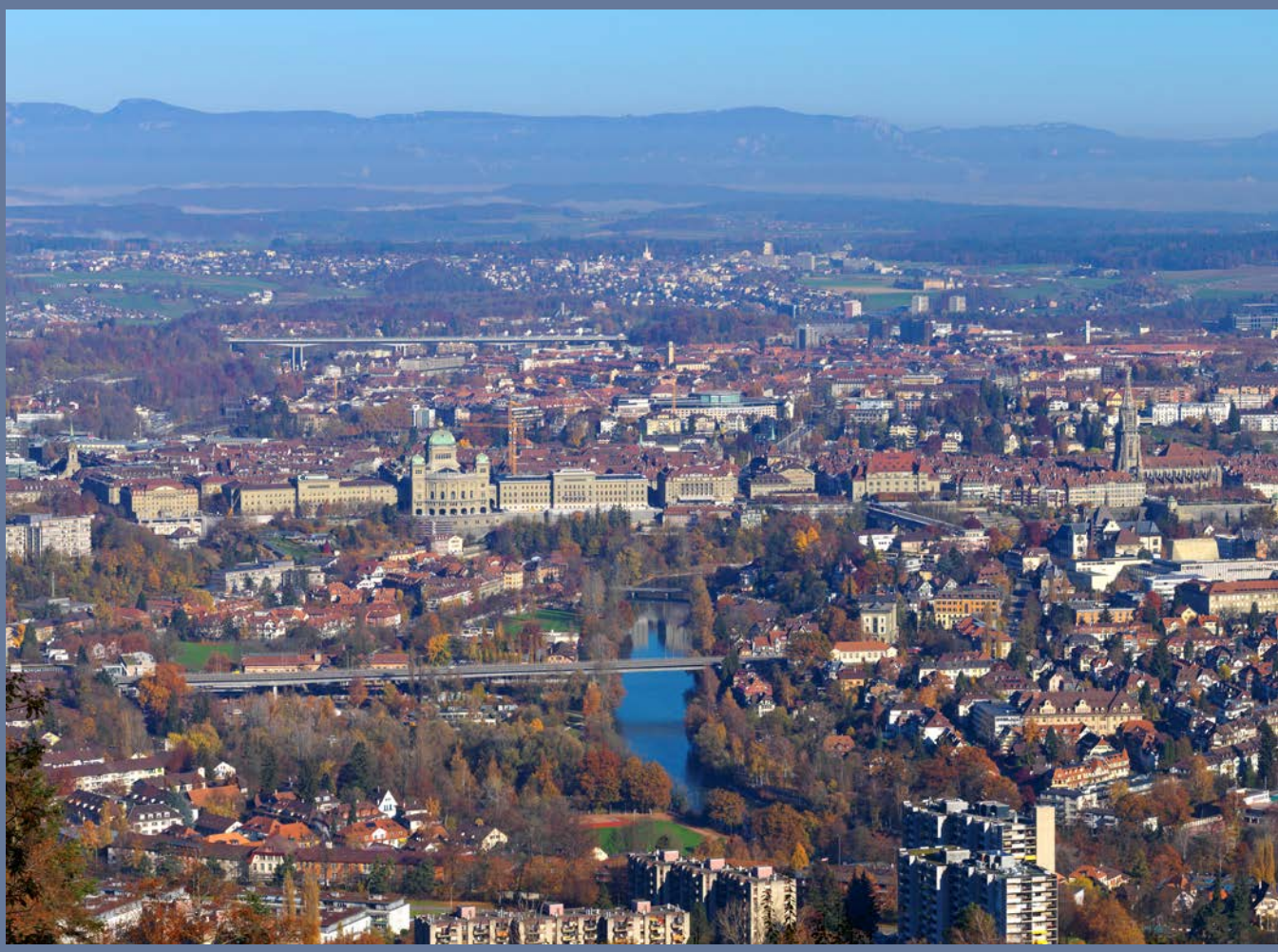
Risque sismique pour les grands parcs immobiliers

Méthode de priorisation par étapes pour l'identification de bâtiments critiques



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Risque sismique pour les grands parcs immobiliers

Méthode de priorisation par étapes pour l'identification de bâtiments critiques

Publié par l'Office fédéral de l'environnement OFEV
Berne, 2020

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).

Auteurs
Friederike Braune, Centrale de coordination pour la mitigation des séismes, Office fédéral de l'environnement
Ehfried Kölz, Risk&Safety AG

Accompagnement à l'OFEV
Blaise Duvernay, Sven Heunert

Référence bibliographique
OFEV (éd.) 2020 : Risque sismique pour les grands parcs immobiliers. Méthode de priorisation par étapes pour l'identification de bâtiments critiques. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 2014 : 57 p.

Traduction
Service linguistique de l'OFEV

Photo de couverture
Parc immobilier privé et public : vue d'ensemble de Berne
© Nadja Frey, Bern

Mise en page
Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Téléchargement au format PDF
www.bafu.admin.ch/uw-2014-f
Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

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

© OFEV 2020

Table des matières

Abstracts **5**

Avant-propos **6**

Introduction **7**

Contenu **8**

1 Contexte **9**
1.1 Évolution des normes et conséquences pour les parcs immobiliers 9
1.2 Stratégie de réduction du risque sismique pour les grands parcs immobiliers 9
1.3 Cadre légal 10
1.3.1 Projets de construction 10
1.3.2 Parc immobilier 11
1.3.3 Obligation de vérifier 11

2 Procédure **12**
2.1 Approche basée sur le risque 12
2.2 Sélection par étapes 12
2.3 Limites d'application 13
2.4 Mandataire et ressources nécessaires 14

3 Étape Circonscrire **15**
3.1 Finalité 15
3.2 Tâches incombant au propriétaire 15
3.2.1 Désignation d'une personne de contact 15
3.2.2 Communication d'informations 15
3.2.3 Participation aux décisions 15
3.3 Déroulement de l'étape 16
3.4 Attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil 16
3.5 Clarification des objectifs et des conditions cadres du propriétaire 16
3.6 Définition des biens à protéger qu'il faut considérer 16
3.7 Circonscription du parc immobilier à recenser 17
3.7.1 Triage 17
3.7.2 Filtrage 18
3.8 Documentation 19
3.9 Préparation de l'étape suivante 19

4 Étape Évaluer **20**
4.1 Finalité 20
4.2 Tâches incombant au propriétaire 20
4.2.1 Désignation d'une personne de contact 20
4.2.2 Prise de décisions 20
4.3 Déroulement de l'étape 21
4.4 Attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil 21
4.5 Collecte des données de base nécessaires 21
4.6 Évaluation du risque à l'aide d'indices 21
4.7 Analyse des résultats et priorisation des bâtiments pour la vérification 22
4.8 Documentation 22
4.9 Préparation de l'étape suivante 22

5 Étape Vérifier **23**
5.1 Finalité 23
5.2 Tâches incombant au propriétaire 23
5.3 Déroulement de l'étape 24
5.4 Attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil 24
5.5 Vérification la sécurité sismique selon la norme SIA 269/8 24
5.6 Analyse des résultats et formulation d'une recommandation d'intervention 25
5.7 Planification de la suite 26

6 Comment gérer le besoin d'intervention **27**
6.1 Concrétisation du besoin d'intervention 27
6.2 Élaboration d'un concept d'intervention 27
6.3 Typologie de mesures de sécurité sismique 27

Annexe A Étape circonscrire : indications concernant le filtrage **29**

Annexe B Étape évaluer : guide **33**

Annexe C Étape vérifier : explications **47**

Bibliographie **55**

Glossaire **56**

Abstracts

This publication presents a multitier, selective procedure to assess the seismic risk of real estate portfolios. The objective of the procedure is to identify the building objects in the portfolio with the highest risk and for which short term safety measures should be implemented. The publication serves as a methodological and application guideline. The concept is based on the different possible objectives of real estate portfolios owners and is addressed primarily at experienced structural engineers and building managers. The three levels of the procedure – **narrow down, assess and verify** – are presented in the main part of the publication and completed by detailed methodological indications in the annex.

Keywords:
Seismic risk, real estate portfolios, multitier and selective procedure

La présente publication présente une procédure sélective en plusieurs étapes pour recenser le risque sismique des parcs immobiliers. Le but est de reconnaitre les bâtiments du parc immobilier avec le plus grand risque pour lesquels des mesures de sécurité sismique à court terme devraient être prises. La publication sert d'aide méthodique et d'application. Son concept est orienté selon les différents objectifs possibles des propriétaires de parcs immobiliers et sa méthodologie s'adresse en premier lieu aux ingénieurs en génie civil expérimentés et aux responsables de bâtiments. Les trois étapes de la procédure – **circonscrire, évaluer et vérifier** – sont présentées dans la publication et complétées en annexe par des indications détaillées concernant la méthode.

Mots-clés :
Risque sismique, parcs immobiliers, procédure sélective en plusieurs étapes

Diese Publikation stellt ein mehrstufiges, selektives Verfahren vor, um das Erdbebenrisiko grosser Gebäudebestände zu erfassen. Ziel des Verfahrens ist es, die Gebäudeobjekte mit den grössten Risiken aus dem Bestand zu erkennen bei denen Massnahmen zur Verbesserung der Erdbebensicherheit zeitnah ergriffen werden sollten. Die Publikation dient der Praxis als Verfahrens- und Anwendungshilfe. Ihre Ausrichtung orientiert sich an möglichen Zielsetzungen der Eigentümer grosser Gebäudebestände und richtet sich in der methodischen Umsetzung primär an erfahrene Bauingenieure und Gebäudeverantwortliche. Die drei Stufen des Verfahrens – **Eingrenzung, Bewertung und Überprüfung** – werden in der Publikation erläutert und im Anhang durch detaillierte methodische Hinweise ergänzt.

Stichwörter:
Erdbebenrisiko, grosse Gebäudebestände, mehrstufiges und selektives Verfahren

La presente pubblicazione illustra una procedura selettiva a più livelli volta a rilevare il rischio sismico dei grandi edifici. L'obiettivo è individuare quelli a maggior rischio per i quali occorrono misure a breve termine con cui migliorare la sicurezza sismica. La pubblicazione serve alla pratica quale aiuto metodologico e d'applicazione. La sua impostazione è orientata ai diversi obiettivi possibili dei proprietari di grandi edifici e l'applicazione metodologica è rivolta principalmente a ingegneri civili sperimentati e responsabili di immobili. I tre livelli procedurali – **delimitazione, valutazione e verifica** – sono illustrati nella pubblicazione e integrati nell'allegato con indicazioni metodologiche dettagliate.

Parole chiave:
rischio sismico, grandi edifici, procedura selettiva a più livelli

Avant-propos

Dans le cadre de sa stratégie de gestion des dangers naturels, la Confédération entend réduire durablement le risque sismique grâce à des mesures proportionnées relevant de son domaine de compétence. Dans un premier arrêté datant du 11 décembre 2000 relatif au programme de mesures de la Confédération pour la mitigation des séismes, le Conseil fédéral a chargé les représentants des propriétaires fédéraux, en l'occurrence les services de la construction et des immeubles (SCI) de la Confédération, de recenser le risque sismique pour leurs parcs de bâtiments au moyen d'une procédure sélective en plusieurs étapes. La démarche avait pour but d'identifier les bâtiments les plus exposés et de définir les mesures à prendre pour améliorer leur sécurité sismique.

Près de 1000 bâtiments fédéraux importants ont ainsi été sélectionnés sur un total d'environ 10 000 constructions et installations. À partir de 2002, ces bâtiments ont fait l'objet d'une priorisation par étapes visant à déterminer dans quelle mesure il était urgent d'améliorer leur sécurité sismique. La procédure a permis d'identifier 200 bâtiments présentant un risque sismique élevé, parmi lesquels environ 70 ne sont pas conformes aux exigences minimales en matière de sécurité sismique et requièrent des mesures d'amélioration à court terme. Depuis 2013, la sécurité sismique de ces bâtiments est améliorée conformément aux besoins et selon le principe de proportionnalité, dans le cadre de la gestion de portefeuille des SCI.

Considérant les expériences et les connaissances acquises par la Confédération depuis 2002 et à la suite de la parution en 2017 de la nouvelle norme SIA 269/8 « Maintenance des structures porteuses – Séismes », la présente publication propose une procédure entièrement révisée et étendue afin de recenser le risque sismique pour les grands parcs immobiliers de façon sélective au moyen d'une priorisation par étapes.

Je suis convaincu que la méthode présentée dans cette publication aidera les propriétaires de grands parcs immobiliers dans leurs efforts pour réduire le risque sismique.

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

Introduction

Dans le cadre de son programme de mesures pour la mitigation des séismes, la Confédération a procédé à partir de 2002 au recensement sélectif du risque sismique de son propre parc de bâtiments au moyen d'une méthode de priorisation par étapes.

Elle a appliqué pour cela une procédure conçue pour exploiter de façon optimale les moyens limités à disposition. Cette démarche a permis de prioriser les objets du parc immobilier de la Confédération présentant un risque sismique élevé. En parallèle, des standards ont été établis pour la vérification systématique de la sécurité sismique des bâtiments existants lors de projets de la Confédération de remise en état ou de modifications.

Considérant les expériences et les connaissances acquises par la Confédération depuis 2002 et à la suite de la parution de la norme SIA 269/8 « Maintenance des structures porteuses – Séismes » à la fin de l'année 2017, il s'est avéré nécessaire de réviser cette procédure.

La présente publication remplace les trois directives de l'OFEV (anciennement Office fédéral des eaux et de la géologie) relatives à la vérification de la sécurité sismique des bâtiments existants. Il est à noter que ces directives publiées en 2005 et 2006 ont été utilisées jusqu'à présent également par des cantons, des villes et des communes, ainsi que par des propriétaires privés de grands parcs immobiliers. En plus de la nouvelle dénomination des trois étapes (**circonscrire**, **évaluer** et **vérifier**), les principales modifications par rapport aux anciennes directives sont les suivantes : la procédure commence désormais par l'étape visant à *circonscrire* le parc de bâtiments (nouvelle étape) ; l'étape *évaluer* qui permet une priorisation des bâtiments sélectionnés à l'aide d'une évaluation basée sur le risque a été entièrement révisée (ancienne étape 1) ; les investigations par le calcul pour les bâtiments priorisés (anciennes étapes 2 et 3) ont été regroupées en une seule étape, qui consiste en une vérification de la sécurité sismique selon la norme SIA 269/8.

Contenu

Destiné en premier lieu aux propriétaires et aux responsables de parcs immobiliers, le texte principal présente les éléments essentiels à prendre en compte pour aborder, confier et accompagner le recensement sélectif du risque sismique des principaux bâtiments d'un parc immobilier au moyen d'une méthode de priorisation par étapes.

Le chapitre 1 explique l'évolution du cadre normatif suisse, fournit des indications sur la stratégie de réduction du risque sismique et décrit le cadre légal en vigueur. Le chapitre 2 introduit la procédure sélective en trois étapes. Le chapitre 3 décrit l'étape qui consiste à préparer cette procédure et à circonscrire le parc immobilier (étape *circonscrire).* Le chapitre 4 explique l'étape qui consiste à évaluer et à prioriser le parc immobilier circonscrit au moyen des indices de risque (étape *évaluer).* Le chapitre 5 décrit la vérification de la sécurité sismique des bâtiments priorisés selon la norme SIA 269/8 (étape *vérifier).* Le chapitre 6 fournit aux propriétaires des indications sur la façon de traiter les résultats de la procédure et sur la marche à suivre pour élaborer et mettre en œuvre les mesures de sécurité sismique requises.

Les annexes s'adressent en premier lieu aux ingénieurs civils mandatés. Elles approfondissent le contenu de chacune des trois étapes : l'annexe A donne des explications sur la méthode à appliquer lors de l'étape *circonscrire ;* l'annexe B propose un guide d'application pour l'étape *évaluer* ainsi qu'un modèle de fiche de relevé ; l'annexe C fournit des explications méthodologiques sur l'étape *vérifier.*

1 Contexte

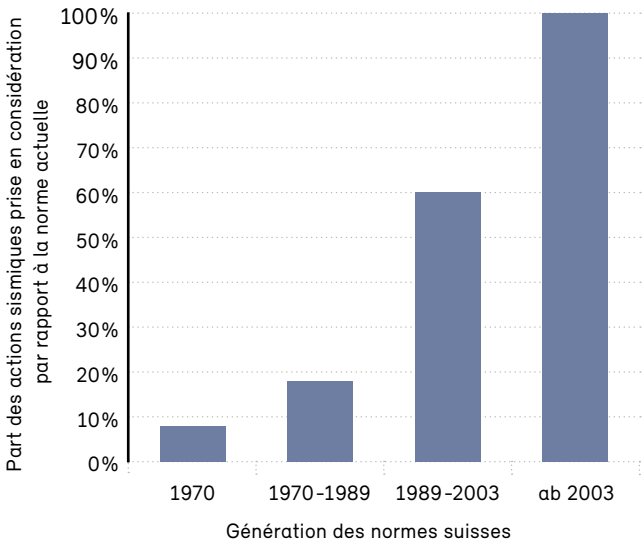
1.1 Évolution des normes et conséquences pour les parcs immobiliers

Jusqu'en 1970, les normes de construction suisses ne contenaient aucune disposition parasismique. Après l'introduction en 1970 des premières dispositions relatives aux séismes, les exigences en matière de sécurité sismique ont été étendues et renforcées successivement en 1989 et en 2003.

Tandis que la norme SIA 160 de 1970 ne contenait que des dispositions rudimentaires se référant à de très faibles actions sismiques, la norme SIA 160 de 1989 a introduit des dispositions modernes tenant compte d'actions sismiques d'un niveau nettement plus élevé. En 2003, la norme SIA 261 « Actions sur les structures porteuses » a introduit des dispositions parasismiques plus exigeantes, conformes à l'état de la technique au plan international et se fondant sur les dernières connaissances en génie parasismique et en sismologie, avec pour conséquence une nouvelle augmentation du niveau des actions sismiques à considérer. La figure 1 illustre l'impact de cette évolution des normes suisses de dimensionnement d'un immeuble de quatre étages en maçonnerie bâti sur le Plateau (zone sismique Z1 et classe de terrain de fondation C selon la norme SIA 261 [1] de 2020). Avant 1970, les actions horizontales déterminantes sont celles dues au vent.

