être prises lors de la construction de nouvelles installations ou lors de travaux d'entretien.

Par cette étude, trois instruments permettant d'améliorer la sécurité sismique des installations d'assainissement existantes et nouvelles ont été élaborés: 1) recommandations en matière de sécurité sismique; 2) critères d'évaluation des risques environnementaux en cas de séisme; 3) procédure de vérification des installations existantes par étapes.

La publication de l'étude vise aussi à promouvoir la prise de conscience et la responsabilité des acteurs de l'assainissement – aussi bien des exploitants que des autorités cantonales – face au risque sismique. L'élaboration de l'étude a été soutenue et accompagnée par l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA) et des représentants des exploitants d'installations.

Suite à donner

Les instruments élaborés sont mis à disposition du VSA pour être diffusés à tous les exploitants, qui bénéficieront ainsi d'informations et de conseils en matière de sécurité sismique. La publication d'une recommandation du VSA sur ce sujet ainsi que la mise sur pied d'une formation continue idoine devraient, à terme, améliorer la sécurité sismique des réseaux d'assainissement en Suisse.

Vulnérabilité des installations existantes

L'examen des causes des dégâts provoqués par des tremblements de terre et l'analyse des méthodes appliquées lors de la construction des équipements d'assainissement révèlent que, compte tenu de l'aléa sismique en Suisse, les réseaux d'assainissement de notre pays présentent tout de même une certaine vulnérabilité. En cas de séisme, ils peuvent donc représenter un risque pour la nature, l'environnement et l'approvisionnement en eau potable. Même si les réseaux résistent en général assez bien à un séisme, les conduites et les composants situés dans les stations d'épuration peuvent subir des dommages. Selon la topographie et en cas de mauvaises conditions pédologiques, même les réseaux d'égouts peuvent par ailleurs s'avérer vulnérables. Des dégâts apparaissent souvent sur les assemblages et les raccords rigides, en particulier sur les conduites plutôt âgées, corrodées et devenues fragiles, par exemple au niveau des raccordements à des bâtiments ou à des chambres de visite. De plus, les éléments non fixés, tels des récipients et des armoires de commande, peuvent basculer et entraver gravement le bon fonctionnement des installations après un séisme.

Exigences posées aux installations d'assainissement

Compte tenu de l'importance de l'eau pour l'être humain, surtout en ce qui concerne l'approvisionnement en eau potable, il est crucial de protéger les eaux de surface et les eaux souterraines contre les pollutions. La principale tâche des réseaux d'assainissement consiste ainsi à collecter et à évacuer les eaux usées, puis à les épurer et à les réintroduire dans le cycle de l'eau.

Force est d'admettre qu'un séisme peut endommager les installations d'assainissement et réduire leur opérationnalité. Il importe donc d'identifier les composants dont le fonctionnement doit être garanti après un séisme et ceux dont on peut admettre qu'ils fonctionnent à un régime réduit ou restent endommagés pendant un certain temps. Lors de cette analyse, il convient toujours de considérer le réseau d'assainissement dans son ensemble.

La conception et la réalisation de nouvelles installations doivent en particulier respecter les exigences des normes suisses sur les structures porteuses. Pour ce qui est de l'action sismique, les installations d'assainissement sont en général attribuées à la classe d'ouvrages II. Bien que les normes suisses n'exigent pas de vérifier l'aptitude au service des constructions des classes I et II pour le cas de charge «séisme», la présente étude recommande de vérifier si l'aptitude au fonctionnement des installations d'assainissement est assurée. Les mesures à prendre consistent en priorité à dimensionner de manière appropriée les fixations et les éléments de fixation des parties non porteuses du bâtiment, des composants de l'installation et des appareils.

Les installations existantes accomplissent certes les mêmes tâches, ou ont les mêmes objectifs d'exploitation, que les installations nouvelles, mais les exigences en matière de sécurité sismique peuvent être réduites en ce qui les concerne. Il est en effet économiquement peu réaliste de vouloir les soumettre à des confortements parasismiques complets. Après un séisme, il faut cependant que les installations existantes continuent à remplir leurs fonctions principales. Les réseaux d'égouts doivent par exemple conserver leur opérationnalité hydraulique et être à même d'évacuer les eaux usées des agglomérations. Pour les stations d'épuration communales, l'objectif prioritaire est d'assurer l'épuration mécanique. Quant aux stations d'épuration

industrielles, elles devraient répondre à des exigences accrues en matière d'opérationnalité après un séisme.

Recommandation visant à améliorer la sécurité sismique

Sur la base de la vulnérabilité des réseaux d'assainissement suisses et des exigences posées aux installations nouvelles et existantes, des recommandations ont été élaborées afin d'améliorer leur sécurité sismique (annexe A). Visant en premier lieu les constructions nouvelles, ces recommandations s'appliquent toutefois aussi aux installations existantes et à leurs équipements. Elles proposent des mesures pratiques, mais passent également en revue les aspects de la prévention et de l'intervention, qui jouent un rôle essentiel lorsqu'il s'agit de rétablir rapidement le fonctionnement normal des installations après un séisme. Elles proposent par exemple de fixer des priorités en matière de reconstruction pour éviter une pollution grave de l'eau potable.

Evaluation de l'impact potentiel et procédure de vérification

Une fiche d'évaluation de l'impact potentiel (annexe B) a été élaborée pour les installations existantes. Ses critères servent à identifier les installations qui pourraient représenter un risque élevé pour la nature, l'environnement et les ressources en eau potable en cas de séisme, et qu'il convient dès lors de soumettre à une vérification approfondie. Les autorités cantonales peuvent également utiliser cette fiche pour dresser un inventaire et définir leurs priorités. A cette fin, il convient également de tenir compte de la stratégie nationale de protection des infrastructures critiques et des résultats du programme mené dans ce domaine (cf. www.bevoelkerungsschutz.admin.ch).

Pour élaborer un projet efficace de confortement parasismique, il importe de procéder à une analyse exhaustive du réseau d'assainissement. La procédure de vérification proposée (chap. 7 et annexe C) comprend cinq étapes:

1. Analyse des fonctions
Détermination des objectifs d'exploitation pour les égouts et pour la station d'épuration après un séisme.
2. Analyse de l'importance
Examen de l'importance que les divers composants des installations jouent pour l'atteinte des objectifs d'exploitation.
3. Evaluation sommaire
Visite basée sur des check-lists et classement des composants des installations selon leur vulnérabilité.
4. Evaluation détaillée
Analyse détaillée des composantes importantes de l'installation en fonction de leur vulnérabilité.
5. Plan de mesures
Elaboration d'un projet de confortement parasismique pour les composants à risque compte tenu de l'efficacité des mesures.

A partir des analyses détaillées, il est possible de mettre au point un plan de mesures, qui comprend aussi bien les travaux de confortement parasismique des différents composants que l'identification et la hiérarchisation des réparations requises en cas de séisme.

Des mesures constructives simples destinées à améliorer la sécurité sismique peuvent en principe être prises même sans procéder à une vérification de l'installation. Les mesures structurelles de plus grande envergure devraient être coordonnées avec des travaux d'assainissement prévus sur le long terme, afin d'optimiser les coûts.

Les mesures de sécurité de faible envergure, tel l'ancrage d'armoires électriques et de commande, peuvent être réalisées dans le cadre des travaux d'entretien.

Prévention et gestion de l'événement

La procédure de vérification pour les installations existantes permet d'identifier de façon détaillée les points faibles dont souffre un réseau d'assainissement et d'indiquer ainsi les dégâts potentiels et les réparations auxquels l'exploitant doit s'attendre après un tremblement de terre. Ces évaluations revêtent une importance cruciale pour réduire l'impact d'un séisme, même si l'on ne procède pas à un confortement parasismique des composants vulnérables. Il faut surtout que l'exploitant connaisse les actions à entreprendre en cas d'événement dommageable et qu'il soit donc prêt à réagir en conséquence. Il est également possible d'élaborer un plan d'intervention, qui comprendra la mise en réserve de matériel de secours et de réparation, ou l'acquisition rapide de ce matériel en cas d'urgence, ainsi qu'une formation adéquate comprenant des exercices d'intervention.

Actions requises

Conformément à la gestion intégrée des risques, améliorer la résilience de réseaux entiers consiste à appliquer des mesures de protection appropriées et de les harmoniser dans le cadre du cycle de gestion des risques. Le projet Protection des infrastructures critiques de l'Office fédéral de la protection de la population évalue tous les risques par-delà différents secteurs. Il convient dès lors de prendre également des mesures préventives sectorielles afin d'augmenter la résistance des réseaux d'assainissement aux séismes et de réduire ainsi le risque sismique. A cet effet, les concepteurs de nouvelles installations et les exploitants d'installations existantes devraient tenir compte des recommandations élaborées dans le cadre de la présente étude, même si l'évaluation de l'impact potentiel ne débouche pas sur une vérification approfondie de leur installation. La procédure de vérification permet en effet d'évaluer avec précision la sécurité sismique et de planifier les mesures de sécurisation constructives et opérationnelles.

Attirer l'attention sur les problèmes sismiques dans le domaine de l'assainissement constitue un autre point important. Il est dès lors essentiel que la présente étude, ses résultats et les instruments mis au point soient portés à la connaissance de tous les exploitants par le biais de leur association faîtière (VSA). La publication d'une recommandation du VSA ainsi qu'un programme de formation continue sont des conditions indispensables pour améliorer à long terme la sécurité sismique des réseaux d'assainissement en Suisse. L'autorisation de construire des installations d'assainissement relevant des cantons, les informations idoines doivent également être transmises aux autorités cantonales, pour leur permettre d'inclure la sécurité sismique dans les procédures d'autorisation.

1 Introduction et objectif de l'étude

Contexte

Les réseaux d'assainissement revêtent une grande importance en Suisse aussi bien pour l'être humain et son environnement, que pour préserver la santé de la population et assurer la protection des eaux superficielles et souterraines. Jusqu'ici, les exploitants de ces installations n'ont pourtant pas pris de mesures parasismiques particulières lors de la construction ou de l'exploitation de ces réseaux.

La Confédération met en œuvre depuis 2000 un programme de mitigation des séismes, qui englobe notamment les principales infrastructures (www.environnement-suisse.ch/seismes). Dans le rapport explicatif concernant ce programme, un groupe d'experts a constaté en 2004 que, vu le risque de pollution des eaux inhérent aux réseaux d'assainissement et du danger que celui-ci implique pour l'eau potable, ces réseaux constituent l'un des secteurs prioritaires dont il importe d'analyser la vulnérabilité aux séismes et où il convient de prendre des mesures préventives. Les autres secteurs jugés prioritaires comprennent l'approvisionnement en électricité, le trafic routier, l'intervention en cas de sinistres, les réseaux de communication et la santé publique.

La Confédération n'exerce aucune compétence en matière de construction d'installations d'assainissement (ni surveillance, ni autorisation ou cofinancement de projets de construction). En publiant le présent rapport, elle entend néanmoins mettre à la disposition des exploitants de ces réseaux des données fondamentales sur la vulnérabilité de leurs installations en cas de séisme et des approches méthodologiques permettant de réduire le risque sismique au sens d'une promotion de la mitigation des séismes.

L'aléa sismique et l'action qui en résulte sur les structures porteuses et les constructions sont traités dans la norme SIA 261 (2003). Selon celle-ci, des tremblements de terre peuvent survenir dans toute la Suisse, la probabilité étant la plus élevée en Valais et dans la région de Bâle. Comparé à celui d'autres pays, le risque sismique en Suisse est faible à moyen. Cela signifie que des séismes engendrant de graves dégâts peuvent certes se produire partout en Suisse, mais qu'ils sont rares. En conséquence, les ouvrages des infrastructures courent un certain risque, puisque nombre d'installations n'ont pas été, et ne sont toujours pas, conçues de manière à résister aux séismes.

Objectif de l'étude

Désireuse d'assurer la protection de la population et des biens de valeur contre les dangers naturels dans le cadre de la gestion intégrée des risques, la Confédération a commandé la présente étude afin de contribuer à réduire le risque que les séismes représentent pour les réseaux d'assainissement. L'étude a pour but de cerner, sur la base de l'expérience acquise à la suite de tremblements de terre survenus par le passé, la nécessité d'améliorer la sécurité sismique des installations d'assainissement, ainsi que de proposer des solutions visant à réduire le risque sismique. A partir des objectifs d'exploitation définis, il est possible de déduire et de spécifier d'une part les exigences en matière de sécurité sismique que doivent remplir les nouvelles installations et d'autre part les principes de confortement parasismique des installations existantes.

Lors de la mise en œuvre, il importe toujours d'examiner la proportionnalité des mesures en mettant en regard les coûts et l'atténuation des risques visée. Il ressort de cette analyse qu'il faut limiter les efforts aux risques principaux, dans le cas des installations existan-

tes, et privilégier, voire systématiser, les mesures efficaces qui peuvent être prises lors de la construction de nouvelles installations ou lors de travaux d'entretien.

Par cette étude, trois instruments permettant d'améliorer la sécurité sismique des installations d'assainissement existantes et nouvelles ont été élaborés: 1) recommandations en matière de sécurité sismique; 2) critères d'évaluation des risques environnementaux en cas de séisme; 3) procédure de vérification des installations existantes par étapes.

Les recommandations servent à améliorer la sécurité sismique des ouvrages et des installations de traitement, qu'ils soient nouveaux ou existants, ainsi qu'à préserver la capacité d'intervention en cas de séisme. Diverses mesures constructives et opérationnelles permettent de réduire à titre préventif l'effet dommageable d'un séisme et de mieux coordonner l'intervention après l'événement. Il est dans l'intérêt de tous les exploitants de prendre compte et d'appliquer ces recommandations.

L'évaluation de l'impact potentiel des installations existantes identifie les installations qui pourraient représenter un risque accru pour l'environnement suite à des dommages consécutifs à un séisme. En cas de risque accru, il est recommandé de soumettre l'installation à une vérification approfondie.

La procédure de vérification et d'analyse de l'aléa sismique pour les installations existantes comprend plusieurs étapes et traite des objectifs d'exploitation, de l'opérationnalité, de l'importance des installations et de l'examen structurel des divers composants ou de l'installation d'assainissement dans son ensemble. Diverses checklists constituent ensemble une approche méthodologique qui permet d'identifier rapidement et efficacement les composants critiques, d'établir une hiérarchie des mesures à prendre et de regrouper les ressources constructives.

La publication de l'étude vise aussi à promouvoir la prise de conscience et la responsabilité des acteurs de l'assainissement – aussi bien les exploitants que les autorités cantonales – face au risque sismique. L'élaboration de l'étude a été soutenue et accompagnée par l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux (VSA) et des représentants des exploitants d'installations. Les instruments élaborés sont mis à la disposition du VSA pour être diffusés si possible à tous les exploitants, qui bénéficieront ainsi d'informations et de conseils en matière de sécurité sismique. Il est également prévu de mettre sur pied une formation continue consacrée à la sécurité sismique des installations d'assainissement.

konstruktiven Massnahmen lässt sich die punktuell die Sicherheit gegen Erdbeben erhöhen. Zu solchen Massnahmen zählen das Verankern von Schaltschranken, Geräten und Behältern mit Befestigungsmitteln in Wänden und im Boden sowie die Absturzsicherung von Kranbahnen. Solche Sicherungsmassnahmen können mit geringem Mehraufwand bei turnusmässigen Inspektionen bzw. Wartungsarbeiten durchgeführt werden und bedürfen keiner vertieften Überprüfung der Erdbebensicherheit. Bei automatisch gesteuerten Abwasseranlagen kann ein Erdbebensensor installiert werden, der im Erdbebenfall die mechanischen Elemente der Anlage, wie Räumler in Klärbecken, abschaltet, damit eine Schädigung durch unkontrolliertes Weiterlaufen verhindert wird. Nach einer Inspektion der abgeschalteten Komponenten erfolgen eine zügige Freigabe und die Wiederaufnahme des normalen Betriebs.

Abschliessend ist anzumerken, dass für kommunale Abwasseranlagen in der Erdbebenzone 1 nach SIA 261 bei guter Wartung und regelmässigem Unterhalt ein geringer Handlungsbedarf zu Erbebenertüchtigung besteht. Oben angemerkte konstruktive Aspekte der Erdbebensicherung sollten jedoch berücksichtigt werden.