Figure 1

Évolution des actions sismiques dans les normes de construction



La majorité des bâtiments existants en Suisse ont été planifiés et bâtis selon des normes de construction qui ne fixaient d'exigence en matière de sécurité sismique, ou que des exigences nettement moins sévères qu'aujourd'hui : s'agissant des bâtiments antérieurs à 1970, ils n'ont été soumis à aucune exigence spécifique aux séismes ; s'agissant des bâtiments construits après 1970, les experts s'accordent à dire que la sous-évaluation du risque sismique en Suisse a conduit à une inobservation généralisée des prescriptions parasismiques. Depuis l'introduction des dernières normes de construction en 2003, la prise en compte des prescriptions parasismiques applicables aux nouvelles constructions est devenue beaucoup plus systématique.

Au vu de ce qui précède, la question de la sécurité sismique et de son amélioration concerne non seulement les bâtiments anciens, mais également les bâtiments plus récents.

Le cahier technique SIA 2018 « Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants », publié en 2004, montre comment traiter la question de la sécurité sismique des bâtiments qui n'ont pas été dimensionnés pour le cas de charge séisme ou qui ont été dimensionnés selon des normes anciennes. Depuis, la sécurité sismique de nombreux bâtiments existants a été vérifiée et améliorée, principalement dans le cadre de projets de remise en état ou de modification. Le cahier technique SIA 2018 a été remplacé en décembre 2017 par la norme SIA 269/8 « Maintenance des structures porteuses – Séismes » [2].

1.2 Stratégie de réduction du risque sismique pour les grands parcs immobiliers

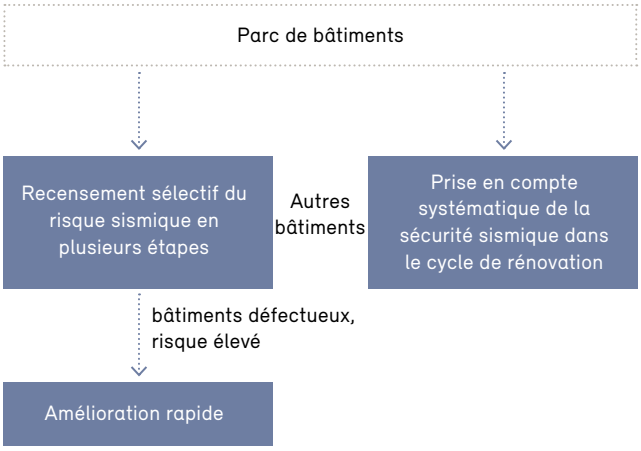
S'il n'est pas concevable, tant sur le plan pratique que financier, d'améliorer rapidement la sécurité sismique des bâtiments insuffisants d'un grand parc immobilier, il est en revanche possible de réduire le risque sismique

au moyen de deux actions complémentaires, comme l'illustre la figure 2 :

1. action continue avec effet à long terme, à savoir prise en considération systématique de la sécurité sismique dans le cycle de rénovation ;
2. action ciblée et unique avec effet à court ou à moyen terme, à savoir le recensement sélectif du risque sismique pour les bâtiments importants du parc immobilier (priorisation) et l'amélioration rapide des bâtiments présentant un fort risque sismique et un faible niveau de sécurité sismique.

Figure 2

Stratégie de réduction du risque sismique pour les grands parcs immobiliers



Le sujet de la présente publication est le recensement sélectif du risque sismique pour les bâtiments importants d'un parc immobilier et l'identification de bâtiments critiques. Parallèlement à la prise en considération systématique de la sécurité sismique dans le cycle de rénovation, la procédure présentée ici vise à recenser le besoin d'intervention pour les bâtiments présentant les plus grands risques, de manière à pouvoir l'intégrer à la gestion immobilière avec les informations et les arguments nécessaires.

Ceux qui appliquent cette procédure doivent être conscients du fait que les bâtiments qui ne sont pas priorisés et traités en détail dans le cadre du recensement sélectif ont un niveau de sécurité sismique qui reste inconnu et éventuellement insuffisant. La sécurité sismique de ces bâtiments devra être vérifiée, et améliorée si cela s'avère nécessaire et proportionné, au cours du cycle de rénovation, c'est-à-dire lors du prochain projet de remise en état ou de modification.

Dans le cadre de sa stratégie de réduction du risque sismique, le propriétaire du parc immobilier doit, à l'étape *circonscrire,* mener des réflexions judicieuses lui permettant de procéder à une sélection des bâtiments pertinente tout en s'assurant que les étapes suivantes de la procédure soient réalisables. Il doit aussi avoir la volonté de mettre en place les deux actions complémentaires précitées, car le recensement sélectif du risque sismique au moyen d'une priorisation par étapes n'a de sens que s'il est couplé à une véritable prise en considération de la sécurité sismique dans le cycle de rénovation.

Pour ce qui est des indications concernant la prise en considération systématique de la sécurité sismique dans le cycle de rénovation (projets de remise en état ou de modification), le lecteur peut se référer aux aides à l'exécution de la Confédération [3].

1.3 Cadre légal

1.3.1 Projets de construction

La législation sur la construction relève de la compétence des cantons. Si chaque législation cantonale réglemente différemment la sécurité sismique, celle-ci est inscrite le plus souvent dans une clause générale qui renvoie aux règles de l'art et donc aux normes et aux cahiers techniques publiés par la société suisse des ingénieurs et des architectes (sia). Dans le cadre des procédures d'autorisation de construire, certains cantons formulent par ailleurs des conditions spécifiques concernant la sécurité sismique. En conséquence, les constructions neuves et les extensions doivent être conçues et dimensionnées selon les prescriptions de la norme SIA 261 [1] et la sécurité sismique des constructions existantes doit être vérifiée et améliorée le cas échéant selon la norme SIA 269/8 [2] en cas de remise en état ou de transformation.

1.3.2 Parc immobilier

Le propriétaire répond en principe du dommage causé par un défaut[1] de l'ouvrage (responsabilité du propriétaire au sens de l'art. 58 du code des obligations [CO]), si bien qu'il lui incombe de veiller à ce que l'usage conforme de son ouvrage (ou de son habitation) ne menace aucune personne ni aucun bien. Imposée par toutes les législations cantonales sur la construction, l'exigence selon laquelle les bâtiments ne doivent mettre en danger ni les êtres humains ni les choses est de nature contraignante. Le propriétaire doit suivre l'évolution de la technique et, le cas échéant, adapter son ouvrage aux nouvelles exigences de sécurité. Un ouvrage bâti initialement dans le respect des normes en vigueur peut devenir au fil du temps un ouvrage défectueux au seul motif que les attentes en matière de sécurité ont été renforcées depuis sa construction [4]. Si on ne peut exiger d'un bâtiment existant que toutes ses propriétés se conforment aux techniques les plus récentes, la norme SIA 269/8 [2] préconise de viser en principe une sécurité sismique de 100 % (= exigences fixées pour les nouvelles constructions dans les normes en vigueur). La nécessité de supprimer le défaut est appréciée sur la base d'exigences minimales et de considérations sur la proportionnalité des coûts par rapport à leur utilité.

Sont défectueux[2] au sens de la présente publication les bâtiments qui ne remplissent pas les exigences minimales en matière de sécurité des personnes lorsqu'ils sont soumis aux actions sismiques considérées dans les normes de construction en vigueur. Sont insuffisants[3] les bâtiments qui remplissent les exigences minimales en matière de sécurité des personnes, mais pas les exigences en matière de sécurité sismique telles qu'elles sont fixées pour les nouvelles constructions dans les normes en vigueur (lire les explications au chapitre 5).

1.3.3 Obligation de vérifier

Selon la norme SIA 269 « Bases pour la maintenance des structures porteuses » [5], il y a motif à procéder à l'examen d'une structure porteuse existante lorsque celle-ci est soumise à une modification, à un changement d'utilisation ou à un changement des exigences d'utilisation ou lorsqu'il existe des connaissances nouvelles sur les actions ou sur les propriétés de la structure porteuse.

Par conséquent, se pose la question suivante : dans quelle mesure et sous quel délai les propriétaires de grands parcs immobiliers sont-ils capables d'assumer leur responsabilité ? Si la vérification à court terme de la sécurité sismique de tous leurs bâtiments implique des coûts qui excèdent déjà les moyens et les possibilités de la plupart des propriétaires, l'amélioration rapide de la sécurité sismique de grands parcs immobiliers par des mesures constructives est d'autant plus difficile à réaliser en raison du cumul des coûts qui en résultent et des mesures organisationnelles nécessaires (restrictions d'utilisation, constructions de remplacement, pilotage de la mise en œuvre, etc.). À ces dépenses s'ajoutent les coûts liés à l'interruption d'utilisation, par exemple la perte de revenus locatifs, la réduction de la performance économique ou la location de biens de remplacement. Comme les mesures de sécurité sismique peuvent être extrêmement coûteuses si elles ne sont pas mises en œuvre conjointement à d'autres mesures constructives, mieux vaut mettre à profit les synergies qui se créent lorsqu'un bâtiment doit être transformé ou remis en état en raison de son âge ou d'un changement d'utilisation.

En Suisse, la situation légale actuelle légitime le fait que les mesures de sécurité sismique pour les bâtiments sans défaut[4] apparent (remplissant les exigences minimales de la norme SIA 269/8 [2] en matière de sécurité sismique) peuvent être différées jusqu'à un moment propice du cycle de rénovation, c'est-à-dire un moment où ces mesures pourront être réalisées avec des moyens proportionnés.

En dehors du cycle de rénovation, le propriétaire assume sa responsabilité au moins partiellement s'il identifie, parmi les bâtiments les plus importants de son parc immobilier, ceux qui présentent des défauts et s'il engage les mesures de sécurité sismique nécessaires. Il peut être aidé en cela par le recensement sélectif par étapes du risque sismique proposé dans la présente publication, [7].

1 Il existe deux types de défauts : le vice de construction et le défaut d'entretien.

2 « défectueux » si $\alpha_{eff} < \alpha_{min}$

3 « insuffisant » si $\alpha_{eff} < 1{,}0$

4 Ce terme est défini comme suit dans la norme SIA 260 « Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses » [6] : absence d'une propriété que devrait posséder l'ouvrage, selon les règles de l'art actuellement reconnues ou selon une convention.

2 Procédure

2.1 Approche basée sur le risque

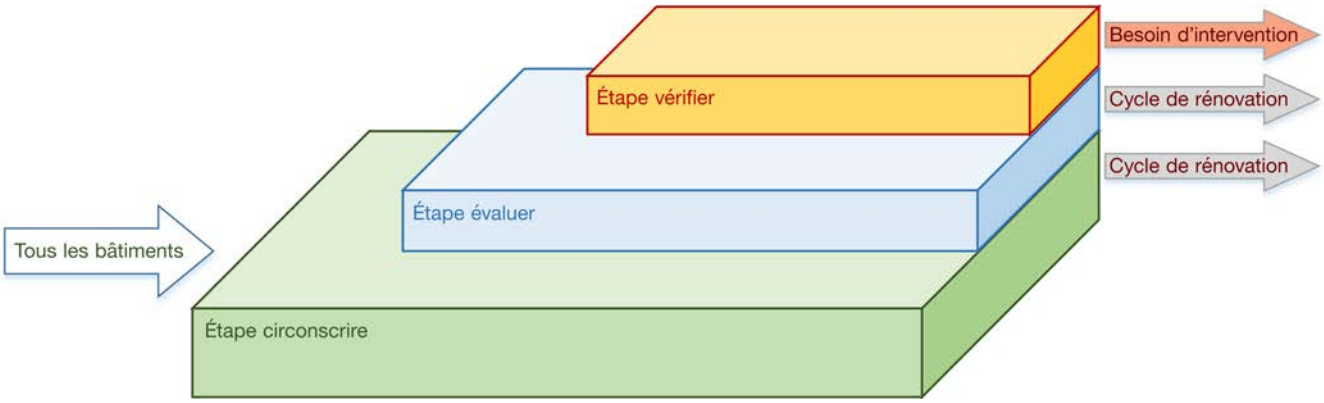
La présente aide méthodologique et pratique ne concerne en principe que les bâtiments qui entrent dans le domaine d'application des normes SIA 261 [1] et SIA 269/8 [2]. La procédure est basée sur le risque, dans le sens où les deux premières étapes (circonscrire et évaluer) et la détermination du besoin d'intervention à l'étape vérifier ont pour fondement une approche basée sur le risque tenant compte non seulement de la probabilité de défaillance du bâtiment (en particulier la probabilité d'effondrement), mais également des conséquences de cette défaillance. Le risque – qui se définit généralement comme le produit de la probabilité des dommages et de l'ampleur des dommages – constitue une base de décision importante. La priorisation des bâtiments dans la présente approche repose donc sur la probabilité de défaillance du bâtiment (en particulier la probabilité d'effondrement) mais également sur l'ampleur des dommages en cas de défaillance. La probabilité de défaillance est déterminée par l'aléa sismique local et par la susceptibilité du bâtiment à subir des dommages sous l'effet d'un séisme. L'ampleur des dommages dépend de l'ampleur des valeurs concernées (nombre de personnes, valeur du bâtiment, biens matériels, etc.).

2.2 Sélection par étapes

La figure 3 illustre les principaux objectifs et contenus de la procédure. À chaque étape, le nombre de bâtiments sélectionnés diminue et la complexité de la procédure (et donc son coût par bâtiment) augmente.

Figure 3

Représentation schématique de la procédure par étapes



2.3 Limites d'application

Il est recommandé de différencier la démarche selon la taille du parc immobilier. Pour cela, il est possible d'appliquer les recommandations et les critères proposés dans le tableau 1.

Tableau 1

Critères et recommandations pour la procédure

Nombre de bâtiments	Méthode recommandée
moins de 20 bâtiments	Une procédure par étapes n'est pas adaptée. Il convient de sélectionner directement les bâtiments à vérifier et de fixer le calendrier des vérifications. Cette décision peut/devrait se baser sur une priorisation des bâtiments réalisée par un ingénieur civil spécialisé en génie parasismique sur la base d'une appréciation de la conception des bâtiments. La vérification de la sécurité sismique des bâtiments non priorisés doit intervenir dans le cadre du cycle de rénovation.
20 à 500 bâtiments	Étape *circonscrire* avec triage seul (point 3.7.1), étape *évaluer,* étape *vérifier*
plus de 500 bâtiments	Étape *circonscrire* avec triage (point 3.7.1) puis filtrage (point 3.7.2), étape *évaluer,* étape *vérifier*

Dans les grands parcs immobiliers, il peut exister des groupes de bâtiments qui, en raison de leur fort potentiel de risque et/ou de la grande importance de leur fonction, devraient d'emblée être examinés par un ingénieur civil spécialisé en génie parasismique afin que leur sécurité sismique soit évaluée selon la norme SIA 269/8 [2]. Ces groupes de bâtiments doivent être identifiés dès l'étape *circonscrire* et n'ont pas à être traités à l'étape *évaluer.*

2.4 Mandataire et ressources nécessaires

La mise en œuvre de la procédure par étapes doit en principe être confiée à des ingénieurs en génie civil expérimentés, avec une connaissance approfondie de la substance bâtie existante et une spécialisation en génie parasismique. Ces experts doivent être capables d'émettre des hypothèses réalistes au sujet du mode de construction, des matériaux de construction et des structures porteuses des bâtiments existants (tableau 2). L'étape *circonscrire* suppose par ailleurs de bonnes connaissances et de l'expérience dans le domaine des approches basées sur le risque et concernant les particularités propres aux parcs immobiliers. L'étape *évaluer* devrait être réalisée par un ingénieur en génie civil expérimenté avec des connaissances en génie parasismique. L'étape *vérifier,* essentiellement quantitative, doit être confiée à un ingénieur en génie civil chevronné, spécialisé en génie parasismique. Il est fortement recommandé de mandater un ingénieur civil différent pour chaque étape de la procédure ou bien de diviser chaque étape en plusieurs lots confiés à différents ingénieurs civils. Cela permet de considérer les bâtiments sous des angles plus variés dans le cadre d'un échange d'opinions.

Tableau 2

Indications sur le mandataire et le délai d'exécution

Étape	Investissement en temps (valeurs empiriques)	Mandataire	Facteurs d'influence	Remarques
Circonscrire	40 à 400 heures selon le nombre de bâtiments à considérer	Ingénieur en génie civil expérimenté	Taille, complexité et composition du parc immobilier ; objectifs ; disponibilité des données concernant les bâtiments et leur utilisation	Dans le cas des grands parcs immobiliers, la circonscription ciblée des bâtiments en vue de leur priorisation peut justifier un investissement en temps supplémentaire.
Évaluer	8 heures par bâtiment	Ingénieur en génie civil expérimenté, en collaboration avec le responsable du bâtiment	Étendue du parc immobilier à recenser ; disponibilité des plans ou d'autres sources d'information utiles à la matérialisation des bâtiments ; nécessité d'effectuer des visites	La préparation des plans ou d'autres sources d'information, de même que l'accompagnement des visites, peuvent occasionner des frais importants pour le propriétaire.
Vérifier	40 à 400 heures par bâtiment	Ingénieur en génie civil expérimenté, spécialisé en génie parasismique	Disponibilité des plans ; diversité des bâtiments (analyses comparatives) ; complexité des bâtiments (niveau de détail requis pour la vérification)	S'agissant du délai d'exécution, le facteur décisif est la disponibilité des plans ou d'autres sources d'information utiles à la caractérisation des bâtiments. La nécessité d'effectuer des inspections d'ouvrage et de réaliser des investigations détaillées a une grande influence également.

3 Étape Circonscrire

Le nombre de bâtiments à recenser doit être réduit de sorte qu'il soit possible d'identifier et de prioriser avec un maximum d'efficacité les bâtiments présentant les plus grands risques.

3.1 Finalité

Cette étape vise à restreindre le parc immobilier à une fraction raisonnable des bâtiments majeurs afin d'identifier efficacement ceux d'entre eux présentant les plus grands risques potentiels et de les prioriser ensuite par étapes. Il convient pour cela de déterminer les objectifs et les exigences du propriétaire et d'en tenir compte dans la suite de la procédure.