Annexe A

Recommandations pour l'amélioration de la sécurité sismique des installations d'assainissement

Table des matières

1	Introduction	3
1.1	Aléa sismique, objectif et champ d'application des recommandations.....	3
2	Nouvelles constructions.....	4
2.1	Exigences posées aux nouvelles constructions.....	4
2.1.1	Calcul des structures.....	4
2.1.2	Aptitude au fonctionnement	4
2.1.3	Coût de la sécurité sismique	4
2.2	Marche à suivre lors de la conception.....	5
2.2.1	Aide-mémoire pour le planificateur d'installations d'assainissement.....	5
2.2.2	Aide-mémoire pour l'exploitant d'une installation	5
2.3	Principes de la conception parasismique des ouvrages	6
2.3.1	Règles de base pour les bâtiments	6
2.3.2	Examen du sol de fondation	6
2.3.3	Harmoniser la structure porteuse et les éléments non porteurs	7
2.3.4	Equipements et installations de traitement	7
3	Equipements et installations de traitement.....	8
3.1	Expériences internationales	8
3.2	Calcul des structures	8
3.3	Aptitude au fonctionnement	8
3.4	Conception parasismique des équipements et des installations de traitement.....	8
3.4.1	Conduites.....	8
3.4.2	Equipements et appareils.....	12
3.4.3	Chemins de roulement des appareils de levage	14
3.4.4	Unités de commande	14
3.4.5	Eléments suspendus.....	15
3.4.6	Planchers surélevés.....	15
3.5	Alimentation électrique	16
3.6	Entreposage	17
3.7	Systèmes automatiques.....	18
4	Entretien.....	19
4.1	Vérification de la sécurité sismique des infrastructures d'assainissement existantes	19
4.2	Mise en œuvre de mesures dans le cadre de l'entretien	19
5	Prévention et gestion des événements.....	20
5.1	Prévention et plan d'intervention.....	20
5.1.1	Mesures de sécurité	20
5.1.2	Identifier les réparations requises et définir les priorités.....	20
5.1.3	Constitution de réserves pour le cas de séisme.....	21
5.1.4	Approvisionnement en énergie après un séisme.....	21
5.1.5	Plan d'urgence et formation à la gestion de catastrophes.....	21
5.1.6	Communication après un événement.....	22
5.2	Remise en état et reconstruction.....	22
5.2.1	Priorité	22
5.2.2	Marche à suivre	22
5.2.3	Expérience acquise	22
6	Sources.....	24

1 Introduction

1.1 Aléa sismique, objectif et champ d'application des recommandations

Un séisme peut survenir partout en Suisse, mais l'aléa sismique varie d'une région à l'autre. Du point de vue statistique, il faut s'attendre à un séisme d'une magnitude 5 (dégâts locaux) tous les dix ans, à un séisme d'une magnitude 6 (dommages à l'échelle régionale) tous les cent ans et à un séisme d'une magnitude 7 (dégâts graves à l'échelle suprarégionale) tous les mille ans. Les séismes violents, comme celui de Bâle en 1356, sont donc très rares. Compte tenu de la densité de l'urbanisation et des biens de valeur, les séismes sont, parmi les dangers naturels en Suisse, ceux qui recèlent le plus grand potentiel de dommage. Par conséquent, la sécurité sismique doit également être étudiée pour ce qui est des réseaux d'assainissement.

Les présentes recommandations ont pour but de garantir aux réseaux d'assainissement suisses une sécurité sismique selon les règles de l'art. Elles s'appliquent en général lors de la construction d'installations ou de parties d'installations nouvelles, ainsi qu'en cas de contrôle, de maintenance, de transformation, de remise en état et de confortement parasismique d'installations existantes. Elles comprennent les principes de base de la mitigation et de la gestion des événements.

Les recommandations s'appliquent pour tous les exploitants d'installations et servent d'outil pour améliorer la sécurité sismique, tant constructive qu'opérationnelle, des réseaux d'assainissement.

2 Nouvelles constructions

Ce chapitre se fonde en grande partie sur les publications de Hugo Bachmann (2002, 2006), avec quelques compléments propres aux installations d'assainissement.

2.1 Exigences posées aux nouvelles constructions

2.1.1 Calcul des structures

La Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA) a édité une série de normes sur les structures porteuses, qui tiennent compte des connaissances récentes en matière de construction parasismique. L'application des normes SIA garantit un niveau de sécurité qui correspond aux standards internationaux. Il convient dès lors de les respecter strictement lors de la conception et de la construction de nouveaux bâtiments et ouvrages. Voici les normes des structures porteuses pertinentes pour les installations d'assainissement:

- SIA 260 Bases pour l'élaboration de projets de structures porteuses
- SIA 261 Actions sur les structures porteuses
- SIA 262 Construction en béton
- SIA 263 Construction en acier
- SIA 264 Construction mixte acier-béton
- SIA 266 Construction en maçonnerie
- SIA 267 Géotechnique

2.1.2 Aptitude au fonctionnement

Les normes SIA sur les structures porteuses n'exigent pas de vérification de l'aptitude au service des installations d'assainissement, car elles sont attribuées en règle générale à la classe d'ouvrage II selon la SIA 261. Les réseaux d'assainissement constituant toutefois des infrastructures cruciales, les sections 16.4 et 16.7 de cette norme exigent que leurs éléments de construction et leurs composants, de même que leurs assemblages, leurs fixations et leurs ancrages, soient dimensionnés pour résister aux séismes si une défaillance de ces éléments devait entraver l'exploitation de l'installation. Autrement dit, l'aptitude au fonctionnement des installations doit être garantie en cas de séisme. A cet effet, les installations de traitement et les autres composants doivent être maintenus en place, pour ne pas glisser, basculer ou se détacher.

2.1.3 Coût de la sécurité sismique

Le surcoût de la construction parasismique dépend pour l'essentiel de la manière dont le planificateur et l'ingénieur civil conçoivent les ouvrages, les équipements de traitement et les installations, ainsi que de la méthode appliquée pour calculer et dimensionner les éléments de construction et concevoir leurs détails. La zone d'aléa sismique et le sol de fondation influencent également le surcoût.

Il est primordial que le planificateur et l'ingénieur civil collaborent étroitement dès le départ et qu'ils appliquent les règles de la conception parasismique. Il incombe ensuite à l'ingénieur de dimensionner selon les normes la structure porteuse et la sécurisation des éléments d'ouvrages et des installations et de définir les détails constructifs. L'expérience montre que, si ces conditions sont respectées, le surcoût à consentir pour garantir la sécurité sismique se situe entre 0 et 1 % du coût de l'ouvrage.

2.2 Marche à suivre lors de la conception

2.2.1 Aide-mémoire pour le planificateur d'installations d'assainissement

- Faites remarquer à l'exploitant que le surcoût d'une construction parasismique est minime et que la solution la plus simple et la plus efficace résulte de la participation de l'ingénieur civil dès la conception de la construction.
- Veillez à ce que la convention d'utilisation selon la norme SIA 260 traite explicitement l'action sismique et définisse clairement les responsabilités et les compétences.
- Elaborez, en collaboration avec l'ingénieur civil et en appliquant les principes de la conception parasismique, la solution optimale aux plans technique et opérationnel pour assurer la protection parasismique de la structure porteuse et des installations de traitement.
- Expliquez à l'exploitant des installations, avec l'ingénieur civil, les mesures constructives qui sont prévues afin d'assurer la sécurité sismique.
- Prenez connaissance de ces mesures lors de l'élaboration des plans d'exécution et discutez de leur réalisation avec l'ingénieur civil.
- Veillez à ce que l'ingénieur civil soit toujours consulté en cas de modification des plans, en particulier pour pratiquer des évidements dans la structure porteuse (chauffage, ventilation, climatisation).
- Au début du chantier, assurez-vous que la direction des travaux a connaissance des mesures constructives de protection parasismique et vérifiez, avec l'ingénieur, que les contrôles requis sont bien effectués.
- Veillez à ce que les mesures constructives de protection parasismique soient consignées comme il convient dans le dossier de construction à archiver.

2.2.2 Aide-mémoire pour l'exploitant d'une installation

- Précisez que la conception parasismique et le respect des normes SIA pertinentes sont inclus dans les prestations du planificateur et de l'ingénieur civil.
- Assurez-vous que la convention d'utilisation selon la norme SIA 260 traite explicitement l'action sismique et qu'elle définit clairement les responsabilités et les compétences.
- Veillez à ce que l'ingénieur civil soit d'emblée impliqué dans le projet.
- Avant l'élaboration des plans définitifs, à joindre à la demande de permis de construire, faites-vous expliquer les mesures constructives prévues pour assurer la protection parasismique de l'ouvrage, lors d'une séance commune avec le planificateur et l'ingénieur civil.
- Lors de l'élaboration des plans d'exécution, faites-vous expliquer en quoi consiste la conception parasismique de la structure porteuse et des installations de traitement, et suivez leur réalisation sur le chantier.

2.3 Principes de la conception parasismique des ouvrages

La conception et le choix des détails constructifs de la structure porteuse et des installations de traitement jouent un rôle déterminant dans la résistance des ouvrages et leur vulnérabilité face aux séismes. Aussi poussés soient-ils, les calculs de l'ingénieur et le dimensionnement ne pourront pas compenser a posteriori les erreurs ou les défauts de conception. Or un projet parasismique bien conçu est à même d'assurer une protection efficace contre les séismes moyennant un surcoût faible, voire nul. Il est à noter que les secousses sismiques ne mettent en principe guère en danger les conduites et les bassins enterrés.