L'étape *circonscrire* requiert des échanges réguliers entre le propriétaire (mandant) et l'ingénieur en génie civil (mandataire). La figure 4 illustre les objectifs principaux de l'étape *circonscrire.*

3.2 Tâches incombant au propriétaire

3.2.1 Désignation d'une personne de contact

Le propriétaire désigne une personne responsable de l'exécution et de l'accompagnement de l'étape *circonscrire.* Il s'agit de préférence d'une personne qui connaît bien le parc de bâtiments et qui est en mesure de préciser les objectifs et les conditions cadres du propriétaire. Les tâches incombant à cette personne sont notamment les suivantes :

- mandater un ingénieur en génie civil ;
- inventorier le parc immobilier (lister les différents bâtiments) ;
- contribuer à la définition des objectifs du propriétaire ;
- aider à collecter les données de base nécessaires ;
- permettre les visites de bâtiments ;
- participer au triage des bâtiments ;
- participer au filtrage supplémentaire du parc immobilier.

3.2.2 Communication d'informations

Le propriétaire doit fournir des informations sur la composition de son parc de bâtiments :

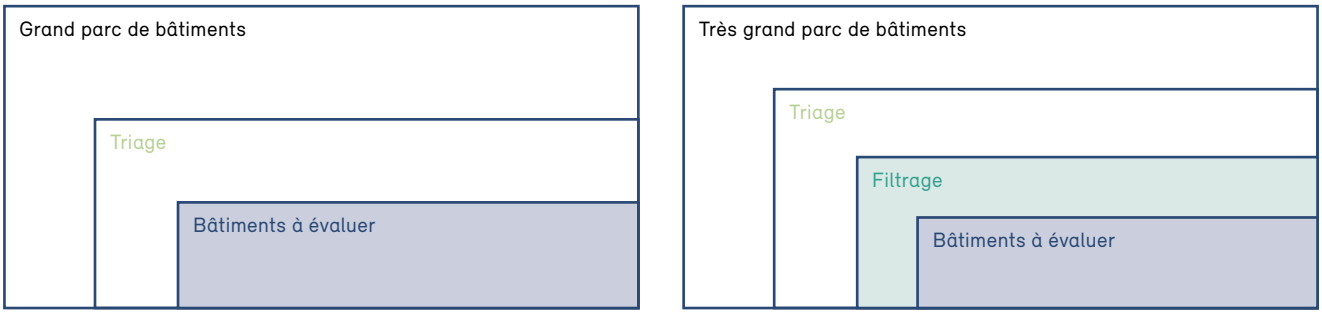
- nombre de bâtiments à recenser ;
- autres informations concernant l'occupation par des personnes, la valeur du bâtiment et de son contenu, l'utilisation, la fonction et l'importance, selon leur disponibilité et selon les biens à protéger qu'il faut considérer ;
- indications concernant les plans et, si disponibles, informations sur le mode de construction.

3.2.3 Participation aux décisions

Le propriétaire doit être d'accord avec la liste des biens à protéger proposée par l'ingénieur civil et la compléter ou l'adapter au cas par cas. Il doit par ailleurs autoriser

Figure 4

Représentation schématique de l'étape circonscrire, avec triage et filtrage éventuel



la collecte des informations permettant de relever des indices pour ces biens à protéger.

Le propriétaire doit approuver l'étendue du parc de bâtiments qu'il est prévu de recenser à l'étape *évaluer.* Il doit valider le choix de tous les bâtiments proposés pour l'étape *évaluer,* ainsi que la liste de tous les bâtiments à ne pas recenser dans l'immédiat.

Le propriétaire doit prendre une décision quant à la prompte réalisation des étapes *évaluer* et *vérifier.*

3.3 Déroulement de l'étape

De manière générale, l'étape *circonscrire* comprend les activités suivantes :

- attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil ;
- clarification des objectifs supérieurs et des conditions cadres du propriétaire ;
- définition des biens à protéger qu'il faut considérer ;
- circonscription du parc immobilier à recenser sur la base d'un triage et d'un filtrage supplémentaire *éventuel ;*
- documentation ;
- préparation de l'étape suivante *(évaluer).*

3.4 Attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil

L'étape *circonscrire* doit être réalisée par un ingénieur en génie civil expérimenté, ayant de bonnes connaissances et de l'expérience dans le domaine du génie parasismique. Elle requiert en particulier la maîtrise de la procédure décrite dans cette publication. L'ingénieur mandaté ne doit pas se contenter d'exercer son savoir-faire technique : il doit également être en mesure de présenter au propriétaire les objectifs possibles, le bénéfice attendu, la marge de manœuvre dont celui-ci dispose et les limites de la présente procédure. Il est recommandé de mandater le même ingénieur pour l'étape *circonscrire* et l'étape *évaluer* ou, au moins, de confier la coordination des deux étapes au même ingénieur.

3.5 Clarification des objectifs et des conditions cadres du propriétaire

Avant le début du mandat, il convient de clarifier les objectifs poursuivis par le propriétaire (contenu, calendrier, aspect financier) et les ressources propres qu'il peut mettre à disposition. La connaissance de ces objectifs est pertinente pour définir :

- les biens à protéger qu'il faut considérer ;
- l'étendue du parc de bâtiments à recenser ;
- des critères de triage et (éventuellement) de filtrage pour le parc de bâtiments ;
- les prestations de l'ingénieur civil mandaté.

Les objectifs du propriétaire sont établis de préférence au moment de l'offre, dans le cadre d'un dialogue entre le propriétaire et l'ingénieur mandaté.

3.6 Définition des biens à protéger qu'il faut considérer

Les normes prennent en considération les biens à protéger appartenant aux catégories suivantes :

- personnes ;
- fonctions d'infrastructure importantes et vitales ;
- environnement ;
- biens culturels ;
- ouvrage ;
- objets ;
- exploitation.

En plus des biens décrits dans les normes, le propriétaire peut désigner d'autres biens à protéger qui sont importants pour lui. Si le propriétaire n'est pas l'utilisateur des bâtiments, il convient de vérifier si l'utilisateur a lui aussi des préoccupations qu'il faut prendre en considération. Les biens à protéger à considérer doivent être intégrés dans les critères de triage (et de filtrage éventuel) de l'étape *circonscrire* et être pris en considération lors du relevé effectué à l'étape *évaluer.*

3.7 Circonscription du parc immobilier à recenser

La mesure dans laquelle un parc immobilier peut être circonscrit dépend des objectifs supérieurs et des conditions cadres du propriétaire, des biens à protéger qu'il faut considérer et de la composition du parc. Cette étape est en principe plus restrictive pour les grands parcs que pour les petits parcs, le but étant de disposer au final d'une quantité gérable de bâtiments pour la suite de la procédure. Le recensement sélectif du risque sismique pour le parc considéré doit être réalisé sur une période de temps raisonnablement courte, sans quoi existe le risque que les connaissances acquises ne deviennent rapidement obsolètes et inutiles. Les grands parcs immobiliers ont en permanence un grand nombre de bâtiments en phase de rénovation, et il est important de profiter de ces occasions pour traiter correctement la question de leur sécurité sismique.

Le recensement doit exclure les bâtiments d'importance mineure, qui présentent généralement les caractéristiques suivantes :

- faible nombre d'occupants ;
- pas de fonction particulière ;
- valeur modeste.

Le recensement doit également exclure les bâtiments pour lesquels il n'est pas nécessaire d'améliorer rapidement le niveau de sécurité sismique ou pour lesquels cette amélioration n'est pas réalisable à brève échéance. Les critères pour ce type de bâtiments sont les suivants :

- remise en état récente ;
- démolition ou arrêt de l'exploitation prévus prochainement ;
- construction dans le respect des normes parasismiques en vigueur ;
- examen du bâtiment déjà effectué et niveau de sécurité sismique connu.

Le choix des bâtiments à recenser doit également tenir compte d'autres critères basés sur la connaissance des bâtiments par leur propriétaire, à savoir :

- nombre d'occupants possiblement élevé ;
- soupçon d'un défaut de sécurité sismique ;
- projet de remise en état, de modification, etc.

En général, le triage (basé sur les biens à protéger à considérer) suffit à circonscrire le parc de bâtiments. Mais si celui-ci est très vaste et si le triage produit une liste de bâtiments à recenser encore trop longue (compte tenu des objectifs du propriétaire), un filtrage supplémentaire est recommandé.

3.7.1 Triage

Il convient dans un premier temps d'identifier les bâtiments majeurs et les bâtiments non importants.

Le **triage** restreint le parc immobilier à recenser en se basant sur des **critères qualitatifs** (principalement les catégories de bâtiments).

Le triage a deux objectifs :

- Identification des bâtiments d'importance majeure pour lesquels il faut procéder directement à des investigations approfondies, c'est-à-dire à une vérification selon la norme SIA 269/8 [2] ;
- identification des bâtiments d'importance mineure et donc à exclure de l'étape *évaluer.*

Les bâtiments restants, à savoir ceux désignés comme étant d'importance ni majeure ni mineure sont sélectionnés pour l'étape *évaluer.*

Afin qu'il soit possible de différencier le degré de protection sur la base des biens à protéger, les normes définissent des classes d'ouvrages (CO). Celles-ci peuvent servir de critères de triage. Le tableau 3 contient des critères de triage possibles, avec des exemples de bâtiments d'importance majeure, qu'il convient de traiter en priorité et dont la sécurité sismique doit être directement vérifiée selon la norme SIA 269/8 [2], sans passer par l'étape *évaluer.*

Tableau 3

Critères de triage possibles pour les bâtiments majeurs

Catégorie	Critères/exemples	Priorisation
Bâtiments CO III selon SIA 261 [1]	Bâtiments indispensables à une fonction d'infrastructure vitale : · hôpital de soins aigus · centrale des pompiers · centrale d'engagement de la police	Vérification selon SIA 269/8 [2]
Bâtiments CO II-s selon SIA 269/8 [2]	Écoles	Vérification selon SIA 269/8 [2]
Bâtiments CO II-i selon SIA 269/8 [2]	Bâtiments essentiels à une fonction d'infrastructure importante : · bâtiments ayant une fonction essentielle pour les transports, les télécommunications, etc.	Vérification selon SIA 269/8 [2]
Bâtiments particulièrement importants pour le propriétaire	· centre de calcul · siège d'une entreprise · site central de production	Vérification selon SIA 269/8 [2]

Tableau 4

Critères de triage possibles pour les bâtiments mineurs à écarter de la procédure

Catégorie	Critères/exemples
Faible danger pour les personnes	Maisons familiales, petits immeubles ou bâtiments conformes aux exigences énoncées au ch. 9.4.5 de la norme SIA 269/8 [2], p. ex. garage, grange ou hangar
Bâtiments mineurs	Bâtiments non pertinents au regard des biens à protéger à considérer

Le tableau 4 contient des critères de triage possibles pour les bâtiments d'importance mineure à ne pas recenser dans l'immédiat. Ces bâtiments doivent être traités dans le cadre du cycle de rénovation (remise en état, rénovation, modification de tout ou partie du bâtiment).

Si le triage ne permet pas de réduire suffisamment la liste des bâtiments à recenser lors de l'étape *évaluer,* il est recommandé de procéder à un filtrage supplémentaire. Ce filtrage est particulièrement indiqué dans le cas des très grands parcs immobiliers (> 500 bâtiments).

3.7.2 Filtrage

À l'issue du triage, le **filtrage** permet de circonscrire davantage le parc immobilier grâce à des **critères quantitatifs**.

La forme de filtrage la plus simple utilise comme seul critère la valeur du bâtiment (généralement la valeur d'assurance ou la valeur de remplacement). La décision concernant les bâtiments à recenser ou à écarter de la procédure peut alors être prise sur la base d'une liste classant la valeur des bâtiments par ordre décroissant. Il peut être utile de présenter cette liste sous une forme graphique. Les bâtiments doivent être exclus les uns après les autres jusqu'à ce qu'il ne reste plus que le nombre souhaité de bâtiments à recenser.

Il est possible d'utiliser plusieurs critères de filtrage si le parc de bâtiments est vaste et si les biens à protéger qu'il faut considérer l'exigent. L'opération demande alors davantage de temps, de moyens financiers et de ressources humaines et suppose que les données requises pour le filtrage soient disponibles. L'annexe A décrit la méthode à appliquer en pareil cas.

Le propriétaire et l'ingénieur civil mandaté discutent ensemble des critères de filtrage et de la façon de sélec-

tionner les bâtiments qui doivent faire l'objet d'un relevé à l'étape *évaluer* et ceux qui sont à écarter. Une fois établie, la liste des bâtiments sélectionnés pour l'étape *évaluer* est présentée au propriétaire, qui fait part de ses observations. La discussion entre le propriétaire et l'ingénieur doit alors s'articuler autour des questions suivantes :

- Les objectifs de protection du propriétaire sont-ils dûment pris en compte ?
- Existe-t-il, en plus de la liste, des bâtiments que le propriétaire souhaite absolument recenser ?
- Existe-t-il des bâtiments que le propriétaire souhaite, dans tous les cas, ne pas recenser dans l'immédiat ?
- Le propriétaire est-il conscient que les bâtiments écartés dans l'immédiat ont une sécurité sismique éventuellement insuffisante et devront par conséquent être traités dans le cadre du cycle de rénovation ?

3.8 Documentation

Les travaux de l'ingénieur mandaté doivent être consignés dans un bref rapport, dont le contenu est le suivant :

- approche et démarche ;
- procédure de sélection des bâtiments accédant à l'étape *évaluer* et des bâtiments écartés ;
- décisions prises avec le propriétaire ;
- poursuite de la procédure ;
- liste des bâtiments d'importance majeure à examiner directement (vérification selon la norme SIA 269/8) ;
- liste définitive des bâtiments sélectionnés pour l'étape *évaluer ;*
- liste définitive des bâtiments (importance mineure) écartés et à vérifier de façon systématique dans le cycle de rénovation du parc immobilier.

3.9 Préparation de l'étape suivante

La préparation de l'étape *évaluer* consiste en premier lieu à adapter la fiche de relevé en fonction des biens à protéger qu'il faut considérer. Un modèle de fiche est proposé à l'annexe B. Les biens à protéger considérés dans la fiche de relevé sont les personnes, la valeur de l'ouvrage, ainsi que les marchandises et équipements de valeur (biens matériels). Il est en principe possible de compléter ou d'adapter la fiche pour permettre la saisie d'indicateurs environnementaux, culturels ou relatifs aux fonctions d'infrastructures en réseau.

Il y a lieu d'adapter la fiche de relevé si le propriétaire souhaite prendre en considération d'autres biens à protéger qui sont importants pour lui. Le guide pour l'étape *évaluer* (annexe B) propose différentes approches possibles.

4 Étape Évaluer

4.1 Finalité

L'étape évaluer utilise des indices de risque pour identifier les bâtiments présentant les plus grands risques sismiques potentiels et pour prioriser la vérification de leur sécurité sismique.

Cette étape de priorisation axée sur le risque concerne uniquement les bâtiments à recenser, c'est-à-dire les bâtiments sélectionnés à l'étape *circonscrire* (figure 5). Les bâtiments présentant potentiellement les plus grands risques sont identifiés et priorisés pour une vérification approfondie de leur sécurité sismique. Cette évaluation sommaire du risque permet seulement de comparer les bâtiments entre eux, mais pas d'établir de manière absolue le niveau de sécurité sismique de chacun d'entre eux.

L'étape *évaluer* est en principe un travail de bureau. En raison du temps qu'elles prennent, les visites et les études de plan détaillées doivent être réservées à des cas exceptionnels. L'étape *évaluer* est fondée sur l'approche décrite à l'annexe B et sur les réflexions, recommandations, exigences et conditions suivantes :

- l'évaluation se base en principe sur l'étude de plans d'architecte ;
- Les personnes connaissant le bâtiment, les plans d'ingénieur (s'ils existent) ou, à titre exceptionnel, les visites sur place peuvent constituer des sources d'information supplémentaires ;
- l'évaluation sommaire du risque comprend au moins les dommages directs aux personnes et aux autres biens à protéger définis par le propriétaire.

Figure 5

Représentation schématique de l'étape évaluer

L'annexe B contient un guide méthodologique destiné à l'ingénieur mandaté ainsi qu'un modèle de fiche de relevé.

Pour rappel, l'étape *évaluer* ne doit pas être appliquée aux parcs immobiliers de 20 bâtiments ou moins puisqu'elle ne donne aucune indication absolue sur la sécurité sismique (voir aussi le tableau 1).

4.2 Tâches incombant au propriétaire

4.2.1 Désignation d'une personne de contact

Les exigences sont identiques à celles énoncées au point 3.2.1 pour l'étape *circonscrire.*

4.2.2 Prise de décisions

Les listes de priorités doivent être discutées avec le propriétaire, de même que la procédure de sélection des bâtiments à vérifier ou à ne pas vérifier. Une fois établies, les deux listes de bâtiments sont présentées au propriétaire, qui fait part de ses observations. La discussion avec le propriétaire doit alors s'articuler autour des questions suivantes.

- Les biens à protéger définis par le propriétaire sont-ils dûment pris en compte ?
- Existe-t-il d'autres bâtiments que le propriétaire souhaite absolument vérifier ? (p. ex. des bâtiments pour lesquels un projet de remise en état ou de modification est programmé)
- Le propriétaire est-il conscient que les bâtiments non retenus pour l'étape *vérifier* ont une sécurité sismique éventuellement insuffisante et devront par conséquent être vérifiés dans le cadre du cycle de rénovation ?
- Existe-t-il des bâtiments que le propriétaire ne souhaite, dans tous les cas, pas vérifier ? (p. ex. des bâtiments dont la liquidation ou la démolition est programmée prochainement ou qui font l'objet d'un projet en cours et doivent être vérifiés à cette occasion)

4.3 Déroulement de l'étape

De manière générale, l'étape *évaluer* comprend les activités suivantes :

- attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil ;
- collecte des données de base nécessaires ;
- évaluation du risque à l'aide d'indices ;
- analyse des résultats et priorisation des bâtiments pour l'étape *vérifier ;*
- documentation ;
- préparation de l'étape suivante *(vérifier).*

4.4 Attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil

L'étape *évaluer* doit être réalisée par un ingénieur en génie civil expérimenté, ayant de bonnes connaissances et de l'expérience dans le domaine du génie parasismique. En fonction de la disponibilité et de la qualité des données de base et selon la nécessité d'une visite, l'investissement en temps est en moyenne d'une journée par bâtiment (valeur empirique).

L'OFEV recommande de confier l'exécution ou au moins la coordination de l'étape *évaluer* à l'ingénieur civil chargé de l'étape *circonscrire.*

Dans le cas des très grands parcs de bâtiments, il est parfois préférable de répartir la tâche entre plusieurs bureaux d'ingénieurs. Cela suppose généralement un important travail de coordination et de concertation, mais l'effort en vaut la peine puisqu'il permet d'étayer l'évaluation comparative des bâtiments à l'aide d'un second avis argumenté.

4.5 Collecte des données de base nécessaires

La collecte des données de base peut demander beaucoup de temps à l'ingénieur civil, en particulier si le parc de bâtiments est très vaste. Les indications nécessaires à l'évaluation du risque doivent en principe être mises à disposition par le propriétaire ou pouvoir être obtenues auprès de lui.

4.6 Évaluation du risque à l'aide d'indices

L'évaluation sommaire du risque est basée sur des indices servant à apprécier d'une part les propriétés du bâtiment déterminantes pour son comportement en cas de séisme et, d'autre part, la mise en danger des personnes et des autres biens à protéger. La fiche de relevé présentée à l'annexe B sert de support à cette évaluation. De manière simplifiée, l'évaluation considère le risque sismique comme le produit mathématique de la **probabilité des dommages** et de l'**ampleur des dommages**. Les indices de risque déterminés pour cette évaluation sont obtenus en multipliant des **indices de probabilité** et des **indices d'ampleur**.

L'**indice de la probabilité des dommages** renseigne sur la susceptibilité d'un bâtiment à subir des dommages en cas de séisme (= vulnérabilité). Il est obtenu en multipliant l'indice de l'aléa sismique local et l'indice de la vulnérabilité du bâtiment.

L'**indice de l'ampleur des dommages** recense les dommages potentiels qui résulteraient d'un dégât au bâtiment causé par un séisme. Il permet par exemple de déterminer l'ampleur potentielle des dommages aux personnes ou aux bâtiments sur la base des biens à protéger considérés.

La multiplication des indices de probabilité et des indices d'ampleur produit des **indices de risque** utilisés pour la priorisation des bâtiments (figure 6).

Figure 6
Détermination d'indices de risque RZ pour la priorisation

4.7 Analyse des résultats et priorisation des bâtiments pour la vérification

Les indices de l'étape *évaluer* servent uniquement à prioriser les bâtiments pour l'étape *vérifier.* En classant les bâtiments dans l'ordre décroissant de leurs indices de risque, on obtient des listes de priorités. Ces listes mettent en évidence le risque encouru par un bâtiment pour ce qui est des biens à protéger considérés. L'expérience tirée de nombreuses évaluations montre qu'il existe pour chaque indice un groupe de bâtiments obtenant des résultats nettement supérieurs à la majorité des autres bâtiments. La priorisation s'applique précisément à ce groupe. Les bâtiments concernés doivent être inscrits sur une liste séparée, à partir de laquelle il faudra choisir les bâtiments à examiner (étape *vérifier).*

Si le nombre de bâtiments à examiner a été préalablement convenu avec le propriétaire, la priorisation peut se dérouler de façon analogue au filtrage (annexe A). L'OFEV recommande de pondérer les risques aux personnes de manière à leur accorder plus de poids. Si le propriétaire n'a pas encore fixé le nombre de bâtiments à examiner, l'ingénieur civil doit lui soumettre une proposition. L'annexe B formule des recommandations relative à l'établissement des priorités (voir chapitre B.5).

4.8 Documentation

L'ingénieur mandaté consigne les travaux dans un rapport succinct.

Ce rapport comprend en substance les éléments suivants :

- approche et démarche ;
- critères de priorisation pour les bâtiments à vérifier et pour les bâtiments à écarter ;
- décisions prises avec le propriétaire ;
- suite de la procédure ;
- liste définitive des bâtiments sélectionnés pour l'étape *vérifier ;*
- liste définitive des bâtiments à écarter ;
- fiches de relevé des bâtiments évalués
- ensemble des analyses effectuées à partir des données des fiches de relevé.

4.9 Préparation de l'étape suivante

Les bâtiments priorisés accèdent pour finir à l'étape *vérifier.* Le calendrier des vérifications doit s'aligner de préférence sur les contraintes de délai de la gestion de portefeuille (par exemple, vérification dans les deux ans ou dans les cinq ans).

Si le nombre de bâtiments priorisés pour la vérification est important, le propriétaire doit décider des clarifications supplémentaires qui faciliteront l'échelonnement des vérifications. L'ingénieur civil chargé de ces clarifications peut par exemple se voir confier les tâches suivantes :

- échelonnement sur la base des résultats des indices ;
- prise en considération des projets de construction programmés ;
- impact d'une restriction de budget du côté du propriétaire ;
- recherche de données de base ;
- étude des données de base et, si besoin, visite des bâtiments ;
- analyse sommaire des points faibles des bâtiments du point de vue de la sécurité sismique ;
- estimation du temps nécessaire aux vérifications ;
- priorisation des vérifications.

Une part importante des bâtiments évalués ne sera pas priorisée et donc pas vérifiée dans l'immédiat. Conformément à la stratégie de réduction du risque sismique (voir chapitre 1.2), le propriétaire veille à ce que la sécurité sismique de ces bâtiments écartés de l'étape vérifier soit prise en considération dans le cycle de rénovation du parc immobilier.

L'exécution de l'étape évaluer ne donne aucune indication sur la sécurité sismique d'un bâtiment considéré individuellement et n'est pas correcte d'un point de vue méthodologique.

5 Étape Vérifier

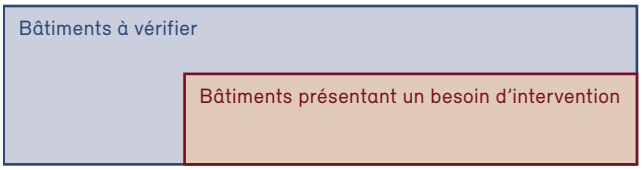
5.1 Finalité

La troisième étape consiste à vérifier la sécurité sismique des bâtiments priorisés et à formuler des recommandations relatives aux mesures de sécurité éventuellement requises. Elle est basée sur la norme SIA 269/8 [2].

L'étape *vérifier* porte sur la vérification de la sécurité sismique des bâtiments priorisés et sur la formulation des recommandations d'intervention. Les résultats de la vérification doivent être présentés au propriétaire sous une forme compréhensible décrivant le besoin d'intervention. Ce besoin est à intégrer dans le plan d'entretien des bâtiments (figure 7).

Figure 7

Représentation schématique de la vérification



Les explications ci-après sont spécifiques à la vérification de la sécurité sismique et à l'élaboration de recommandations d'intervention dans le cadre particulier du recensement sélectif du risque sismique pour les grands parcs immobiliers.

Les exigences normatives qui régissent la protection des personnes, des fonctions d'infrastructure, de l'environnement et des valeurs culturelles sont à respecter en priorité. Celles-ci peuvent être complétées par les exigences du propriétaire relatives à d'autres biens à protéger.

5.2 Tâches incombant au propriétaire

Avant que la vérification des bâtiments priorisés ne commence, le propriétaire doit prendre part à la définition des trois facteurs qui auront le plus d'influence sur le besoin d'intervention.

Pour commencer, le propriétaire et l'ingénieur mandaté doivent désigner de manière définitive les biens à protéger à considérer, qu'il convient de prendre en compte lors de l'évaluation de la proportionnalité des mesures de sécurité sismique au sens de l'annexe E de la norme SIA 269/8 [2] (voir l'annexe C).

Directement liée aux biens à protéger à considérer, la classe d'ouvrage spécifie les exigences normatives posées au bâtiment. Les propriétaires de grands parcs immobiliers peuvent déterminer la classe d'ouvrage sur la base de leur expérience. Le plus souvent toutefois, l'ingénieur mandaté leur fait une proposition compatible avec les normes SIA 261 [1] et SIA 269/8 [2], fondée sur sa connaissance de l'utilisation et de la fonction d'un bâtiment.

Le dernier facteur important est la durée d'utilisation restante des bâtiments à vérifier, autrement dit leur durée de vie, qui doit être établie de manière définitive. Cette durée est directement liée à la valeur des bâtiments, à leur utilisation et aux investissements prévus pour ces bâtiments.

La gestion immobilière peut influer sur ces trois facteurs. Par exemple, la définition d'objectifs stratégiques impliquant le changement de fonction d'un bâtiment peut avoir une influence significative sur les biens à protéger considérés et sur la classe d'ouvrage assignée. Des exemples sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5
Adaptation de la classe d'ouvrage (CO) à la suite d'un changement d'utilisation

Exemple	Avant	Après
Exemple 1	Halle de stockage (fonction) Personnes (bien à protéger) CO I	Halle de production principale Personnes, exploitation, ouvrage, objets CO II
Exemple 2	Bâtiment administratif (fonction) Personnes (bien à protéger) CO II	École Personnes CO II-s
Exemple 3	Bâtiment résidentiel (fonction) Personnes (bien à protéger) CO I	Musée Personnes, objets, valeurs culturelles CO II
Exemple 4	Hôpital – bâtiment administratif (fonction) Personnes (bien à protéger) CO I	Hôpital de soins aigus Fonction d'infrastructure vitale CO III
Exemple 5	Fournisseur d'électricité – bâtiments administratifs (fonction) Personnes (bien à protéger) CO I	Fournisseur d'électricité (centre de calcul) Fonction d'infrastructure importante CO II-i

5.3 Déroulement de l'étape

De manière générale, l'étape *vérifier* comprend les activités suivantes :

- attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil ;
- vérification de la sécurité sismique selon la norme SIA 269/8 [2] ;
- analyse des résultats et formulation d'une recommandation d'intervention ;
- planification de la suite de la procédure.

5.4 Attribution d'un mandat à un ingénieur en génie civil

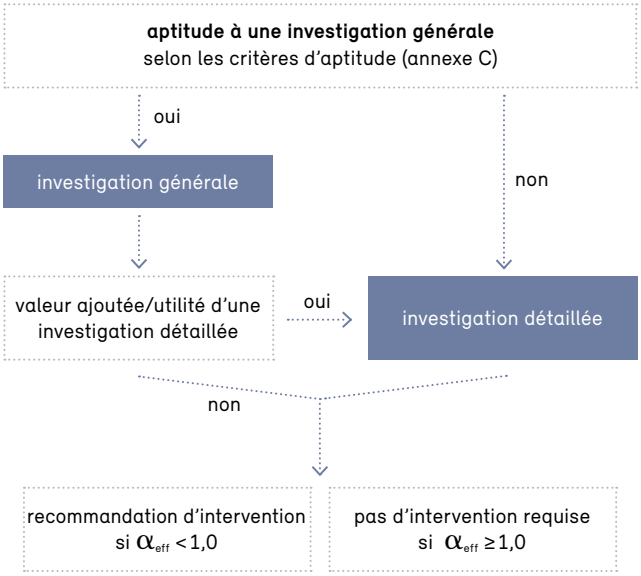
L'étape *vérifier* doit être réalisée par un ingénieur en génie civil expérimenté spécialisé dans le domaine du génie parasismique. Ce dernier doit connaître et savoir appliquer la norme SIA 269/8 [2]. Les méthodes modernes de vérification doivent lui être familières. Ces exigences garantissent que les mesures nécessaires à l'amélioration de la sécurité sismique seront présentées de façon justifiée au propriétaire et que les mesures inutiles et trop onéreuses seront évitées. En fonction de la disponibilité et de la qualité des données de base, du niveau de détail de l'investigation et de la nécessité d'inspecter l'ouvrage, l'investissement en temps peut atteindre 80 heures par bâtiment (valeur empirique). Il est généralement admis que l'ingénieur civil chargé de la vérification de la sécurité sismique sera impliqué dans la suite de la procédure (planification des mesures nécessaires), pour le moins en qualité de conseiller.

5.5 Vérification la sécurité sismique selon la norme SIA 269/8

La vérification selon la norme SIA 269 [5] se déroule en principe par étapes, avec un degré d'approfondissement croissant. Elle commence par une investigation générale, qui peut être suivie si nécessaire d'une ou de plusieurs investigations détaillées, de plus en plus approfondies. L'investigation générale couvre l'ensemble de la structure porteuse, y compris tous les éléments de construction qui peuvent, en cas de défaillance, mettre en danger les biens à protéger considérés. Conformément à la norme SIA 269/8 [2], chaque étape d'investigation comprend un relevé de l'état, une étude de la conception et des dispositions constructives de l'ouvrage, une étude numérique et une évaluation de la sécurité sismique, ainsi qu'une recommandation d'intervention. Le degré d'approfondissement dépend en particulier des résultats obtenus en matière de sécurité sismique : s'il ressort de l'investigation générale un niveau de sécurité sismique inférieur aux exigences minimales de la norme SIA 269/8 [2] (exigences définies au point 9.1.6 dans le tableau 1), il convient d'évaluer la valeur ajoutée et l'utilité d'une investigation détaillée. La figure 8 schématise le déroulement de la vérification.

Figure 8

Déroulement de la vérification selon les normes SIA 269 [5] et 269/8 [2]



Le résultat de la vérification de la sécurité sismique des bâtiments priorisés est exprimé par le facteur de conformité α_{eff}. Si le facteur de conformité α_{eff} est égal ou supérieur à 1,0, la sécurité sismique du bâtiment vérifié est suffisante. Si le facteur de conformité α_{eff} est inférieur à 1,0, la sécurité sismique du bâtiment vérifié est insuffisante. Si le facteur de conformité α_{eff} est inférieur au facteur de conformité minimal α_{min} (niveau de sécurité minimal exigé pour les bâtiments existants, risque pour les personnes = exigences de sécurité pour les individus = risque individuel acceptable), la sécurité sismique est défaillante.

5.6 Analyse des résultats et formulation d'une recommandation d'intervention

S'il ressort de la vérification d'un bâtiment que sa sécurité sismique est défaillante ($\alpha_{eff} < \alpha_{min}$), des mesures de sécurité sismique sont nécessaires. S'il en ressort un niveau de sécurité sismique insuffisant ($\alpha_{min} < \alpha_{eff} < 1{,}0$), il faut évaluer la proportionnalité d'un concept d'intervention visant à améliorer la sécurité sismique. La proportionnalité des mesures de sécurité sismique est appréciée en comparant leur coût et leur utilité. Si le niveau de sécurité sismique exigé dans la norme est atteint ($\alpha_{eff} \sim 1{,}0$), aucune intervention n'est requise.

Il est recommandé d'établir un rapport de vérification standardisé pour tous les bâtiments vérifiés. Les résultats de la vérification doivent être remis au propriétaire sous la forme d'une priorisation, avec une recommandation d'intervention (tableau 6).

Tableau 6

Priorisation et recommandation d'intervention

Priorisation	Investigation générale	Investigation détaillée
Priorité 1	$\alpha_{eff} < \alpha_{min}$	Les mesures nécessaires pour améliorer la sécurité sismique doivent être mises en œuvre rapidement.
Priorité 2	$\alpha_{min} < \alpha_{eff} < 1{,}0$	Des mesures de sécurité sismique proportionnées doivent être mises en œuvre au plus tard lors du prochain projet de remise en état ou de transformation (potentiel de synergie avec des mesures de toute façon nécessaires).
Priorité 3	$\alpha_{ef} \geq 1{,}0$	Il convient de s'assurer lors des prochains projets de remise en état ou de transformation que le niveau de sécurité sismique n'est pas réduit (< 1,0).

5.7 Planification de la suite

Il est essentiel que les connaissances acquises soient traitées par le propriétaire et que tous les résultats du recensement sélectif par étapes soient intégrés à la base de données du portefeuille immobilier ou (si une telle base de données n'existe pas) soient consignés dans les dossiers de construction. Cela permet d'assurer le lien entre la gestion du portefeuille (facility management) et la gestion du projet et de garantir la prise en considération des résultats de la sécurité sismique dans la planification ultérieure de chaque objet.

Il convient de distinguer les trois types d'informations suivants :

- le bâtiment a été écarté à l'étape *circonscrire* et n'a donc pas été évalué : la sécurité sismique de ce bâtiment devra être vérifiée dans le cadre du cycle de rénovation du parc immobilier ;
- le bâtiment a été traité à l'étape *évaluer,* mais n'a pas été sélectionné pour l'étape *vérifier :* la sécurité sismique de ce bâtiment devra être vérifiée dans le cadre du cycle de rénovation du parc immobilier ;
- le bâtiment a été traité à l'étape *vérifier* é : une vérification de la sécurité sismique a été effectuée et a permis de définir le besoin d'intervention, qui détermine la suite de la procédure.

6 Comment gérer le besoin d'intervention

6.1 Concrétisation du besoin d'intervention

À l'issue du recensement sélectif par étapes, le propriétaire doit décider de la façon dont il souhaite gérer le besoin d'intervention mis en évidence. Selon l'ampleur de ce dernier, il peut être judicieux de prioriser la réalisation des mesures de sécurité sismique pour les bâtiments défaillants ($\alpha_{eff} < \alpha_{min}$) sur la base des éléments ci-après :

- projets de construction déjà prévus dans le cycle de rénovation des bâtiments concernés ;
- ampleur des mesures nécessaires (pour le cas de figure $\alpha_{eff} < \alpha_{min}$) ;
- ordre de grandeur du coût total des mesures (coûts du gros-œuvre plus coûts consécutifs) ;
- dommage potentiel ;
- coûts liés à d'autres répercussions (perturbation de l'utilisation) ;
- existence d'autres besoins (protection contre les incendies, technique du bâtiment, isolation phonique, etc.) permettant d'exploiter des synergies avec les mesures de sécurité sismique ;
- potentiel de développement des bâtiments à l'intérieur du parc ;
- mesures possibles d'organisation de l'exploitation.