2.3.1 Règles de base pour les bâtiments

Pour garantir la sécurité structurale d'ouvrages sous l'action sismique, il importe de les doter d'un système de contreventement à même de reprendre les forces horizontales. Les forces d'inertie engendrées par l'accélération des masses doivent être transmises au sol de fondation à partir des dalles via les contreventements et les fondations. Les structures porteuses doivent être dimensionnées selon les normes en vigueur (SIA) et de ce fait tenir compte de l'action sismique. Pour que la structure porteuse se comporte de manière prévisible et sans danger en cas de séisme, sa conception doit de plus respecter certains principes de base (cf. Bachmann 2002).

Le plus important est de concevoir une structure porteuse robuste et régulière en plan et en élévation. Les contreventements doivent être continus à tous les étages, répartis de manière régulière en plan et ancrés dans les fondations. Leur réalisation doit par ailleurs tenir compte de la transmission des efforts. Des dalles rigides dans leur plan et des radiers continus, reliés aux éléments de contreventement, assurent une répartition uniforme des charges et solidarisent les éléments du bâtiment.

Lors de la conception et de la réalisation d'un bâtiment, mais surtout durant son utilisation, il faut veiller à ne pas affaiblir (par des évidements ou des ouvertures) les parties fortement sollicitées de la structure porteuse. Des structures porteuses homogènes réalisées avec des matériaux similaires ou adaptés les uns aux autres permettent un comportement robuste et sûr. Les assemblages d'éléments préfabriqués doivent être dimensionnés en conséquence et fixés pour éviter leur chute.

2.3.2 Examen du sol de fondation

Il est essentiel de procéder à un examen approprié du sol de fondation. Des sols sablonneux ou limoneux peuvent offrir une bonne capacité portante pour les charges statiques. Dans certaines conditions, ils peuvent toutefois réagir comme un liquide sous l'action sismique. Pouvant subir des tassements différentiels, ils peuvent faire remonter à la surface des conduites enterrées ou des bassins de décantation vides. Il importe dès lors d'analyser au préalable le danger de liquéfaction des sols sablonneux ou limoneux, en particulier dans la zone sismique 3 selon la norme SIA 261.

Lors de la pose de conduites, une attention particulière est requise dans les terrains en pente, où un séisme peut provoquer des glissements. Relevons qu'un séisme mettra surtout en mouvement les zones existantes de glissement ou de reptation.

En cas de sol de fondation délicat, il vaut en général la peine de faire appel à un spécialiste de la géotechnique.

2.3.3 Harmoniser la structure porteuse et les éléments non porteurs

Pour éviter qu'un séisme de faible intensité ne provoque déjà des dommages, il convient d'harmoniser la rigidité de la structure porteuse dans le plan horizontal et la déformabilité des cloisons intérieures et des installations de traitement. Les éventuelles cloisons intérieures seront donc dotées de joints appropriés. Les conduites, les canaux d'aération, les puits, etc. doivent être équipés de manchons et de pièces intercalaires à même de compenser les mouvements différentiels.

2.3.4 Equipements et installations de traitement

A l'intérieur des bâtiments, les équipements, les appareils et les installations de traitement, tels les récipients, les conduites, les pompes, les souffleries, les armoires électriques et de commande, les casiers, etc. doivent être assurés solidement au moyen de fixations et de renforcements. Une fixation légère ne suffit pas pour maintenir en place les éléments de construction posés sur des consoles ou d'autres supports. Il importe en effet de les ancrer solidement sur tout leur pourtour, car les fixations ne doivent pas supporter uniquement le poids de l'installation ou de l'appareil, mais pouvoir aussi résister à des forces horizontales.

Le chapitre 3 ci-après fournit de plus amples détails sur l'équipement des installations.

3 Equipements et installations de traitement

3.1 Expériences internationales

L'analyse de séismes survenus à travers le monde révèle que si l'événement engendre l'arrêt d'une installation d'assainissement, celui-ci est dû en priorité à la chute d'éléments de l'équipement, d'armoires électriques et d'autres appareils, chute qui arrache des câbles, des conduites et des raccords. Eviter de tels dommages contribue à préserver l'aptitude au fonctionnement des installations.

3.2 Calcul des structures

La Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA) a édité une série de normes sur les structures porteuses, qui tiennent compte des exigences de la construction parasismique. L'application rigoureuse des normes SIA permet d'obtenir un niveau de sécurité qui correspond aux standards internationaux. Les normes SIA sont également applicables aux équipements et aux installations de traitement.

3.3 Aptitude au fonctionnement

Les normes SIA 260 et SIA 261 définissent avant tout les exigences régissant les structures porteuses. Elles ne prévoient une vérification de l'aptitude au service d'un ouvrage que dans les cas particuliers. Les réseaux d'assainissement constituant des infrastructures cruciales, la norme SIA 261 exige toutefois que leurs éléments de construction et leurs composants, de même que leurs assemblages, leurs fixations et leurs ancrages, soient dimensionnés pour résister aux séismes si une défaillance de ces éléments entrave l'exploitation de l'installation. Autrement dit, l'aptitude au fonctionnement des installations doit être garantie en cas de séisme.

La section 16.7 de la norme SIA 261 (2003) décrit les actions et le modèle de calcul pour les «éléments de construction non porteurs» (qui comprennent les équipements et les installations de traitement). Le calcul se fonde sur des forces horizontales de remplacement, qui tiennent compte de l'accroissement de l'action sismique avec la hauteur du bâtiment ainsi que des périodes d'oscillation propres aux bâtiments et aux installations. La vérification de l'aptitude au fonctionnement consiste avant tout à vérifier que les éléments de l'équipement sont maintenus en place de manière à ne pas glisser, basculer ou se détacher.

Les dégâts subit par un composant de l'installation en raison d'un séisme sont très difficiles à déterminer et leur calcul déborderait largement du cadre usuel de la sécurité sismique des infrastructures d'assainissement.

3.4 Conception parasismique des équipements et des installations de traitement

3.4.1 Conduites

Matériaux des conduites enterrées

Les séismes ne représentent en général guère de danger pour les conduites enterrées. Celles-ci sont toutefois vulnérables en cas de déplacement du terrain (glissements et liquéfaction du

sol). Les conduites d'eaux usées devraient être en béton armé, en grès, en acier ductile, en PVC ou en fibrociment, et leurs éléments reliés par des raccords flexibles en matériau ductile équipés de joints en caoutchouc. Il est indiqué de profiter des révisions pour remplacer les tuyaux en fonte ou en béton, aux joints matés, corrodés ou devenus cassants, par des conduites en matériaux ductiles.

Fixation de conduites

Dans l'enceinte d'une station d'épuration, les conduites non enterrées sont vulnérables si elles ne sont pas fixées, car un séisme peut les faire osciller fortement. La figure 1 illustre une solution qui assure une fixation parasismique d'un chemin de conduites. Outre les brides et supports rigides, il convient d'utiliser, à intervalles réguliers, des éléments de fixation obliques, qui pourront reprendre les forces horizontales d'un séisme dans le sens longitudinal et transversal. Une autre solution consiste à recourir à une fixation solide par des étriers (fig. 2).

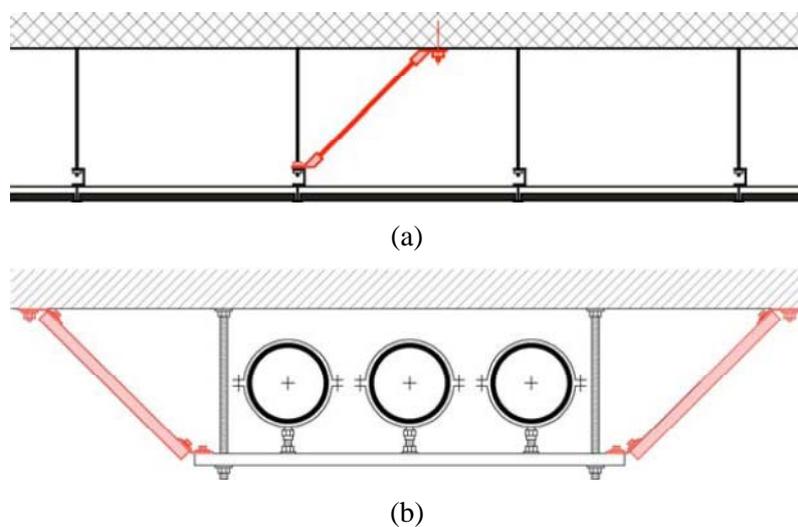


Fig. 1: Fixation parasismique d'un chemin de conduites: a) contreventement longitudinal et b) contreventement transversal (Marxer et al. 2003).



Fig. 2: Fixation solide à l'aide d'un étrier (ALA 2002).