6.2 Élaboration d'un concept d'intervention

S'il existe un besoin d'intervention au niveau d'un bâtiment et si des mesures de sécurité sismique sont nécessaires, il faut confier à un ingénieur civil l'élaboration d'un concept d'intervention dont le contenu et l'ampleur correspondent à l'étape de l'avant-projet dans l'étude d'un projet de construction [5] [8] [9]. Dans l'idéal, ce concept est élaboré par une équipe composée d'un ingénieur en génie civil, d'un architecte et de plusieurs ingénieurs en technique du bâtiment, génie mécanique et électrotechnique, en collaboration avec le propriétaire et l'utilisateur du bâtiment ou leurs représentants.

Le concept se base sur la recommandation d'intervention formulée par l'ingénieur dans son rapport de vérification. Il est élaboré sur la base d'une optimisation entre plusieurs variantes d'amélioration. À l'étape du projet, le concept doit être transformé en un projet d'intervention, puis réalisé. Pour finir, les mesures de sécurité sismique réalisées doivent être consignées dans le dossier de construction et la convention d'utilisation doit être actualisée ou établie.

6.3 Typologie de mesures de sécurité sismique

Les mesures de sécurité sismique peuvent être liées à l'organisation de l'exploitation ou à la construction. Les mesures touchant à l'organisation de l'exploitation permettent de réduire le risque en diminuant l'occupation ou en attribuant au bâtiment une fonction moins importante. La restriction d'utilisation, le changement d'utilisation, l'arrêt de l'exploitation ou la démolition du bâtiment sont des exemples de mesures possibles. Le but principal des mesures constructives est d'éliminer le ou les points faibles qui pénalisent le comportement sismique de l'ouvrage. Différentes stratégies d'intervention permettent d'atteindre ce but. La stratégie la plus classique consiste à renforcer la structure porteuse existante par de nouveaux éléments de construction ou par un renforcement des éléments existants, par exemple à l'aide de nouvelles parois en béton armé ou de nouveaux contreventements en acier. Les mesures constructives peuvent également améliorer la déformabilité d'éléments fragiles (tels que les parois en maçonnerie) ou affaiblir à dessein la structure porteuse [10].

En Suisse, des valeurs empiriques montrent que le coût de l'amélioration de la sécurité sismique d'un bâtiment individuel équivaut en moyenne à 5 à 10 % de la valeur de celui-ci. Ce coût dépend essentiellement de l'objectif de sécurité visé et des particularités du projet concerné. Il dépend également de la qualité des vérifications effectuées. Faute d'informations appropriées, les facteurs de

conformité calculés sur la base d'hypothèses prudentes sont plus faibles qu'ils ne le devraient, avec pour conséquence des mesures de sécurité sismique plus coûteuses.

Annexe A Étape circonscrire : indications concernant le filtrage

A.1 Principe

Dans le cas d'un très grand parc immobilier (> 500 bâtiments), le filtrage est utilisé après un premier triage qualitatif en vue de réduire encore le nombre de bâtiments à sélectionner pour l'étape *évaluer.* Le but est d'écarter les bâtiments qui, en raison de leurs indices de risque attendus, ne seront probablement pas sélectionnés pour l'étape *vérifier* à l'issue de l'étape *évaluer.* Le recours au filtrage suppose que les biens à protéger qu'il faut considérer sont choisis, que la méthode de priorisation à l'étape *évaluer* est connue et que le contenu de la fiche de relevé est défini.

A.2 Critères de filtrage

En principe, les critères de filtrage à utiliser sont ceux qui correspondent aux biens à protéger considérés par le propriétaire et qui sont pris en compte dans la fiche de relevé de l'étape *évaluer* (voir annexe B). Le choix des critères dépend principalement des objectifs du propriétaire et de la disponibilité des données requises. Pour pouvoir servir de critère de filtrage, une donnée relative aux bâtiments doit être disponible pour l'ensemble du parc, être facilement accessible et se prêter à une analyse par informatique. En d'autres termes, elle doit être enregistrée de façon systématique dans une base de données.

Le critère de filtrage le plus facile à utiliser est la valeur du bâtiment :

- la valeur du bâtiment est généralement facile à connaître ;
- elle présente souvent en bonne corrélation avec l'occupation et avec d'autres critères de filtrage possibles.

Puisque le filtrage cherche à anticiper les résultats de l'étape *évaluer,* il est possible d'utiliser comme critères de filtrage uniquement les indicateurs qui seront relevés à l'aide d'indices lors de l'étape *évaluer* (voir chapitre B.3).

L'indice de risque (RZ) est definit comme la multiplication de l'indice de probabilité (WZ) et l'indice d'ampleur (AZ).

$$WZ \times AZ = RZ$$

Il est ainsi possible d'utiliser, comme critères de filtrage, tous les indicateurs des indices d'ampleur des dommages (AZx) ainsi que les les indicateurs des indices Wx intégrés à WZ par une fonction multiplicative. Cette possibilité repose sur le fait que ces indices sont directement proportionnels à l'indice de risque RZx, c'est à dire que le doublement d'un de ces indices entraîne le doublement de l'indice RZx.

L'indice WZ est établi à partir de l'indice de l'aléa local et de l'indice de la vulnérabilité de l'ouvrage. En règle générale, il n'est possible d'utiliser que l'indice relatif à la zone sismique (WE) comme critère de filtrage lié à WZ, premièrement parce que les zones sismiques sont connues pour l'ensemble du territoire et deuxièmement parce qu'elles peuvent être reliées à des informations de localisation des bâtiments telles que le numéro postal et le canton. Dans des cas exceptionnels (classes de terrain de fondation connues et localisation des bâtiments décrite par un système d'information géographique SIG), il pourrait être possible de relever l'indice WB relatif au terrain de fondation. L'indice de vulnérabilité de l'ouvrage (WBAU) ne peut pas être utilisé comme critère de filtrage, car il est composé de plusieurs éléments à additionner qui ne sont pas disponibles a priori. La façon de définir les critères de filtrage est expliquée ci-après à l'aide d'un exemple.

A.3 Exemple : définition de critères de filtrage

L'exemple porte sur un parc de 3800 bâtiments (A1 à A3800), répartis sur tout le territoire suisse. Les données disponibles sont les suivantes :

- indications concernant l'utilisation, avec les surfaces utiles correspondantes ;
- valeurs d'assurance des bâtiments ;
- adresses.

Ces données permettent de déterminer les indicateurs à partir desquels des critères de filtrage pourront être déduits (tableau 1).

Le tableau A2 présente et justifie les critères de filtrage utilisés.

Le graphique de la figure A1 trie les valeurs du critère de filtrage AZPB par ordre décroissant et met en évidence le segment pouvant être considéré comme pertinent.

Tableau A1

Indicateurs pour la définition de critères de filtrage

Indicateurs pour la déduction de critères de filtrage	Indice déterminé à l'étape *évaluer*	Mise en œuvre
Occupation par des personnes PB selon SIA 269/8 [2]	Indice de l'ampleur des dommages aux personnes AZPB = 0,1 × PB	· Estimation sur la base de la norme SIA 269/8 [2] (tab. 2) et des indications concernant l'utilisation et les surfaces utiles · L'estimation peut être réalisée dans une base de données ou dans une feuille Excel à l'aide des formules correspondantes
Valeur de l'ouvrage BW selon SIA 269/8 [2]	Indice de l'ampleur des dommages à l'ouvrage AZBW = BW en millions de francs	· Détermination sur la base de la valeur d'assurance du bâtiment · Le million de francs est choisi comme unité afin que les indices AZBW ne soient pas trop grands et que les relevés puissent se faire au million près sans apparence fictive de précision
Zone sismique selon SIA 261 [1]	WE selon l'étape évaluer	· Détermination sur la base de critères d'attribution selon SIA 261 [1] · Attribution d'un numéro postal d'acheminement à la zone sismique, dans une base de données

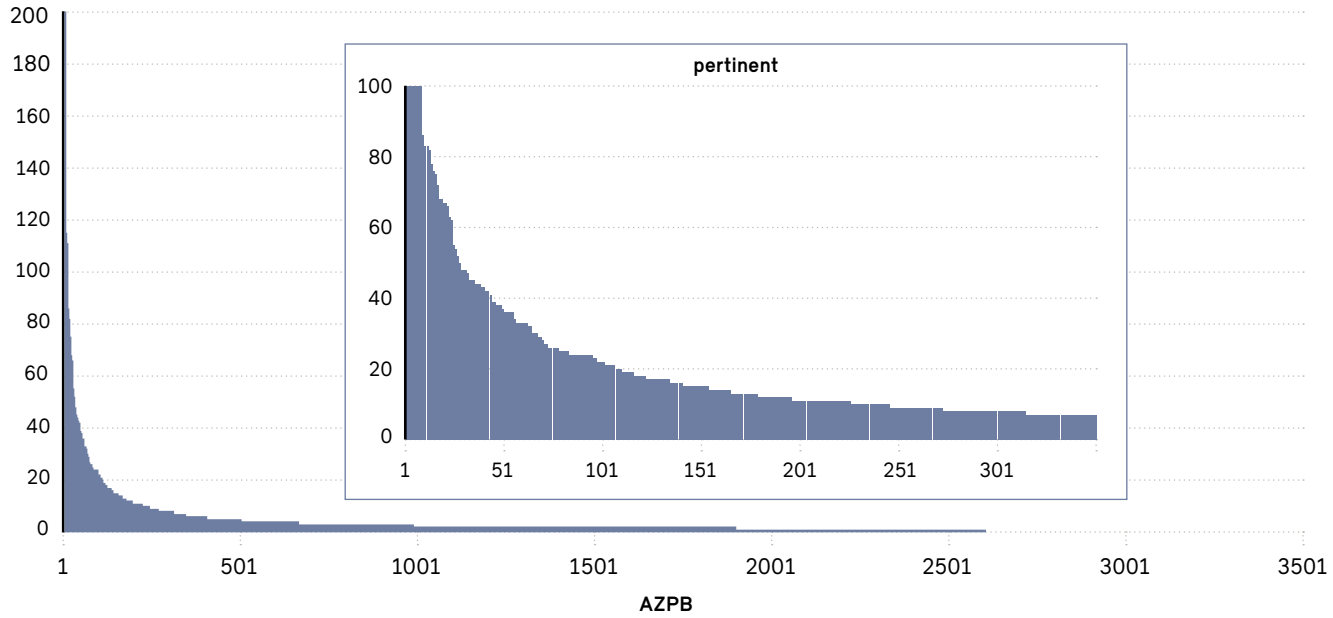
Tableau A2

Critères de filtrage déduits des indicateurs

Critères de filtrage	Justification
AZPB	· L'indice de l'ampleur des dommages aux personnes est un critère de filtrage important car il cible directement l'objectif premier de la protection contre les séismes.
AZBW	· L'indice de l'ampleur des dommages à l'ouvrage est généralement corrélé avec l'indice AZPB ; en cas de faible occupation et, en plus de la valeur même du bâtiment, c'est un critère de filtrage pour d'autres propriétés du bâtiment (p. ex. importance de sa fonction).
WE × AZPB	· À lui seul, l'indice relatif à la zone sismique WE n'est pas un critère de filtrage pertinent car il ne s'intéresse à aucune propriété du bâtiment. · Le produit des indices WE et AZPB, en revanche, peut être utilisé comme un critère de filtrage axé sur le risque. · La prise en considération de l'indice WE n'a d'intérêt que si les bâtiments du parc sont situés dans des zones sismiques différentes.
WE × AZBW	· Comme pour WE × AZPB

Figure A1

Valeurs du critère de filtrage AZPB triées par ordre décroissant



A.4 Sélection des bâtiments pour l'étape *évaluer*

La procédure de sélection en cas de critères multiples comprend les étapes suivantes :

- établir une liste de classement par ordre décroissant (pour chaque critère de filtrage) ;
- attribuer un rang à chaque bâtiment (pour chaque critère de filtrage). Le bâtiment avec la valeur de filtrage la plus élevée occupe le rang 1, celui avec la deuxième valeur la plus élevée occupe le rang 2, et ainsi de suite (tableau A3) :

Tableau A3

Exemple d'une liste de bâtiments classés après leur filtrage

Rang	AZPB	AZBW	WE × AZPB	WE × AZBW
1	A1	A2	A7	A11
2	A2	A3	A27	A24
3	A3	A17	A11	A1096
...	...	...	...	...

- sélectionner les bâtiments à retenir pour l'étape *évaluer* en descendant la liste de classement jusqu'à atteindre le nombre de bâtiments souhaité (tableau A4), par exemple les huit premiers de la liste :

Tableau A4

Exemple d'une liste de priorité pour l'étape évaluer

Nombre	Filtre 1
1	A1
2	A2
3	A7
4	A11
5	A3
6	A27
7	A24
8	A17
9	A1096
...	....

Si le nombre de bâtiments à évaluer n'a pas été fixé au préalable, le choix peut se faire sur la base des diagrammes. Ainsi, il est possible de sélectionner par exemple tous les bâtiments dont les valeurs de filtrage se situent nettement au-dessus de la moyenne. L'expérience montre qu'on obtient également des résultats utilisables lorsqu'on sélectionne tous les bâtiments dont la valeur de filtrage est supérieure à la valeur moyenne plus un écart standard.

Il est généralement indiqué d'accorder plus de poids aux personnes qu'aux autres biens à protéger, par exemple en retenant proportionnellement deux fois plus de bâtiments liés à des critères de filtrage intégrant l'occupation par des personnes. On peut y parvenir en sélectionnant systématiquement deux bâtiments en corrélation avec l'occupation par des personnes avant de sélectionner un bâtiment en corrélation avec un autre bien à protéger.

A.5 Remarque particulière

L'exemple ci-dessus montre que le même bâtiment peut être mis en avant par plusieurs filtres, ce qui n'a rien d'étonnant puisque les différents filtres utilisés sont souvent corrélés entre eux. On sait par exemple que l'occupation par des personnes et la valeur du bâtiment augmentent généralement avec la taille du bâtiment. En ce sens, le filtrage basé sur plusieurs critères a un effet secondaire souhaitable : si les données d'un critère de filtrage ne sont pas fiables, un autre critère de filtrage peut opérer une compensation.

Annexe B Étape évaluer : guide

B1 Abréviations

RZx	**Indice de risque**
RZP	Indice du risque aux personnes
RZB	Indice du risque à l'ouvrage
RZS	Indice du risque aux objets
AZx	**Indice de l'ampleur des dommages**
AZPB	Indice de l'ampleur des dommages aux personnes
PB	Occupation par des personnes selon SIA 269/8 [2]
AZBW	Indice de l'ampleur des dommages à l'ouvrage
BW	Valeur du bâtiment (valeur de l'ouvrage selon SIA 269/8 [2])
AZS	Indice de l'ampleur des dommages aux objets
SW	Valeur des objets selon SIA 269/8 [2]
WZx	**Indice de la probabilité des dommages**
WEB	Indice de l'aléa local
WE	Indice relatif à la zone sismique
WB	Indice relatif au terrain de fondation
WBAU	Indice de la vulnérabilité de l'ouvrage
WG	Indice du contreventement en plan
WA	Indice du contreventement en élévation
WW	Indice relatif à la nature de contreventement
WK	Indice relatif à la configuration en plan
WD	Indice de la ductilité
WH	Indice de la hauteur du bâtiment
WF	Indice relatif à la fondation
WL	Indice relatif à la position du bâtiment

B.2 Collecte des données de base

Le tableau B1 donne des indications générales pour la collecte des informations nécessaires.

Tableau B1

Indications concernant les sources d'information

Aspect	Informations importantes	Sources d'information
Aléa sismique	· aléa local	· SIA 261 [1] · carte des classes de terrain de fondation · microzonage sismique · données de base géotechniques et géologiques · expérience des ingénieurs et des géologues établis localement
Susceptibilité à subir des dommages (vulnérabilité)	· mode de construction · caractéristiques du bâtiment · éléments attestant que le risque sismique a été dûment pris en considération lors de la planification	· plans et photos · convention d'utilisation (anciennement plan d'utilisation et de sécurité) · note de calcul · rapports de vérification
Valeurs	· occupation par des personnes · fonction · valeur du bâtiment · valeurs matérielles · performance opérationnelle	· propriétaire · utilisation/surface utile · valeur de remplacement/d'assurance · coûts salariaux · rendement

Le tableau B2 contient des indications spécifiques et des remarques pour la détermination de l'indice de vulnérabilité de l'ouvrage.

Tableau B2

Données de base pour l'évaluation de l'ouvrage au moyen d'indices

Données de base	Remarques
Plans d'architecte[1)]	· suffisants pourvu qu'ils permettent la caractérisation de l'ouvrage · sinon, nécessité de recourir à une personne compétente pour procéder à la matérialisation · ne couvrent pas toujours les modifications antérieures
Plans d'ingénieur[1)]	· indiqués pour collecter des détails spécifiques · vue d'ensemble additionnelle nécessaire (plans d'architecte, plans de gestion) · important travail de recherche et de préparation des plans réellement nécessaires
Plans de gestion	· servent uniquement de guides et peuvent être utilisés p. ex. lors d'une visite
Photos, Google Maps	· sources d'informations complémentaires
Visite	· difficulté à bien cerner la matérialisation et les détails · de préférence, utiliser au moins des plans de gestion comme données de base · démarche généralement contraignante en raison du grand nombre d'heures nécessaires et parce qu'une personne doit accompagner la visite pour permettre l'accès à tous les espaces pertinents
Investigations (p. ex. sondages)	· non indiquée à l'étape *évaluer*

1) Certains plans peuvent être obsolètes à la suite de remises en état ou des modifications.

B.3 Indice de l'ampleur des dommages AZ

L'ampleur des dommages aux biens à protéger est déterminée à l'aide d'indicateurs et d'indices correspondants. Un indicateur entrant dans le calcul d'un indice approprié est assigné à chaque bien à protéger. L'indice est conçu de manière à restituer le poids d'une caractéristique spécifique. Les indices sont représentés par deux ou plusieurs lettres en caractères gras. La première lettre est un **A**, pour « ampleur » ; la deuxième lettre et les suivantes précisent de quel indice il s'agit. Le choix des lettres se base sur les spécifications de la norme SIA 269/8 [2]. Exemple : l'occupation par des personnes est un indicateur pour le bien à protéger « personnes » ; l'indice AZPB pour ce bien à protéger est obtenu en multipliant l'occupation par des personnes PB (selon SIA 269/8 [2]) par 0,1.