Raccords souples

Pour éviter qu'un séisme de faible intensité ne provoque déjà des dommages, il convient d'harmoniser la rigidité de la structure porteuse et la déformabilité des conduites. Il est recommandé de doter les conduites, les canaux d'aération, les puits, etc. de manchons souples et de pièces intercalaires, afin de compenser les mouvements différentiels. Les raccords de conduites à des ouvrages rigides, tels des réservoirs, des pompes ou des puits, doivent également être souples et réalisés en matériaux ductiles, pour être à même de compenser ou d'absorber les déformations différentielles. Dans le cas d'installations existantes, il convient de remplacer les vieux raccords rigides par des raccords souples ou de les équiper de manchons souples.

A l'intérieur des bâtiments, il faut surtout veiller au passage des conduites à travers les murs. Au rez-de-chaussée, il convient ainsi d'éviter de grands évidements ou ouvertures dans des parois porteuses en béton armé. Il est indispensable de définir le cheminement des conduites en accord avec l'ingénieur civil et le concepteur de la structure porteuse.

Les figures ci-après (fig. 3 à fig. 9) illustrent des raccords de conduites qui supportent des déformations plus ou moins importantes. Ces raccords peuvent être réalisés en plastique, en caoutchouc ou en métal.

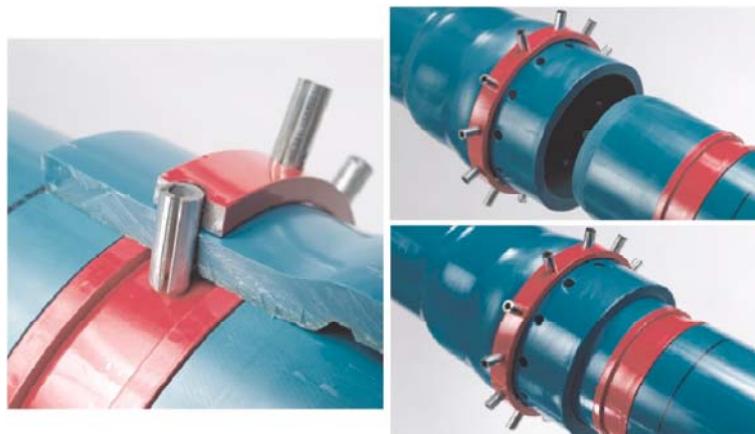


Fig. 3: Raccord «TerraBrute» pouvant absorber des déformations axiales limitées (Ipex Inc.).

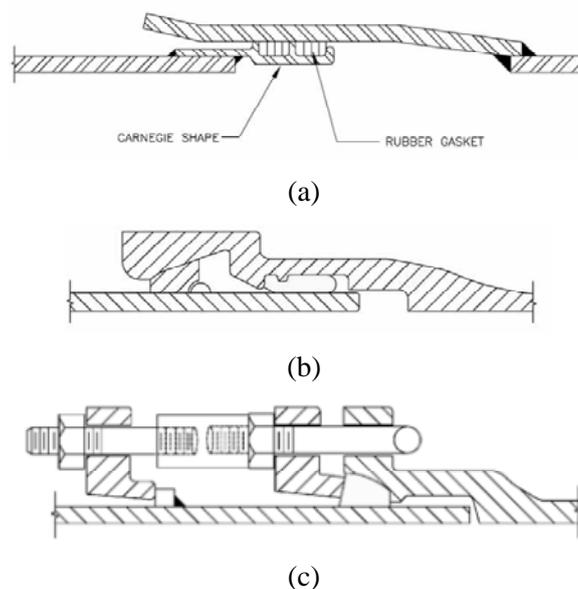


Fig. 4: Raccords capables d'absorber des déformations longitudinales a) illimitées, b) avec butée et c) fixes (ALA 2002).

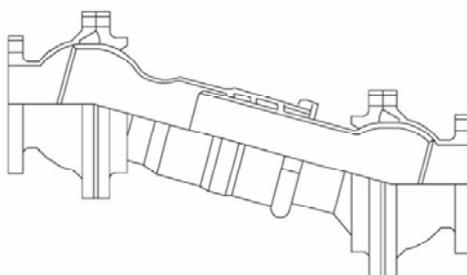


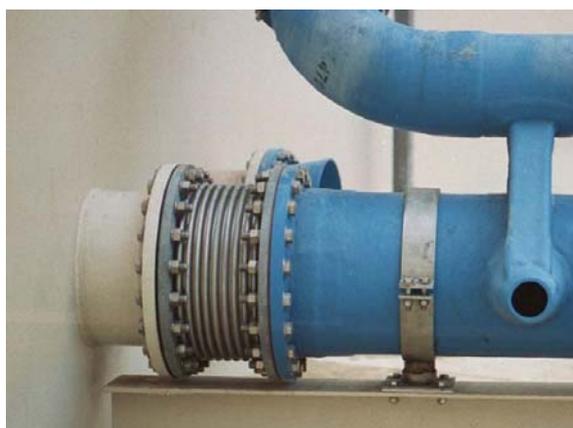
Fig. 5: Raccord souple: articulation Flex-Tend (EBAA Iron).



Fig. 6: Raccord souple sur un réservoir (<http://www.sccitanks.com>).



(a)



(b)

Fig. 7: Raccords souples avec manchons compensateurs a) en caoutchouc (<http://www.ditec-kt.de>) et b) en métal (<http://www.jetaerators.com/>).



Fig. 8: Manchon souple en caoutchouc (<http://www.ditec-kt.de>).



Fig. 9: Conduites souples avec lyres de dilatation (<http://www.z-montagen.ch>).

3.4.2 Equipements et appareils

Fixation et ancrage

Pour les protéger efficacement contre les vibrations sismiques, il convient de fixer et d'étayer les installations et appareils de traitement, tels les récipients, pompes, vannes ou souffleries. Une fixation légère ne suffit pas pour maintenir en place les éléments de construction posés sur des consoles ou d'autres supports. Il importe en effet de les ancrer solidement sur tout leur pourtour, car les fixations ne doivent pas supporter uniquement le poids de l'installation ou de l'appareil, mais pouvoir aussi résister à des forces horizontales. Il convient de soutenir et d'ancrer les grandes valves ou vannes sur les conduites non enterrées, de même que d'autres éléments. Les figures 10 et 11 montrent des systèmes d'ancrage dans le sol.

Les éléments installés dans les bassins d'eaux usées ou de boues doivent être conçus de manière à résister au choc des vagues, tout comme leurs fixations. Ces dernières seront au besoin adaptées. Les appareils ou composants isolés doivent être fixés de manière à ne pas tomber et à ne pas endommager d'autres éléments de l'installation.



Fig. 10: Ancrage de récipients et de socles d'appareils (HB-Technik, Profitexx).



Fig. 11: Ancrage anti-basculement d'un groupe frigorifique sur les fondations: il s'est révélé efficace lors du séisme survenu en 2010 à Mexicali (Hutchinson et al. 2010).

Assise élastique des appareils

Il est également possible de doter divers appareils (souffleries, centrifugeuses, presses, etc.) d'une assise élastique, qui absorbera les fortes sollicitations sismiques. Les figures 12 et 13 présentent des exemples de ce genre de socle (caoutchouc ou éléments à ressorts). Une partie des appareils qui produisent des vibrations sont de toute façon équipés de tels amortisseurs, qui empêchent la propagation des vibrations. En cas de séismes, ces amortisseurs protègent à l'inverse les appareils des mouvements du sol en réduisant la sollicitation sismique. Il importe toutefois de fixer solidement les installations dotées d'une assise élastique pour qu'elles ne puissent pas glisser ou basculer. Leur fixation est à vérifier.

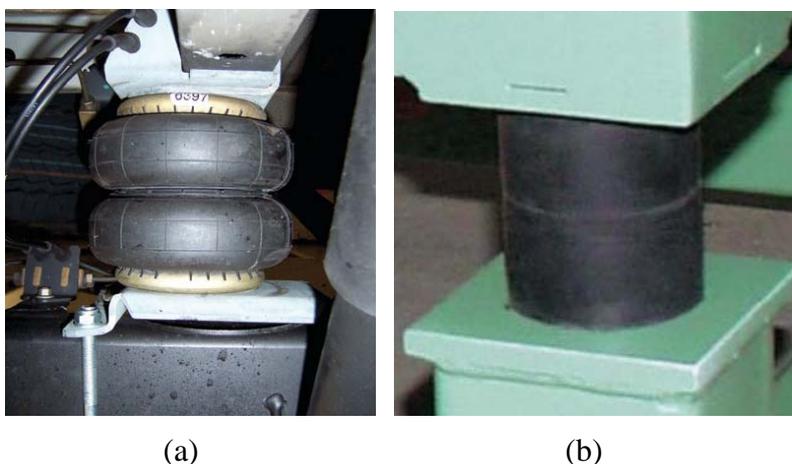


Fig. 12: Amortisseurs d'oscillations et de vibrations: a) soufflet pneumatique (<http://www.oelmuellers.com/>) et b) amortisseur en caoutchouc (<http://www.nettervibration.com>).