Le tableau B3 contient la liste des biens à protéger mentionnés au point 3.6 et donne des points de départ pour la détermination d'indicateurs et d'indices correspondants. Les indices relatifs aux dommages aux personnes et à la valeur du bâtiment figurent déjà dans la fiche de relevé. Les autres indices peuvent y être ajoutés en fonction du besoin. Certains biens à protéger n'ont pas d'indices assignés, car le choix d'indicateurs appropriés et le calcul des indices correspondants dépend des objectifs du propriétaire concernant lesdits biens. L'ingénieur civil mandaté et le propriétaire doivent établir ensemble si ces biens à protéger peuvent et doivent être pris en considération à l'aide d'indices.

Tableau B3

Biens à protéger, indicateurs et indices

Bien à protéger	Indicateurs	Indice	Remarques et points de départ pour la détermination d'indicateurs et d'indices
Personnes	Occupation par des personnes PB selon SIA 269/8 [2]	AZPB = 0,1 × PB	· En fonction de l'utilisation du bâtiment, il peut être nécessaire de prendre en compte plusieurs occupations et de les additionner. · La multiplication par 0,1 veille à ce que les indices AZPB ne soient pas trop grands et que les relevés puissent se faire à 10 personnes près sans apparence fictive de précision.
Fonction	Classe d'ouvrage CO selon SIA 261 [1] et SIA 269/8 [2]	–	· La distinction entre classes d'ouvrages CO I et CO II est en principe bien couverte par le bien à protéger « personnes » et, si elle est relevée, par la valeur du bâtiment. · Les bâtiments CO II-s, II-i et III sont en principe déjà à identifier grâce au triage (3.7.1). Si des bâtiments appartenant à ces classes d'ouvrages ne sont recensés qu'à l'étape *évaluer,* ils doivent l'être séparément et leur évaluation ne peut servir qu'à la priorisation des échéances à l'intérieur de ces classes d'ouvrages.
Environnement	Atteinte à l'environnement	–	· En cas de besoin, des indicateurs appropriés peuvent être repris de l'ordonnance sur les accidents majeurs.
Valeur culturelle	Hauteur de la valeur culturelle	–	· Si la protection des monuments est un objectif de protection important pour le propriétaire, des bâtiments présentant une valeur culturelle peuvent être recensés et évalués séparément.
Valeur du bâtiment	Valeur de l'ouvrage BW selon SIA 269/8 [2]	AZBW = BW en millions de fr.	· Il est possible d'utiliser la valeur d'assurance si celle-ci représente une valeur de remplacement. · L'essentiel est d'utiliser une seule et même valeur.
Valeur matérielle	Valeur des objets SW selon SIA 269/8 [2]	AZSW = SW en millions de fr.	· Il est possible d'utiliser la valeur d'assurance des objets si celle-ci représente une valeur de remplacement. · Sont à considérer les objets qui subiraient des dommages en cas de défaillance de tout ou partie de la structure porteuse. · Ces objets doivent être pris en considération si leur valeur atteint au moins le même ordre de grandeur que celle du bâtiment. · Le choix du million de francs comme unité répond aux mêmes arguments que le choix du facteur 0,1 pour l'indice AZPB.
Exploitation	rendement revenus locatifs chiffre d'affaires etc.	Valeur en millions de fr.	· Il s'agit de définir des indicateurs faisant office de grandeur caractéristique pour la perte subie en cas de défaillance du bâtiment affecté (interruption d'exploitation). · Sont à considérer les conséquences de l'interruption, qui ne se limitent pas au bâtiment considéré (p. ex. dépendance d'une entreprise par rapport au bon fonctionnement d'un dépôt central). · Il est important que les grandeurs caractéristiques choisies soient comparables et basées sur la même durée de référence (en général, un an). · Le choix du million de francs comme unité répond aux mêmes arguments que le choix du facteur 0,1 pour l'indice AZPB.
Aspects légaux	partiellement couvert par la prise en considération des autres biens à protéger	–	· Le propriétaire peut estimer que les implications légales pour une utilisation particulière ou un site particulier seraient particulièrement graves en cas de défaillance. · Cette situation peut être priorisée au moyen d'une mention spéciale sur la fiche de relevé si les bâtiments concernés n'ont pas déjà été sélectionnés pour l'étape vérifier (lors du triage).
Image	partiellement couverte par la prise en considération des autres biens à protéger	–	· Le propriétaire peut estimer que la défaillance d'un bâtiment pourrait avoir de graves implications pour son image. · Cette situation peut être priorisée au moyen d'une mention spéciale sur la fiche de relevé si le bâtiment concerné n'a pas déjà été sélectionné pour l'étape vérifier (lors du triage).

B.4 Indice de la probabilité des dommages WZ

L'indice de la probabilité des dommages WZ est calculé à partir de différents indices. Le but de ces indices n'est pas de quantifier la probabilité en valeur absolue. Ce sont plutôt des valeurs cohérentes entre elles qui servent à établir une classification relative. Les différents indices sont représentés par deux ou plusieurs lettres en caractères gras. La première lettre est un **W**, pour « Wahrscheinlichkeit » en allemand (= probabilité) ; la deuxième lettre et les suivantes précisent de quel indice il s'agit. Les différents indices, signalés en caractères gras, sont expliqués dans la suite du texte.

L'indice de la probabilité des dommages WZ regroupe tous les éléments décrits ci-après. Il est obtenu à partir des indices déterminés pour le site et pour l'ouvrage, combinés entre eux selon la formule suivante :

$$\mathbf{WZ} = \mathbf{WEB} \times \mathbf{WBAU} = (\mathbf{WE} \times \mathbf{WB}) \times (1+\mathbf{WG}+\mathbf{WA}+\mathbf{WW}+\mathbf{WK}+\mathbf{WD}+\mathbf{WF}+\mathbf{WH}+\mathbf{WL})$$

permet de comparer les bâtiments entre eux. Au moment d'interpréter l'indice WZ dans le cas des bâtiments considérés, il doit être tenu compte du fait que les indices relatifs à la vulnérabilité de l'ouvrage WBAU sont empreints d'une très grande imprécision en raison d'une méthode de recensement approximative.

B.4.1 Indice de l'aléa local WEB

La probabilité d'occurrence d'un séisme d'intensité donnée dépend de l'endroit considéré. La norme SIA 261 [1] divise la Suisse en plusieurs zones sismiques. Ces zones **E** sont liées à des valeurs attendues de l'accélération du sol pour une période de retour donnée. On peut également considérer qu'elles sont corrélées avec la probabilité d'occurrence d'un séisme d'intensité donnée. L'ouvrage [11] contient des indications à ce sujet. La délimitation exacte des zones sismiques est disponible sous le lien *http://map.geo.admin.ch.*

Tableau B4

Indice WE pour l'aléa local

Zone sismique[5]	WE
Z1a	1
Z1b	2
Z2	3
Z3a	6
Z3b	10

Le terrain **B** sur lequel est fondé l'ouvrage joue lui aussi un rôle important, car il peut considérablement amplifier les actions sismiques (effet de site). Les séismes sont également susceptibles de provoquer une dégradation des propriétés des terrains de fondation allant jusqu'à la liquéfaction du sol. En général, ce sont les sols fins et peu cohérents qui sont les plus sensibles à ce phénomène. Les pentes, les terrains en glissement et les remblais peuvent également être des emplacements défavorables. Les propriétés pertinentes du terrain de fondation n'étant pas disponibles pour l'ensemble du territoire suisse, il convient de les déterminer au cas par cas. L'indicateur **WB** tient compte de l'« effet de site » de façon approximative. Si la classe de terrain de fondation selon SIA 261 [1] est connue, le tableau B5 donne la valeur de l'indice **WB** à choisir à priori.

5 La zone sismique Z1*a* correspond à la zone Z1 de la norme SIA 261 (2014). La révision de la norme SIA 261 (prévue en 2020) introduira une zone sismique Z1b avec a_{gd} = 0,8 m/s².

Tableau B5

Indice WB pour le terrain de fondation

Terrain de fondation	WB	Indications
Bon (classes A et B)	1	· rocher ou terrain meuble très compact
Moyen (classes C et E)	2	· autres situations que « bon » et « mauvais »
Mauvais (classes D et F)	4	· terrain meuble peu compact ou mou, ou · liquéfaction ou glissement de terrain potentiels, ou · très forte amplification potentielle des ondes sismiques (p. ex. vallées alpines)

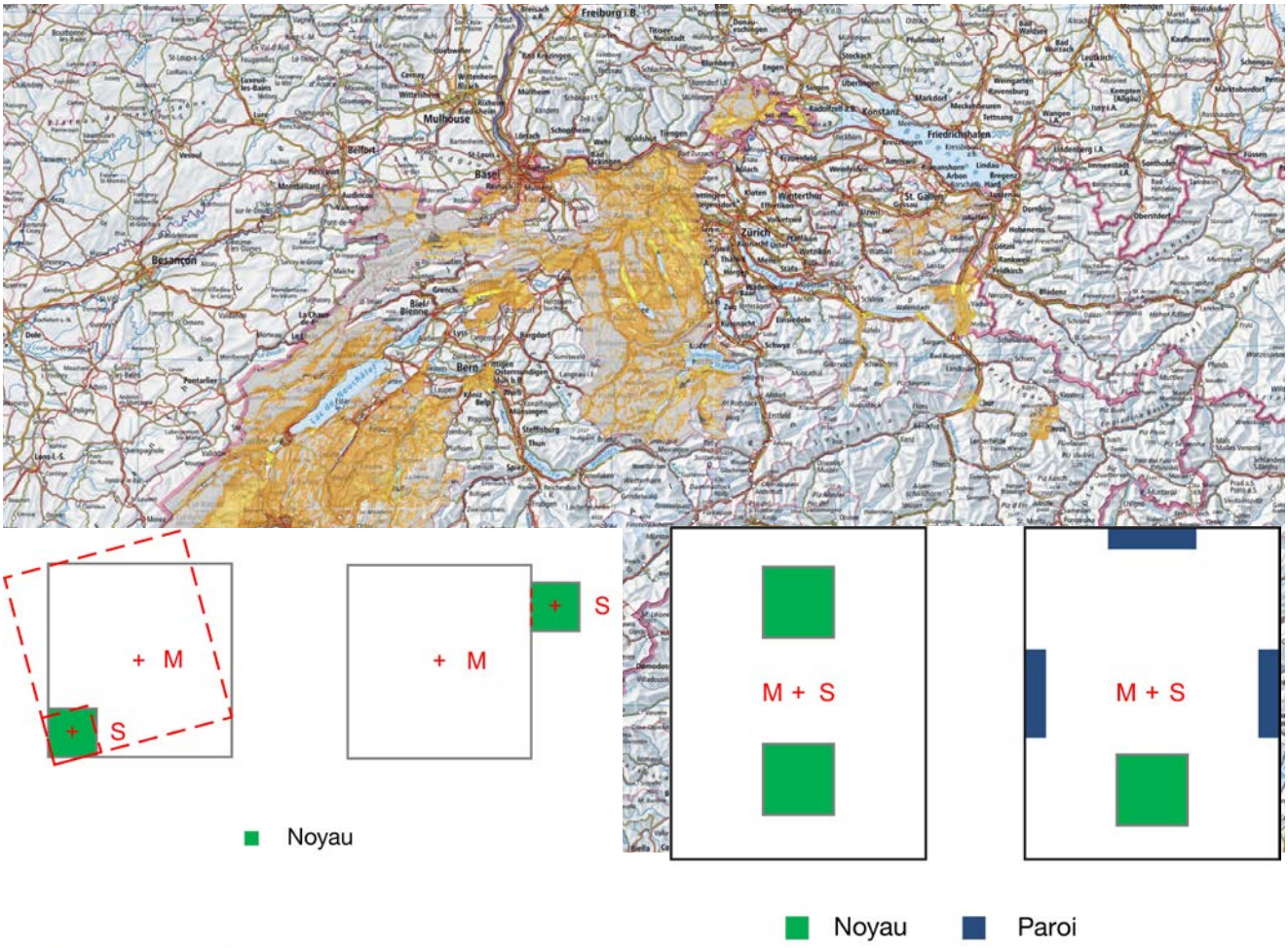
B.4.2 Indices de la vulnérabilité de l'ouvrage

Le comportement d'un ouvrage sous l'effet d'un séisme est complexe. Dans le cadre de la présente évaluation sommaire, il est seulement possible de s'intéresser aux quelques caractéristiques livrées par l'étude du dossier de construction et par une éventuelle visite sur place. Ces caractéristiques, qui font l'objet d'indices décrits ci-après, permettent de juger grossièrement du comportement et de la vulnérabilité de l'ouvrage en cas de séisme. L'ouvrage [12] fournit de plus amples explications à ce sujet.

Le contreventement, qui doit reprendre les forces horizontales, joue un rôle particulièrement important dans l'évaluation de la sécurité sismique des structures porteuses. À ce titre, trois caractéristiques s'y rapportant sont prises en compte dans la présente procédure : le contrevente-

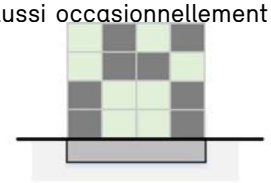
Figure B1

Vue d'ensemble des secteurs pour lesquels il existe une carte des classes de terrain de fondation ou un microzonage sismique spectral

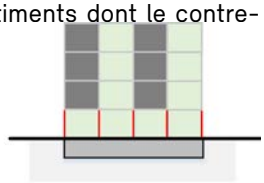


ment en plan, le contreventement en élévation et la nature du contreventement.

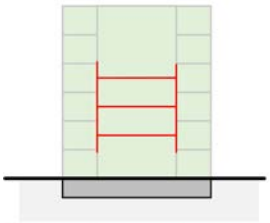
Le contreventement en plan (indice **WG**) correspond à la disposition des éléments porteurs sollicités pour reprendre les forces horizontales occasionnées par les tremblements de terre. De manière générale, la disposition est optimale lorsque le centre de rigidité S (centre de cisaillement) est proche du centre de masse M (point d'application de la somme des forces d'inertie), ce qui permet d'éviter des sollicitations excessives dues à la torsion. Les systèmes de contreventement redondants sont favorables (hyperstaticité), de manière à pouvoir compenser la défaillance d'un élément porteur par d'autres éléments. Comme les sollicitations sismiques peuvent survenir dans toutes les directions, c'est le contreventement dans la direction la plus défavorable qui est déterminant. Il y a lieu d'attribuer la valeur de l'indice en se basant sur cette considération (figures B2 et B3). Malheureusement, on trouve aussi occasionnellement des bâtiments dont le contre-



Parois de contreventement décalées



Étage souple (soft storey)



Planchers décalés verticalement

voir attribuer une valeur suffisamment élevée pour que les bâtiments concernés se retrouvent assez haut dans la liste des priorités.

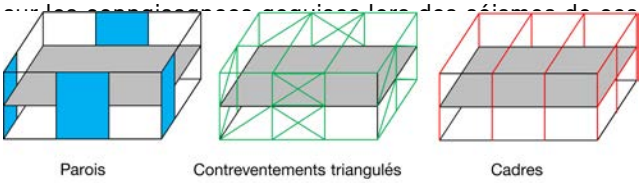
Tableau B6

Indice WG pour la prise en considération du contreventement en plan

Contreventement en plan	WG
Favorable	0
Défavorable	2
Aucun contreventement ou presque	5

Le contreventement et la forme du bâtiment en élévation (indice **A** pour la prise en considération du contreventement en élévation) influencent son comportement oscillatoire lors d'un séisme. La valeur de l'indice varie selon que le contreventement est continu ou discontinu (figures B4 et B5). Celui-ci est discontinu si ses éléments sont décalés horizontalement d'un étage à l'autre

(interruption) ou si des dalles d'étage sont décalées verticalement. Cette différenciation se fonde entre autres sur les connaissances acquises lors des séismes de ces



piliers décalés horizontalement d'un étage à l'autre forment également une configuration défavorable. Les *soft storeys* sont particulièrement sensibles. Il s'agit d'étages beaucoup plus flexibles et faibles que les autres qui, tenus par la seule résistance à la flexion des piliers, ont tendance à s'effondrer déjà lors de sollicitations sismiques relativement faibles (tableau B7).

Tableau B7

Indice WA pour la prise en considération du contreventement en élévation

Contreventement en élévation	WA
Continu	0
Discontinu	2
Soft storey	5

Figure B4

Exemples de contreventement en élévation avec une disposition défavorable (discontinu ou « soft storey »)

Figure B7

Exemples de configuration en plan défavorable

La qualité du contreventement dépend également de sa nature (indice **WW** pour la prise en considération de la nature du contreventement [figures B6]). Les noyaux et les parois sont les contreventements les mieux adaptés. Les cadres sont en général plus flexibles, ce qui est davantage susceptible de provoquer des dommages. Les contreventements triangulés concentriques, comme on en a beaucoup installé en Suisse, sont moins adaptés pour reprendre les actions sismiques. Sont également moins adaptées les structures porteuses avec des planchers flexibles (notamment des planchers avec solivage en bois), où les murs en maçonnerie sont sollicitées perpendiculairement à leur plan. Les constructions en cadre partiellement remplis avec des parois en maçonnerie ont un comportement très défavorable, car les parois ont tendance à reporter sur les colonnes du cadre de grands efforts de cisaillement très dommageables. L'expérience montre également que les contreventements à configuration mixte sont également peu adaptés (tableau B8).