Fig. 13: Isolation vibratoire d'une installation de ventilation à l'aide d'amortisseurs à ressorts (<http://www.gerb.com>).

3.4.3 Chemins de roulement des appareils de levage

Les installations auxiliaires, tels les palans, devraient également être parasismiques. Pour cela, il importe surtout de prévenir les risques de chute du chariot ou du chemin de roulement. Le chariot ne devrait notamment jamais dérailler. Des systèmes de sécurité appropriés sont donc à prévoir. Dans le cas des palans pouvant aussi exercer une traction oblique, la prévention des chutes du chariot est en général assurée, mais ce n'est pas toujours le cas. La figure 14 montre un chariot de palan qui ne peut pas dérailler en cas de séisme.



Fig. 14: Chariot de palan assuré contre les chutes et les déplacements inopportuns (<http://www.directindustry.de>).

3.4.4 Unités de commande

Les installations électriques et les unités de commande ne doivent pas pouvoir glisser ou se renverser. L'idéal consiste à fixer directement chaque armoire à un mur à l'aide d'une cornière, comme l'illustre la figure 15a. Les armoires qui ne sont pas appuyées contre un mur peuvent être ancrées dans le plafond, comme le montre la figure 15b. Il convient aussi de les fixer au sol, afin de les empêcher de glisser.



Fig. 15: Ancrage d'armoires électriques: a) sur un mur porteur (photo Weber) et b) au plafond dans le cas d'armoires isolées (photo Studer).

Il peut s'avérer utile de doter les armoires électriques sensibles d'une isolation parasismique à la base (cf. fig. 12 et fig. 20), qui réduira les forces agissant sur le contenu. Les amortisseurs doivent toutefois être fixés aussi bien sur l'armoire que dans le sol, afin d'éviter que l'armoire glisse ou se renverse.

3.4.5 *Éléments suspendus*

Il importe de veiller tout spécialement à la fixation d'éléments suspendus (plafonds ou autres). Pour éviter les chutes, il faut en principe vérifier que les éléments de suspension sont en mesure d'absorber des forces horizontales, c'est-à-dire qu'ils sont assurés contre les déplacements latéraux.

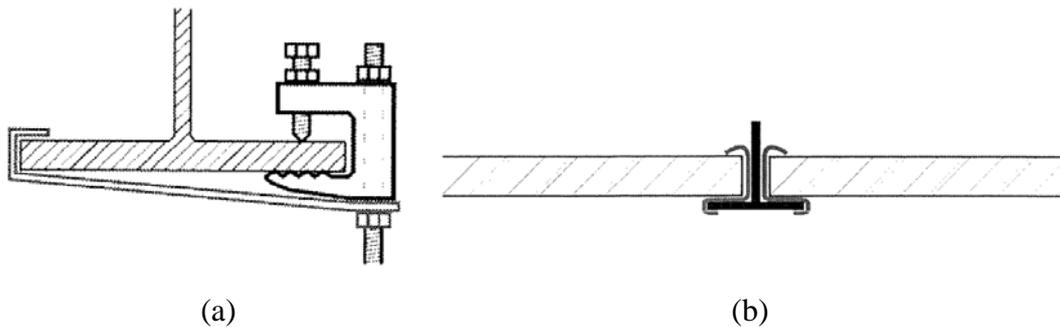


Fig. 16: Fixations comprenant une protection parasismique: a) fixation de la tige de suspension, b) fixation des panneaux de plafond (Marxer et al. 2003).

3.4.6 *Planchers surélevés*

Les unités de commandes sont souvent placées sur des planchers surélevés, les câbles passant au-dessous. Outre l'ancrage des armoires, il faut également réaliser ce sol de manière à ce qu'il ne puisse ni glisser ni s'effondrer. A cet effet, on peut utiliser des entretoises horizontales et fixer les pieds dans le sol de manière à ce qu'ils résistent à la traction, comme le montre la figure 17.



Fig. 17: Fixation parasismique d'un plancher surélevé.

3.5 Alimentation électrique

En matière d'alimentation électrique, la prévention exige souvent un système redondant: raccordement à plusieurs réseaux ou sous-stations, voire acquisition d'un générateur de secours pour alimenter les installations les plus importantes. L'expérience montre en effet qu'acheminer un générateur sur place en cas de séisme s'avère souvent difficile, soit parce que les voies d'accès sont bloquées, soit parce que tous les groupes électrogènes existants sont utilisés à d'autres fins.

Les appareils de l'alimentation électrique sont soumis aux mêmes règles de fixation que les autres appareils et équipements. En raison de leur poids, les transformateurs sont souvent placés sur des rails. Il importe dès lors de les assurer pour les empêcher de rouler sur leurs rails, de glisser ou de basculer (cf. fig. 18), car les raccordements peuvent être arrachés en cas de séisme.



Fig. 18: Transformateur placé sur des rails et sécurisé pour ne pas rouler ou basculer.

Dans le cas d'une alimentation en courant sans interruption (ASI) par des accumulateurs au plomb, les accumulateurs doivent être placés arrimés sur des étagères fixes. Les étagères doivent quant à elles être fixées pour ne pas basculer (cf. fig. 19).



Fig. 19: Alimentation en courant sans interruption avec un système empêchant les accumulateurs de tomber et de se renverser (JMAEG, Phasor Corporation).

Dans les cas particuliers, les groupes électrogènes fixes peuvent être placés sur des socles assurant une isolation sismique. Cette mesure améliore leur aptitude au fonctionnement après un séisme: non seulement l'appareil ne peut ni glisser ni basculer, mais ses composants sont également mieux protégés contre les sollicitations sismiques.



Fig. 20: Isolation sismique d'un générateur de secours (<http://www.etccd.com>).

3.6 Entreposage

Tous comme les composants de l'installation et les équipements de traitement, les objets entreposés ne doivent pas pouvoir se renverser. Un entreposage approprié est en particulier requis dans le cas de substances et de produits chimiques dangereux pour l'environnement. Les entrepôts à étagères doivent être construits selon les normes parasismiques et dimensionnés de telle sorte que les étagères ne basculent pas. Les marchandises entreposées sur des étagères

doivent également être assurées (cf. récipients attachés ensemble dans la figure 21a). Une solution consiste aussi à utiliser des colliers pour arrimer des bouteilles de gaz contre un mur (cf. fig. 21b).



Fig. 21: Entreposage de marchandises selon les règles parasismiques: a) palettes et récipients attachés ensemble; b) bouteilles de gaz arrimées par des colliers métalliques (photo Studer).

3.7 Systèmes automatiques

Les systèmes automatiques, tels les racleurs de boues dans les bassins de décantation ou les bandes transporteuses devraient se déclencher ou s'arrêter automatiquement en cas de séisme. Après le séisme, on peut vérifier qu'ils n'ont pas été bloqués, voire endommagés, par des panneaux de séparation ou de couverture ou d'autres éléments non fixes qui seraient tombés. Après contrôle, l'installation peut être remise en service. Le déclenchement automatique peut être assuré par un détecteur sismique central intégré dans le système de commande.

4 Entretien

4.1 Vérification de la sécurité sismique des infrastructures d'assainissement existantes

Le concept de sécurité sismique des infrastructures d'assainissement prévoit une vérification unique de la sécurité sismique d'installations existantes. Les nouvelles installations devraient être conçues et réalisées conformément aux règles de l'art selon les normes SIA sur les structures porteuses. La sécurité sismique des installations existantes ne sera plus vérifiée par la suite que si une éventuelle révision des normes modifie sensiblement les actions sur les structures ou les méthodes de calcul. La procédure visant à vérifier la sécurité sismique des infrastructures d'assainissement existantes est décrite plus en détail dans la publication «Erdbeben und Infrastrukturen - Abwassersysteme».

4.2 Mise en œuvre de mesures dans le cadre de l'entretien

Il est possible d'identifier et d'appliquer des mesures constructives simples destinées à améliorer la sécurité sismique à l'occasion des travaux d'entretien. A cet effet, les exploitants d'installations devraient s'inspirer des mesures constructives (chap. 3) et des mesures préventives d'ordre organisationnel (chap. 5). La procédure de vérification décrite dans l'étude «Erdbeben und Infrastrukturen - Abwassersysteme», avec ses check-lists, fournit d'autres indications utiles pour identifier les faiblesses structurelles des ouvrages.

Des mesures constructives simples permettant d'améliorer la sécurité sismique des infrastructures d'assainissement peuvent être réalisées lors des travaux d'entretien ordinaires. Un surcoût minime permet ainsi d'accroître considérablement l'aptitude au fonctionnement des installations après un séisme.

Si le confortement parasismique exige des mesures structurelles de plus grande envergure, celles-ci sont à réaliser dans le cadre de travaux de rénovation plus conséquents, afin d'exploiter des synergies potentielles et de réduire les coûts.

5 Prévention et gestion des événements

Les aspects de la prévention et de la gestion des événements présentés ci-après sont tirés des plans de protection contre les catastrophes de grandes organisations. Par analogie, il est toutefois possible de les transposer à une échelle plus petite et d'en faire profiter les exploitants d'infrastructures d'assainissement plus modestes.

5.1 Prévention et plan d'intervention

5.1.1 Mesures de sécurité

Après un séisme, il est essentiel de pouvoir prendre des mesures de sécurité ou de réaliser des réparations. Cela nécessite par exemple, une alimentation électrique de secours, des groupes électrogènes, des pompes et des éclairages portables pour le travail de nuit. Il est par ailleurs utile de disposer d'installations mobiles légères, donc aisément transportables (groupes électrogènes, pompes et installations de désinfection), qui permettront de remplacer des installations défaillantes, d'assurer l'évacuation des eaux et de prévenir les épidémies. Une fois définies et mises en places, ces mesures de sécurité doivent être régulièrement vérifiées et mise à jour.

Après un séisme, il importe en priorité d'assurer le fonctionnement des principales infrastructures, tels les hôpitaux, les services du feu, la police et l'approvisionnement en énergie. Ce principe vaut également dans une moindre mesure pour les réseaux d'assainissement.

5.1.2 Identifier les réparations requises et définir les priorités

L'un des points essentiels de la prévention consiste à déterminer, sur la base d'une analyse de vulnérabilité, les réparations qu'il faudra entreprendre après un séisme d'intensité déterminée. Il s'agit avant tout de cerner les besoins de matériel et de personnel, ainsi que de préparer les personnes capables d'organiser le travail des services d'intervention externes. Le plus souvent, il suffit d'élaborer un plan d'intervention, de prévoir le matériel de réserve et de former les organismes concernés.

Pour ce qui est des pièces de rechange et du matériel de réparation, il importe de savoir où et en combien de temps le matériel est disponible. Il faut cependant se rappeler que ce type de matériel fera l'objet d'une très forte demande après un séisme et que les ressources locales risquent d'être rapidement épuisées. L'exploitant devrait donc prévoir un approvisionnement suprarégional, car si un séisme engendre certes des besoins locaux, la demande diminue avec la distance. Il est ainsi peu probable que des installations d'assainissement soient endommagées à plus de 50 km de l'épicentre.

L'analyse de vulnérabilité fait partie intégrante de la procédure de vérification de l'étude «Erdbeben und Infrastrukturen - Abwassersysteme». Les résultats de l'évaluation sommaire permettent d'estimer approximativement les réparations requises. Pour accroître la précision de cette estimation, il conviendra de procéder à une évaluation détaillée.

A partir de l'analyse de vulnérabilité, puis de l'évaluation grossière ou détaillée, l'exploitant peut définir l'ordre des priorités des réparations requises après un séisme. Pour ce faire, il devra fixer au préalable l'objectif d'exploitation après un séisme. L'analyse de cet objectif et

de la vulnérabilité des composants de l'installation permet d'estimer l'étendue des dégâts potentiels et donc les réparations requises.

Renforcer les ouvrages et les installations permet de réduire les réparations requises. Il est donc recommandé d'entreprendre les mesures constructives simples permettant d'améliorer la sécurité sismique (cf. sous «Equipements et installations de traitement» et «Entretien»).

5.1.3 Constitution de réserves pour le cas de séisme

Une fois les réparations requises connues, il convient d'entreposer les pièces de rechange dans des bâtiments parasismiques ou sur des aires non couvertes. Il sera ainsi possible d'y accéder en tout temps, ce qui réduira la durée des réparations. Il importe de tenir un inventaire approprié des pièces de rechange et de carburant, car il faut s'attendre à des pénuries en cas de séisme.

Lorsqu'un séisme endommage gravement des bâtiments, la réparation des infrastructures sera entravée et exigera plus de temps. Il importe d'en tenir compte dans la planification préalable des mesures d'urgence. L'accès aux zones concernées doit de plus être garanti pour les équipes de réparation. Il vaut la peine de prévoir des dessertes spéciales, afin de ne pas gêner les autres voies de transport.

Il faut aussi penser au logement et aux repas des équipes de réparation, tout en sachant que certains restaurants et hôtels risquent d'être fermés.

5.1.4 Approvisionnement en énergie après un séisme

Assurer l'approvisionnement en énergie est crucial pour préserver le bon fonctionnement des installations d'assainissement. La prévention passe, par exemple, par le raccordement des installations à plusieurs sous-stations ou par l'acquisition d'une alimentation de secours pour les composants essentiels (selon l'analyse de l'importance). Il convient toutefois d'exploiter les synergies existantes et, à cet effet, de mettre au point et d'appliquer un programme d'alimentation de secours avec d'autres exploitants.

5.1.5 Plan d'urgence et formation à la gestion de catastrophes

Préparer le personnel à affronter des situations d'urgence est l'une des conditions pour garantir un accomplissement rapide et sûr des tâches requises. Cette préparation comprend l'établissement d'un plan d'urgence et la formation de base des services d'intervention, moyennant des cours réguliers sur les situations de crise et le contrôle régulier des connaissances acquises.

La formation devrait porter sur différents réseaux d'approvisionnement et comprendre des cours pluridisciplinaires. La coordination entre les divers réseaux vitaux devrait si possible être assurée par un plan d'urgence régional et un plan d'assistance interdisciplinaire. Outre le plan d'urgence, il convient de définir une liste des priorités, car toutes les mesures ne revêtent pas la même importance. Le plan d'urgence doit être mis à jour régulièrement et inclure notamment les points suivants: rapport sur les événements, réattribution des compétences, formation, approvisionnement en nourriture des équipes de réparation et plan d'inspection des installations critiques.

Il est essentiel que l'exploitant d'une installation de traitement des eaux usées sache comment réagir après un séisme. La panique et le manque de réflexion risquent en effet de faire perdre du temps et de précieuses ressources. Une bonne organisation définie au préalable et un plan d'urgence sont les fondements d'une intervention efficace.

5.1.6 Communication après un événement

Si les entreprises d'approvisionnement ont intérêt à mettre en place leur propre communication, la chose serait irréaliste pour les réseaux d'assainissement. Lors d'un séisme d'une certaine intensité, le réseau public de communication peut être surchargé ou hors service. Dans ces cas, la priorité revient au service du feu, à la police et au secteur de la santé publique.

5.2 Remise en état et reconstruction

5.2.1 Priorité

Après un séisme, la première priorité consiste à assurer la protection des eaux souterraines et des eaux de surface exploitées pour alimenter le réseau d'eau potable, de même qu'à empêcher l'apparition d'épidémies et l'expansion de maladies. Voici les deux corollaires de cette priorité: 1) Après un séisme, il convient en premier lieu de vérifier les tronçons d'égouts situés dans les zones de protection des eaux souterraines et, le cas échéant, de les réparer. 2) Il importe de remettre les systèmes d'épuration rapidement en service. Les composants des installations qui jouent un rôle prépondérant doivent demeurer opérationnels en tout temps ou être remis en service en première priorité. Après un séisme, il faut s'attendre à ce que l'aptitude au fonctionnement des installations soit restreinte.

5.2.2 Marche à suivre

Après un séisme, il convient d'appliquer le plan d'urgence mis au point. L'essentiel consiste alors à procéder rapidement à un contrôle visuel des égouts et des stations d'épuration, ainsi qu'à vérifier plus spécialement les parties du réseau situées dans des zones de protection des eaux souterraines et à proximité de sources. Sur la base de la liste des priorités en matière de réparation, il convient ensuite de planifier en détail les réparations à entreprendre selon les dégâts enregistrés.

Pour éviter d'importants déversements d'eaux usées, il est possible de construire des bassins de décantation et de sédimentation provisoires avant d'entreprendre la réparation et la remise en état de composants critiques. L'objectif est toujours de rétablir au plus vite le fonctionnement normal.

L'expérience montre que les dégâts occasionnés par un séisme au niveau du réseau d'approvisionnement en eau peuvent diminuer la quantité des eaux usées à traiter. De telles corrélations entre différentes infrastructures soulignent toute l'importance d'une coordination interdisciplinaire. La coordination est surtout primordiale avec le réseau électrique, puisque beaucoup dépend de l'approvisionnement en énergie.