Tableau B8

Indice WW pour la prise en considération de la nature du contreventement

Nature du contreventement	WW
Noyaux, parois avec planchers rigides	0
Cadres autoportants	1
Parois avec planchers flexibles, contreventements triangulés	2
Cadres remplis avec de la maçonnerie (remplissage complet : WW = 2 ; remplissage complet avec ouvertures (fenêtres, portes) : WW = 3 ; remplissage partiel : WW = 4)	2-4
Systèmes mixtes	3

Figure B8

Exemples de configuration en plan favorable

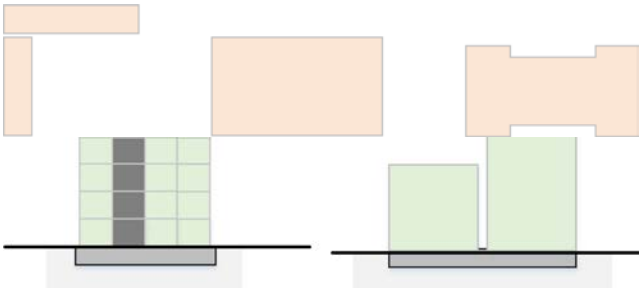


Figure B6

Exemples de systèmes de contreventement

À l'instar du contreventement, la configuration en plan de l'ouvrage (indice **WK** pour la prise en considération de la configuration en plan) joue un rôle notable dans le comportement sismique (figures B7 et B8). Les formes en plan irrégulières avec des angles rentrants sont défavorables. Les bâtiments allongés, c'est-à-dire avec un côté long et un côté comparativement très court, peuvent être problématiques, car le faible contreventement nécessaire à la reprise des efforts de vent dans le sens longitudinal peut être très insuffisant pour la reprise des efforts sismiques (tableau B9).

Tableau B9

Indice WK pour la prise en considération de la configuration en plan

Configuration en plan	WK
Compacte	0
Irrégulière ou allongée	2

Le comportement d'une structure porteuse face à un séisme dépend aussi bien de sa résistance ultime que de sa ductilité, c'est-à-dire de sa capacité de déformation (indice **WD** pour la prise en considération du mode de construction et de la ductilité). L'effondrement d'un bâtiment avec une structure porteuse très ductile est fortement improbable, même quand la résistance du contreventement est relativement faible. Parce qu'elle exige des connaissances détaillées sur la structure porteuse, l'appréciation détaillée de la capacité de déformation dépasse les possibilités de cette méthode d'évaluation.

La ductilité peut toutefois être estimée sommairement en se fondant sur le mode de construction et sur les matériaux utilisés pour les éléments porteurs. Le niveau de ductilité de la structure porteuse est pris en compte au moyen de l'indice **WD** (tableau B10).

Tableau B10

Indice WD pour la prise en considération du mode de construction et de la ductilité

Mode de construction, ductilité	WD
Béton fortement armé, acier avec assemblages robustes	0
Béton faiblement armé, acier avec assemblages faibles, composite, maçonnerie armée	1
Bois	2
Préfabriqué	3
Maçonnerie ($t_w > 60$ cm)	1
Maçonnerie (60 cm $\geq t_w > 20$ cm)	2
Maçonnerie ($t_w < 20$ cm)	4

Plus le bâtiment est haut, plus la sollicitation en cas de séisme est importante (indice **WH** pour la prise en considération de la hauteur du bâtiment [tableau B11]).

Tableau B11

Indice WH pour la prise en considération de la hauteur du bâtiment

Hauteur du bâtiment (nombre d'étages = n)	WH
n ≤ 2	0
2 < n ≤ 4	2
4 < n ≤ 6	3
6 < n	4

En cas de séisme, des déplacements relatifs peuvent se produire dans les sous-sols et entre les éléments de fondations (indice **WF** pour la prise en considération de la fondation). Ces effets sont susceptibles de générer localement des contraintes excessives et de provoquer un effondrement. Les bâtiments qui sont construits sur un terrain de fondation hétérogène, qui ont des profondeurs de fondation irrégulières ou dont les fondations n'empêchent pas les déplacements relatifs ont un comportement sismique particulièrement défavorable. Les bâtiments avec des fondations isolées ou des semelles filantes non reliées par des traverses sont donc les moins bien notés. Une fondation continue sur toute sa surface est plus favorable, donc mieux notée. La fondation la plus favorable est le caisson rigide (p. ex. radier, parois extérieures et dalle en béton armé). Elle est quasiment insensible aux influences mentionnées ci-dessus (terrain de fondation hétérogène et profondeurs de fondation irrégulières [tableau B12]).

Tableau B12

Indice WF pour la prise en considération de la fondation

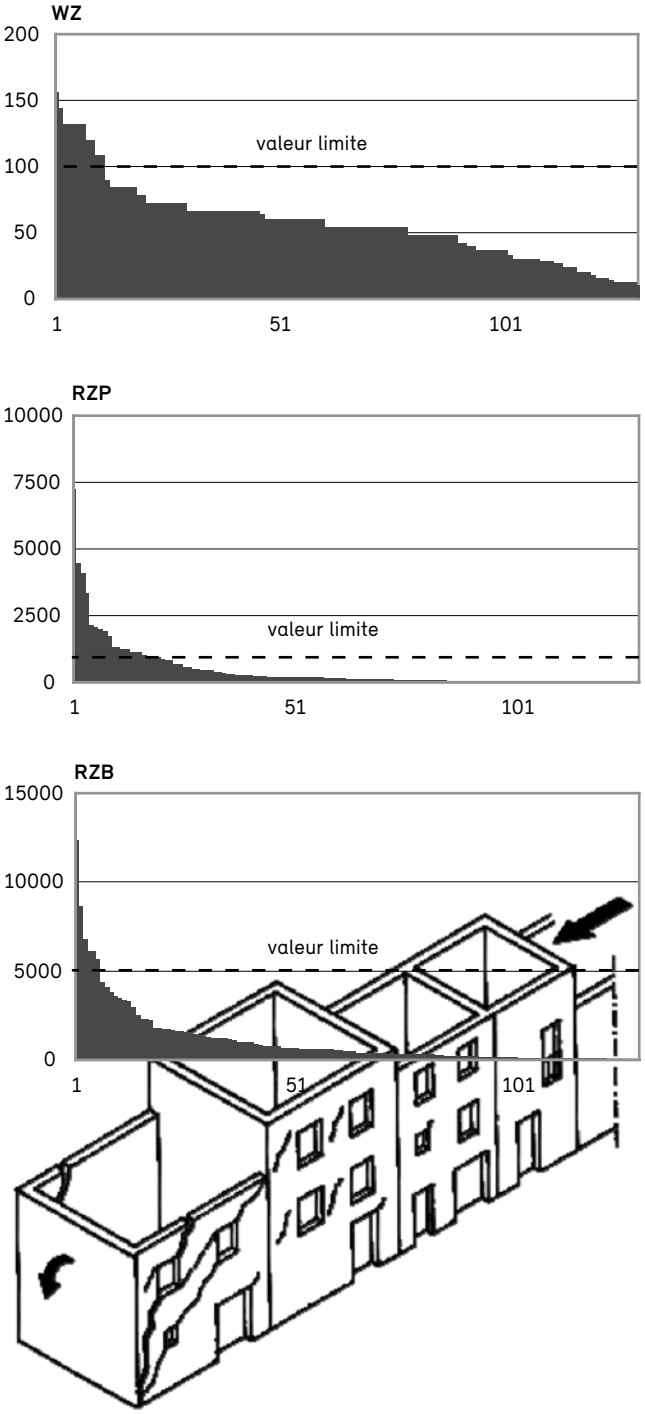
Fondation	WF
Caisson rigide	0
Continue ou avec traverses de liaison	1
Fondations isolées	2

WZ × AZx = RZx

considérable sur sa probabilité d'effondrement (tableau

Figure B10

Représentation graphique des listes de priorités pour l'indice de la probabilité des dommages, l'indice du risque aux personnes et l'indice du risque à l'ouvrage (abscisse : bâtiments selon le classement par indice ; ordonnée : indice)



B13 et figure B9).

Tableau B13

Indice WL pour la prise en considération de la position du bâtiment par rapport à d'autres bâtiments

Position du bâtiment	WL	Remarques
Favorable	0	· bâtiment isolé · deux bâtiments avec des dalles d'étage au même niveau · au milieu d'autres bâtiments avec des dalles d'étage au même niveau
Défavorable	2	· deux bâtiments avec des dalles d'étage à des niveaux différents · au milieu d'autres bâtiments avec des dalles d'étage à des niveaux différents
Extrémité ou angle	4	· à l'extrémité ou à l'angle d'une rangée de bâtiments

Figure B9

Croquis d'une rangée de bâtiments avec une fissuration typique d'une sollicitation sur une maison d'angle [13]

B.5 Établissement des priorités

Les indices à prendre en considération pour la priorisation des bâtiments sont les indices relatifs à la probabilité des dommages (WZ) et les indices de risque (RZx) calculés pour les différents biens à protéger considérés.

Pour chacun de ces biens, l'indice de risque RZx peut être obtenu à partir de l'indice WZ (probabilité des dommages) et des indices AZx (ampleur des dommages) :

Les indices de risque donnent une indication sur le risque lié à chaque bien à protéger.

Il est possible d'établir des listes de priorités à partir des indices. Une liste classant par ordre décroissant les indices de probabilité des dommages WZ permet par exemple de savoir quels sont les bâtiments les plus susceptibles de s'effondrer en cas de séisme. Une liste classant par ordre décroissant les indices de risque RZx signale les plus gros risques aux biens à protéger considérés.

Les valeurs seuils pour les indices de priorisation doivent être définies sur la base des listes de priorités ainsi établies. Il est recommandé d'utiliser pour cela des diagrammes présentant les indices par ordre décroissant, ce qui permet d'obtenir des courbes (figure B10). Les valeurs limites doivent ensuite être fixées dans le secteur où la courbe commence à s'aplatir (quelque part entre 45 ° et 30 °).

Le choix des bâtiments à prioriser pour l'étape *vérifier* doit se fonder en premier lieu sur la distribution des indices relevés. La démarche recommandée en la matière est la suivante :

- représenter graphiquement les différents indices (voir figure A1) ;

- pour chaque indice, définir une valeur seuil dans le secteur où la courbe commence à s'aplatir ;

En outre, il est conseillé d'évaluer une nouvelle fois séparément la nécessité d'une vérification détaillée pour les

Risque sismique pour les grands parcs immobiliers
Étape évaluer
Fiche de relevé : indices de risque

ID du bâtiment	A1
Rue/n°	Strasse 1
NPA	9999
Localité	Localité
Canton	Canton
Année de construction	1999

Contact

Responsable du bâtiment	Thomas Muster	**Téléphone**	099 999 99 99
E-mail	muster@stadt.ch		

Évaluation basée sur :

- ○ plans d'architecte
- ○ plans d'ingénieur
- ○ plans de gestion
- ○ photos, Google Maps
- ○ visite

Pour le relevé :
bureau d'ingénieur

Date
Relevé effectué par

Indices pour l'établissement des priorités (voir les détails au verso)

WZ = WEB · WBAU =

RZP = AZPB · WZ =

RZB = AZBW · WZ =

RZS = AZSW · WZ =

Recommandation/remarques

.....
.....
.....
.....
.....
.....

B.6 Fiche de relevé

Risque sismique pour les grands parcs immobiliers
Étape évaluer
Fiche de relevé : indices de risque

Ampleur

AZPB	**= 0,1 · PB (selon SIA 269/8, tab. 2)**	**=**	
AZBW	**= 1,0 · BW (en millions de CHF)**	**=**	
AZSW	**= 1,0 · SW (en millions de CHF)**	**=**	

Aléa local

Zone sismique	WE
Z1a	1
Z1b	2
Z2	3
Z3a	6
Z3b	10

Terrain de fondation	WB
Bon (classes A et B)	1
Moyen (classes C et E)	2
Mauvais (classes D et F)	4

WEB = WE · WB =

Structure porteuse

Contreventement en plan	WG
Favorable	0
Défavorable	2
Aucun ou presque	5

Contreventement en élévation	WA
Continu	0
Discontinu	2
« Soft storey »	5

Configuration en plan	WK
Compacte	0
Irrégulière ou allongée	2

Nature du contreventement	WW
Noyaux, parois avec planchers rigides	0
Cadres autoportants	1
Parois avec planchers souples, treillis	2
Cadres remplis avec de la maçonnerie (remplissage complet : WW = 2 ; remplissage complet avec ouvertures (fenêtres, portes) : WW = 3 ; remplissage partiel : WW = 4)	2-4
Systèmes mixtes	3

Fondation	WF
Caisson rigide	0
Continue ou avec traverses de liaison	1
Fondation isolée	2

Hauteur du bâtiment	WH
n ≤ 2	0
2 < n ≤ 4	2
4 < n ≤ 6	3
6 < n	4

Mode de construction, ductilité	WD
Béton fortement armé, acier avec assemblages robustes	0
Béton faiblement armé, acier avec assemblages faibles, composite, maçonnerie armée	1
Bois	2
Préfabriqué	3
Maçonnerie (t_w > 60 cm/60 ≥ t_w > 20 cm/t_w< 20 cm)	1/2/4

Position du bâtiment	WL
Favorable	0
Défavorable	2
Extrémité ou angle	4

WBAU = (1 + WG + WA + WW + WK + WF + WD + WH + WL) =

Annexe C Étape vérifier : explications

C.1 Relevé de l'état

Une fois les données de base préparées, le relevé de l'état permet d'obtenir des indications plus précises sur la conception de la structure porteuse et d'identifier les matériaux de construction présents ainsi que le terrain de fondation. La classe d'ouvrage du bâtiment peut être déterminée et les plans collectés pour l'étape *évaluer* peuvent être complétés par d'autres documents de construction (note de calcul, rapport géotechnique). La consultation des plans doit établir qu'ils sont suffisamment complets et appropriés pour être utilisables à l'étape *vérifier.* Le relevé de l'état doit être complété par une visite (inspection) du bâtiment. Des investigations de l'ouvrage, simples et généralement non destructives, peuvent être nécessaires. Il est possible d'effectuer une analyse sommaire des matériaux de construction sur la base du dossier de construction ou de procéder à une estimation prudente des propriétés mécaniques des matériaux. Faute de données pertinentes, il y a lieu d'évaluer si les informations nécessaires peuvent être obtenues grâce à des investigations de qualité suffisante sur l'ouvrage. Des investigations approfondies sur des éléments de construction déterminants peuvent également être nécessaires (p. ex. au moyen d'instruments de mesure et essais en laboratoire). Les propriétés mécaniques des matériaux de construction sont déterminées sur la base de leur mention dans des normes antérieures et/ou des tests de matériaux.

C.2 Investigation générale

Selon le ch. 2.1.2 de la norme SIA 269/8 [2], il est judicieux de commencer par une investigation générale. Si le facteur de conformité qui en résulte requiert une intervention, il peut être indiqué de réaliser des investigations détaillées (p. ex. modélisation affinée de la structure porteuse, méthode basée sur les déformations, calculs non linéaires) qui permettent d'obtenir une évaluation plus précise et, selon les cas, plus favorable.

L'investigation générale consiste en premier lieu à évaluer le concept de la structure porteuse et à déterminer les mécanismes et la nature d'une possible défaillance de cette structure. S'agissant de la structure porteuse, les points faibles déterminants doivent être identifiés et évalués. L'investigation sommaire repose sur des calculs conservateurs simples, effectués par exemple selon la méthode des forces de remplacement ; elle livre des résultats approximatifs, qui permettent une estimation généralement prudente du niveau de sécurité sismique.

C2.1 Critères justifiant une investigation générale

Les critères (tableau C1) (fondés sur les principes de régularité exposés aux ch. 16.5.1. 3 et 16.5.1. 4 de la norme SIA 261 [1] pour une conception parasismique de la structure porteuse) permettent de savoir si des méthodes de calcul conservatrices simples sont applicables.

C1 Liste de contrôle pour les critères justifiant une investigation générale

Critère	Description	Rempli	Non rempli
K1	Les données de base disponibles permettent d'identifier si le système porteur est apte à reprendre les forces horizontales et à les transmettre jusque dans le terrain de fondation[6].	☐	☐
Justification/remarques :			
K2	Tous les éléments essentiels de ce système porteur sont continus de la fondation jusqu'à leur sommet.	☐	☐
Justification/remarques :			
K3	La résistance à la torsion de ce système porteur est suffisamment élevée.	☐	☐
Justification/remarques :			
K4	La résistance ultime aux forces horizontales des différents étages ne présente aucune variation brusque sur la hauteur du bâtiment[7].	☐	☐
Justification/remarques :			
K5	Les planchers présentent dans leur plan une capacité portante notable par rapport aux sollicitations en traction et en compression agissant dans deux directions perpendiculaires, et ils sont à même de transmettre les forces aux éléments verticaux du système porteur destiné à reprendre les forces horizontales.	☐	☐
Justification/remarques :			
K6	La possibilité de transmission de l'effort de cisaillement entre le plancher et la paroi porteuse est suffisante.	☐	☐
Justification/remarques :			
K7	Toutes les parois sont ancrées aux planchers perpendiculairement à leur plan ou elles satisfont au critère d'élancement suivant[8] : $h/t \leq 19$ (Z1) ; $h/t \leq 11$ (Z2) ; $h/t \leq 9$ (Z3a) ; $h/t \leq 7$ (Z3b).	☐	☐
Justification/remarques :			

6 Si le bâtiment est fractionné par des joints, ce critère doit être satisfait pour chacune des parties du bâtiment.

7 La transition au niveau du sous-sol, de l'étage d'encastrement ou de l'attique fait exception.

8 Sans tenir compte d'un appui transversal dû aux planchers.

C2.2 Indications

Pour les bâtiments qui se prêtent à une investigation générale, il y a lieu de déterminer l'effet diaphragme des planchers existants et de procéder comme suit selon les cas.

Planchers rigides dans leur plan (bon effet de diaphragme)

- Les forces de remplacement doivent être déterminées pour les deux directions principales (ch. 16.5.2. 4 et 16.5.2. 5 de la norme SIA 261 [1]).
- L'effet de torsion dû aux excentricités effectives et accidentelles des centres de masse des différents étages est à considérer de manière approximative. Si le critère d'aptitude K3 (tableau C1) est rempli, l'effet de torsion dû à l'excentricité accidentelle peut être négligé.
- Le coefficient de comportement q pour un comportement non ductile doit être déterminé conformément aux normes SIA 262 à 266. Si le système porteur est mixte, le coefficient à appliquer est q = 1,5.
- Pour déterminer la période de vibration fondamentale, il faut utiliser un modèle simple de type « brochette » pour le modèle de la structure porteuse, ou bien la méthode de Rayleigh. La réduction de la rigidité due à la fissuration en cas de secousses sismiques doit être considérée de la manière la plus réaliste possible.
- Les forces de remplacement peuvent être réparties étage par étage sur les différentes parois porteuses, dans l'hypothèse d'un comportement élastique [11].
- La transmission des forces ds es planchers vers les parois doit être examinée. En cas de doute, une vérification par le calcul est recommandée.