5.2.3 Expérience acquise

Les travaux de remise en état à la suite d'un séisme sont soumis aux mêmes exigences que les autres travaux de rénovation ou la construction de nouveaux réseaux d'assainissement. Il convient en premier lieu de préserver l'évacuation des eaux usées des agglomérations et

d'éviter le déversement inopportun d'eaux usées après le séisme et pendant les travaux de construction et de réparation. Les anciens composants de l'installation doivent rester en service jusqu'à ce que les nouveaux soient achevés. Il convient de causer le moins de dérangement possible aux voisins et aux constructions sises à proximité, cette remarque valant en particulier pour le flux du trafic et l'accès aux bien-fonds contigus.

Il est recommandé de coordonner les réparations avec d'autres travaux de construction dans la zone concernée, car d'autres réseaux (gaz, eau, électricité et communication) empruntent souvent les mêmes tracés et ont probablement aussi été endommagés par le séisme. Pour remettre en état les réseaux endommagés, il est possible de recourir à différentes méthodes, telle la pose d'un nouveau tube à l'intérieur de tuyaux existants, mais il peut s'avérer nécessaire de remplacer les conduites endommagées.

6 Sources

- Bachmann, H. (2002), *Conception parasismique des bâtiments – Principes de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maîtres d'ouvrages et autorités*. Directives de l'OFEG.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00799/index.html?lang=fr>
- Bachmann, H. (2006), *Construction parasismique en Suisse*. Office fédéral de l'environnement et Fondation pour la dynamique des structures et le génie parasismique. 2^e édition. http://www.baudyn.ch/docs/audyn_faltblatt_1_f.pdf
- Marxer, G., Kunz, J., Schoch, M. and Schuler, D. (2003), *Earthquake Resistant Installations - Guideline for earthquake resistant design of installations and nonstructural elements*, Hilti Corp., Schaan, décembre 2003.
- Studer Engineering, *Erdbeben und Infrastrukturen – Abwassersysteme*. Document élaboré sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement:
<http://www.bafu.admin.ch/dokumentation>
- SIA 260 (2003), *Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses*, Normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.
- SIA 261 (2003), *Actions sur les structures porteuses*, Normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.
- SIA 262 (2003), *Construction en béton*, Normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.
- SIA 263 (2003), *Construction en acier*. Normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.
- SIA 264 (2003), *Construction mixte acier-béton*. Normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.
- SIA 266 (2003), *Construction en maçonnerie*. Normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.
- SIA 267 (2003), *Géotechnique*. Normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.

Evaluation de la pertinence d'une vérification de la sécurité sismique

Nom de la conduite/de la station d'épuration – commune: _____
Milieu récepteur: _____

Critères

EH raccordés / capacité dimensionnée (en EH): _____ / _____

Zone de séisme selon la norme SIA 261¹⁾: Z1 Z2 Z3a Z3b

Zones S2 de protection des eaux souterraines traversées par le réseau d'égouts²⁾: _____

¹⁾ voir sous <http://map.bafu.admin.ch> ou chapitre 4.2 du rapport « Erdbeben und Infrastrukturen - Abwassersysteme » ou annexe F de la norme SIA 261

²⁾ voir sous <http://gewiss.admin.ch> / Protection des eaux / Zones de protection des eaux souterraines.

Evaluation des critères

Critères	Valeur limite	Critère complémentaire	rempli	
			oui	non
Grandeur de l'installation de traitement des eaux usées (capacité dimensionnée)	> 100 000 EH	–		
	50 000 à 100 000 EH	Zone de séisme Z3 selon la norme SIA 261		
Protection des eaux souterraines et de l'eau potable	Des tronçons d'égouts ou des parties de la station d'épuration se trouvent dans la zone de protection rapprochée (S2) des eaux souterraines.			
	Exigences spécifiques en matière de protection de l'eau potable dues aux conditions locales (selon les indications des services cantonaux spécialisés p. ex.).			
Intérêts de l'exploitation				

Suite de la démarche

Il convient de vérifier la sécurité sismique de l'installation: _____ oui / non
(si un des critères est rempli)

Remarques:

Responsable de l'évaluation: _____ Lieu/date: _____ / _____
Fonction: _____ Signature: _____

Objectif de l'évaluation

L'évaluation de la pertinence d'une vérification sismique sert à identifier les installations qui représentent un risque accru pour la nature, l'environnement et l'eau potable en cas de séisme. Il est recommandé de soumettre ces installations à un examen approfondi en matière de sécurité sismique, le réseau d'égouts et la station d'épuration devant faire l'objet de procédures séparées.

Champ d'application

L'évaluation ne fournit pas de conclusions sur la sécurité sismique d'une installation. Les critères concernent l'ensemble de l'installation, qui forme un réseau, et servent à apprécier le risque potentiel que l'installation constitue pour l'environnement. Les risques encourus par des personnes, suite à l'effondrement d'un bâtiment par exemple, ne sont pas évalués.

Critères appliqués

- capacité dimensionnée d'une station d'épuration ou d'un réseau d'égouts (en équivalents-habitants, EH)
- aléa sismique sur le site considéré selon la norme SIA 261
- mise en danger du captage d'eau potable et atteinte à la zone de protection rapprochée (S2) des eaux souterraines
- exigences spécifiques en matière de protection de l'eau potable dues aux conditions locales (connaissances des services cantonaux spécialisés, par exemple, qui font état d'une mise en danger accrue de l'eau potable)
- intérêts de l'exploitation: critère de décision s'appliquant surtout aux stations de traitement industrielles tenues de respecter des obligations contractuelles et présentant un risque financier accru

Bien d'autres critères (capacité de charge du milieu récepteur, part des eaux usées industrielles et artisanales et leur charge polluante, nature du sol, zones de protection des eaux, degré d'utilisation et âge des installations) peuvent exercer une influence sur le risque environnemental en cas de séisme. Vu leur complexité, ces critères ne peuvent pas être pris en compte en tant que tels dans cette évaluation simplifiée. Pour les installations où sont entreposés des produits chimiques dangereux, on suppose qu'elles sont régies par l'ordonnance sur les accidents majeurs et que l'aléa sismique a été pris en considération dans l'évaluation des risques.

Evaluation des critères

Lorsqu'au moins un critère et le critère complémentaire dans le tableau « Evaluation des critères » sont remplis, il est recommandé de vérifier la sécurité sismique de l'installation considérée (réseau d'égouts ou STEP).

Suite de la démarche

Pour connaître la suite des opérations, les exploitants dont l'installation doit faire l'objet d'un examen approfondi en matière de sécurité sismique peuvent s'adresser aux services cantonaux spécialisés. L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) met par ailleurs à leur disposition la publication « Séismes et infrastructures – réseaux d'assainissement », qui contient des instruments permettant de vérifier la sécurité sismique.

Lorsque d'importants travaux de transformation ou de rénovation sont prévus, l'exploitant devrait examiner en détail la sécurité sismique de l'installation avec l'aide d'un spécialiste. Pour ce faire, il peut s'appuyer sur l'évaluation présentée dans la publication « Séismes et infrastructures – réseaux d'assainissement » de l'OFEV. L'évaluation permettra d'identifier les parties de l'installation où une vérification approfondie de la sécurité sismique s'impose. A partir de là, il est possible de déterminer les éventuelles mesures à prendre, celles-ci devant présenter un rapport coût/bénéfice raisonnable et pouvoir être mises en œuvre dans le cadre des travaux de transformation ou de rénovation.

Il est vivement conseillé aux exploitants d'installations où aucun des critères n'est rempli et qui ne doivent par conséquent pas être soumises à un examen approfondi en matière de sécurité sismique, de consulter également la publication de l'OFEV. En effet, l'application des recommandations de cette publication permet de réduire le risque sismique existant. Lors des travaux ordinaires de maintenance et de réparation, il est également possible, sans procéder à une vérification détaillée, d'appliquer des mesures constructives pour améliorer la sécurité sismique et l'aptitude au fonctionnement.

Sources

Studer Engineering, «Erdbeben und Infrastrukturen - Abwassersysteme». Publication élaborée sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement www.bafu.admin.ch/erdbeben (sous publications).

SIA 261 (2003), Actions sur les structures porteuses, norme élaborée par la Société suisse des ingénieurs et des architectes.

Zones de protection des eaux souterraines: <http://gewiss.admin.ch> / Protection des eaux / Zones de protection des eaux souterraines.

Mitigation des séismes: <http://map.bafu.admin.ch>, classes de sol de fondation et zones de séisme.