Planchers flexibles dans leur plan (effet de diaphragme inexistant ou faible)

- Pour déterminer les forces de remplacement, la surface totale des planchers doit être répartie sur les parois porteuses sans compensation en faveur des parois plus faibles. Pour chaque paroi porteuse, la masse de chaque étage x doit être déterminée comme étant la masse de la paroi entre les niveaux $x + ½$ et $x – ½$, augmentée de la masse inhérente à la surface de plancher associée. Pour chaque paroi porteuse, les forces de remplacement doivent être déterminées à l'aide de la valeur de plateau du spectre de dimensionnement S_d, selon le principe exposé aux ch. 16.5.2. 4 et 16.5.2. 5 de la norme SIA 261 [1].
- Le coefficient de comportement q pour un comportement non ductile doit être déterminé conformément aux normes SIA 262 ss. Si le système porteur est mixte, le coefficient à appliquer est q = 1,5.
- La transmission des forces des planchers vers les parois doit être examinée. En cas de doute, une vérification par le calcul est recommandée.

Indications supplémentaires

Dans le cas des parois en maçonnerie, la résistance ultime de ces dernières dans le plan est généralement calculée en appliquant la théorie des champs de contrainte. La norme SIA 266 (2015) [14] propose pour cela des diagrammes de dimensionnement relatifs à la contrainte de cisaillement avec force normale centrée. D'autres modèles appropriés peuvent être utilisés dans leurs domaines d'application respectifs [15]. Pour déterminer la résistance ultime des éléments en béton armé, il faut partir du principe que ceux-ci disposent de l'armature minimale usuellement imposée à l'époque de leur construction, sauf s'il existe des données plus détaillées sur l'armature effectivement utilisée. En règle générale, la résistance ultime au cisaillement des parois en béton armé peut être déterminée en admettant une inclinaison du champ de compression de 25 °, conformément à la norme SIA 262 [16]. Les normes de maintenance (SIA 269/2, SIA 269/3, SIA 269/5, SIA 269/6-1 et SIA 269/6-2) contiennent des indications sur les principaux matériaux de construction utilisés par le passé et leurs caractéristiques.

C.3 Liste de contrôle pour l'évaluation de la conception et des mesures constructives

Conformément au ch. 9.3 de la norme SIA 269/8 [2], la conception et les mesures constructives doivent être évaluées en sus de l'évaluation numérique. La norme SIA 261 [1], ch. 16.1.6, énumère les critères permettant de vérifier le respect des mesures de conception et de construction propres à améliorer le comportement parasismique. Sur cette base, la liste de contrôle ci-dessous (tableau C2) offre une aide pour évaluer si le comportement sous séisme d'un bâtiment existant sera plutôt favorable ou défavorable.

C2 Liste de contrôle pour l'évaluation de la conception et des mesures constructives

Critère	Description	Rempli	Non rempli
	Vue en plan, dispositions constructives		
C1	Les éléments porteurs servant à reprendre les forces horizontales (cadres, parois porteuses y compris les noyaux, treillis, etc.) sont répartis dans le plan de manière symétrique et sont dotés de capacités de déformation similaires. Leur comportement homogène est assuré par une disposition appropriée des planchers, des contreventements, etc.	☐	☐
Justification/remarques :			
C2	Pour les éléments devant reprendre les forces horizontales (dans la direction verticale), il n'existe aucune variation des rigidités et des résistances à la flexion, au cisaillement et à la torsion (exception : transition au niveau des sous-sols).	☐	☐
Justification/remarques :			
C3	Un caisson rigide est constitué au niveau des sous-sols.	☐	☐
Justification/remarques :			
	Système de bâtiment		
C4	L'espacement avec les bâtiments voisins est suffisamment grand. À défaut, les planchers des différents étages sont situés au même niveau que ceux du bâtiment adjacent et les bâtiments sont à peu près de la même hauteur.	☐	☐
Justification/remarques :			
C5	Les étages intermédiaires internes sont soit contreventés dans les deux directions horizontales, indépendamment de la structure porteuse principale, soit reliés solidement au système de contreventement pour les forces horizontales de la structure porteuse principale.	☐	☐
Justification/remarques :			
C6	Les planchers formés d'éléments en béton préfabriqué sont recouverts d'une chape de béton armé continue qui relie entre eux lesdits éléments.	☐	☐
Justification/remarques :			
C7	La disposition de l'armature remplit à peu près les exigences minimales pour une construction non ductile selon la norme SIA 262 [16].	☐	☐
Justification/remarques :			
C8	Aucun étage n'est pourvu de poteaux dont le rapport entre la hauteur et l'épaisseur est inférieur à ⅔ du rapport caractérisant un poteau typique de l'étage considéré.	☐	☐
Justification/remarques :			

	Construction		
C9	Les éléments préfabriqués sont solidarisés aux autres éléments de construction.	☐	☐
Justification/remarques :			
C10	Les éléments préfabriqués avec appuis mobiles ont une longueur d'appui égale à $1/70$ de la portée et à 150 mm au minimum.	☐	☐
Justification/remarques :			
	Liaisons		
C11	À la jonction avec les parois porteuses, les planchers, en particulier leur armature, sont conçus de façon à pouvoir transmettre les forces horizontales aux parois porteuses.	☐	☐
Justification/remarques :			
C12	Les planchers sont reliés aux cadres en acier de façon à pouvoir transmettre les forces horizontales aux cadres.	☐	☐
Justification/remarques :			
C13	Les chapes de béton qui recouvrent les planchers en béton préfabriqué sont reliées aux parois porteuses et aux cadres par des goujons.	☐	☐
Justification/remarques :			
	Fondation		
C14	La structure porteuse n'est pas fondée sur un terrain de rigidité très variable.	☐	☐
Justification/remarques :			
C15	L'uniformité des déplacements est assurée par le fait que les fondations isolées ne sont pas situées dans un terrain meuble ou, le cas échéant, par le fait qu'elles sont reliées entre elles par des traverses ou autres.	☐	☐
Justification/remarques :			
	État		
C16	Les fondations ne présentent aucun signe de mouvements conséquents (tassements ou soulèvements) qui pourraient porter atteinte à l'intégrité ou à la résistance de la structure porteuse.	☐	☐
Justification/remarques :			
C17	La structure porteuse dans son ensemble ne présente aucun signe laissant supposer que l'armature est endommagée ou présente des défauts.	☐	☐
Justification/remarques :			
C18	Les éléments de précontrainte ne présentent aucun signe de corrosion ou d'éclatement du béton.	☐	☐
Justification/remarques :			

C19	Les fissures diagonales éventuellement présentes dans des parois ou des poteaux en béton ont une largeur maximale de 1 mm et ne sont pas concentrées localement.	☐	☐
Justification/remarques :			
C20	La structure porteuse dans son ensemble ne présente aucun signe de corrosion.	☐	☐
Justification/remarques :			
C21	Les briques de maçonnerie ne présentent aucun dommage.	☐	☐
Justification/remarques :			
C22	Le mortier ne peut pas être gratté facilement à la main à l'aide d'un outil en métal et il n'en manque dans aucun joint.	☐	☐
Justification/remarques :			
C23	Les fissures diagonales éventuellement présentes dans des parois en maçonnerie ont une largeur maximale de 1 mm et les joints d'assise ne présentent aucun déplacement de plus de 3 mm sur le plan perpendiculaire à la paroi.	☐	☐
Justification/remarques :			
C24	L'ouvrage dans son ensemble ne présente aucun élément de façade endommagé.	☐	☐
Justification/remarques :			
	Éléments non-structuraux		
C25	Les remplissages en maçonnerie d'un cadre sont séparés de la structure principale par des joints ou ils sont continus jusqu'à la base de la traverse du cadre. Leur résistance (en tant que diaphragme) est faible en comparaison de celle des poteaux du cadre.	☐	☐
Justification/remarques :			
C26	Les éléments non structuraux en maçonnerie, y compris les remplissages des cadres, sont suffisamment tenus de sorte à résister aux forces qui s'exercent perpendiculairement au plan de la paroi.	☐	☐
Justification/remarques :			
C27	Les faux-plafonds sont suffisamment bien fixés aux éléments porteurs sous-jacents dans les deux directions horizontales.	☐	☐
Justification/remarques :			
C28	Les faux-plafonds ne servent pas d'appui latéral pour des éléments non-structuraux.	☐	☐
Justification/remarques :			
C29	Les éléments de toit en métal, en fibre de verre ou en ciment sont solidement reliés au système porteur du toit.	☐	☐
Justification/remarques :			

C30	Les façades sont suffisamment bien fixées à la structure porteuse du bâtiment de sorte à résister aux forces qui s'exercent dans toutes les directions. Chaque élément de façade est maintenu par au moins deux fixations.	☐	☐
Justification/remarques :			
C31	La peau extérieure de la maçonnerie à deux peaux est suffisamment maintenue dans le plan perpendiculaire à la paroi.	☐	☐
Justification/remarques :			
C32	Aucun parapet en maçonnerie avec un élancement supérieur à 2,5 ne se trouve au niveau du toit.	☐	☐
Justification/remarques :			
C33	Les cheminées en maçonnerie ont un élancement inférieur ou égal à 5 (calculé à partir du point d'ancrage supérieur, aucun ancrage ne se trouvant généralement à la hauteur du passage à travers le toit), et elles sont suffisamment ancrées dans la structure porteuse.	☐	☐
Justification/remarques :			
C34	Les toits de cheminée sont suffisamment fixés aux cheminées.	☐	☐
Justification/remarques :			

La liste de contrôle permet d'identifier des défauts susceptibles d'influencer favorablement ou défavorablement le comportement du bâtiment en cas de séisme et qui doivent être pris en considération dans l'évaluation numérique et/ou dans la recommandation d'intervention.

Si la majorité des mesures de conception et de construction ne sont pas respectées, il faut décider si une analyse simplifiée du bâtiment dans le cadre d'une investigation générale est adéquate.

S'il existe de graves défauts de conception et de construction et s'il faut s'attendre à un facteur de conformité nettement inférieur à la valeur minimale (p. ex. dans le cas d'un *soft storey),* il y a lieu de s'interroger sur l'opportunité d'une évaluation numérique de la sécurité sismique. En pareil cas, la prochaine étape doit être décidée avec le propriétaire ; elle peut consister par exemple à vérifier la stabilité d'ensemble du bâtiment ou à planifier directement des mesures d'intervention.

C.4 Explication succincte concernant l'annexe E de la norme SIA 269/8

D'après la définition donnée par la norme SIA 269/8 [2], les mesures de sécurité sismique sont des mesures mises en œuvre pour améliorer la protection des personnes, des biens matériels, des valeurs culturelles et de l'environnement contre les conséquences d'un séisme ainsi que pour éviter les interruptions d'infrastructures ou d'exploitation consécutives à un séisme. Les biens à protéger que sont les personnes et les infrastructures importantes ou vitales sont à considérer dans tous les cas.

S'agissant des biens à protéger des catégories ouvrages, objets et exploitations, il est recommandé de les considérer en sus s'ils ont une grande valeur ou si des investissements importants les concernant sont prévus. L'annexe E (informative) de la norme SIA 269/8 [2] donne des indications concrètes sur l'évaluation quantitative de ces trois catégories de biens à protéger.

La réduction du risque de dommages à l'ouvrage est estimée à l'aide du facteur de risque pour l'ouvrage. On distingue ici les ouvrages qui comportent une grande part d'éléments non structuraux (p. ex. immeubles d'habitation ou de bureaux usuels, bâtiments administratifs, écoles, musées) et ceux qui comportent une part minime d'éléments non structuraux (p. ex. ponts, murs de soutènement, réservoirs). La valeur du bâtiment peut être sa valeur d'assurance ou de remplacement.

La réduction du risque de dommages à des objets est estimée à l'aide du facteur de risque pour les objets. En principe, seuls doivent être considérés les objets dont la valeur atteint le même ordre de grandeur que celle de l'ouvrage.

La réduction du risque lié à des interruptions d'exploitation est estimée à l'aide du facteur de risque lié à l'interruption. En principe, seuls doivent être considérés le manque à gagner et les frais engagés pour maintenir l'exploitation, pour autant qu'ils dépassent 20 % de la valeur de l'ouvrage.

C.5 Recommandation d'intervention

S'il est établi qu'une intervention est nécessaire, les concepts d'intervention doivent être conçus de manière à démontrer la faisabilité des mesures envisagées et à permettre l'estimation de leurs effets et de leurs coûts. En l'absence d'informations sur de possibles investissements prévus pour l'ouvrage considéré, l'élaboration d'un concept de mesures constructives ne peut être que très sommaire. L'estimation des coûts se limite de fait aux coûts approximatifs du gros-œuvre. La faisabilité, l'efficacité et les coûts réels (tenant compte d'éventuelles synergies avec des mesures nécessitées de toute façon) ne peuvent être établis que dans le cadre d'un projet de construction impliquant un architecte et des planificateurs spécialisés en technique du bâtiment, en construction de machines et en électrotechnique, car c'est seulement à ce stade que les mesures constructives de sécurité sismique peuvent faire l'objet d'une planification de projet détaillée.

Bibliographie

[1] Norme SIA 261 (2020) : Actions sur les structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[2] Norme SIA 269/8 (2020) : Maintenance des structures porteuses – Séismes. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[3] Instrument de l'OFEV (2018) : Protection contre les séismes dans le cadre de projets de construction fédéraux. Office fédéral de l'environnement, Berne. *www.bafu.admin.ch/seismes*

[4] Documentation D0227 (2008) : Erdbebensicherheit von Gebäuden – Rechts- und Haftungsfragen. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[5] Norme SIA 269 (2011) : Bases pour la maintenance des structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[6] Norme SIA 260 (2013) : Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[7] Hansjörg Seiler (2000) : Risikobasiertes Recht – Wieviel Sicherheit wollen wir?, Berne.

[8] Règlement SIA 103 (2014) : Règlement concernant les prestations et honoraires des ingénieurs et ingénieures civils. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[9] Norme de compréhension SIA 112 (2014) : Modèle : Étude et conduite de projet. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[10] Thomas Wenk (2008) : Confortement parasismique de constructions. Stratégie et recueil d'exemples en Suisse. Connaissance de l'environnement n° 0832. Office fédéral de l'environnement, Berne.

[11] Hugo Bachmann (1995) : Erdbebensicherung von Bauwerken. Birkhäuser Verlag, Zurich.

[12] Hugo Bachmann (2002) : Erdbebensicherung von Bauwerken, 2. überarbeitete Auflage, Birkhäuser Verlag, Zurich.

[13] Gurrieri F. (1999) : Regione dell'Umbria – Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici. DEI Tipografia del Genio Civile, Rome, Italy.

[14] Norme SIA 266 (2015) : Construction en maçonnerie. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

[15] EPFL/CREALP/OFEV (2006) : Mauerwerk: Schubbeanspruchung mit zentrischer Normalkraft, Tragwiderstand parallel zur Wandebene.

[16] Norme SIA 262 (2013) : Construction en béton. Société suisse des ingénieurs et des architectes (sia), Zurich.

Glossaire

Classe d'ouvrage
Répartition des ouvrages en classes d'ouvrages (CO) selon la norme SIA 261 [1] permettant de définir le degré de protection. Les critères retenus pour cette répartition tiennent compte de l'occupation moyenne par des personnes, du dommage potentiel, des risques d'atteinte à l'environnement découlant d'une défaillance lors d'un séisme, de l'ampleur des dommages acceptables pour l'ouvrage et de l'importance de ce dernier dans l'organisation des mesures immédiates à prendre en cas de catastrophe.

Dimensionnement
Détermination des dimensions, des matériaux de construction et des dispositions constructives de la structure porteuse basée sur des considérations constructives ou liées à la technique de réalisation et, en règle générale, sur des vérifications par le calcul. [6]

Actions sismiques
Accélérations ou déplacements dont l'ampleur dépend de la zone sismique (aléa), de la classe de terrain de fondation (terrain de fondation local) et de la classe d'ouvrage (CO).

Génie parasismique
Domaine de spécialité du génie civil qui constitue une spécialisation très exigeante et facultative du cursus des ingénieurs en génie civil. Dans le cadre d'une formation de base (études) ou d'une formation professionnelle continue, l'ingénieur en génie civil acquiert un savoir spécialisé sur la dynamique des structures et des connaissances sur des méthodes spécifiques de modélisation et de calcul. La vérification de la sécurité sismique des bâtiments existants exige des connaissances approfondies sur les matériaux et les techniques de construction utilisés par le passé.

Sécurité sismique
Résultat d'une construction tenant compte de l'aléa sismique de façon à protéger les personnes en évitant l'effondrement, à limiter les dommages, à maintenir le fonctionnement des ouvrages importants en cas de séisme et à limiter les conséquences des tremblements de terre (p. ex. incendie ou arrêt de la production).
(source : *www.bafu.admin.ch/seismes,* état en 2018)

Risque sismique
Résultat de la combinaison de quatre facteurs : l'aléa sismique, le sous-sol local, la concentration des valeurs et la propension des bâtiments à subir des dommages (vulnérabilité).
(source : *www.seismo.ethz.ch/de/home,* état en 2018).

À l'heure actuelle, la résistance aux séismes d'une grande majorité des bâtiments et installations de Suisse est inconnue, voire en partie insuffisante. Le bâti existant, relativement vulnérable, risque donc de subir des dommages considérables en cas de séisme. Du fait de la densité d'urbanisation, le risque sismique est essentiellement concentré dans les agglomérations. Il est particulièrement élevé lorsque ces dernières se trouvent sur un sous-sol géologiquement défavorable qui amplifie les secousses sismiques.
(source : *www.bafu.admin.ch/seismes,* état en 2018)

Bâtiment
Construction immobilière durable couverte, bien ancrée dans le sol, pouvant accueillir des personnes et utilisée pour l'habitat, le travail, la formation, la culture ou le sport (source : ordonnance du 9 juin 2017 sur le Registre fédéral des bâtiments et des logements [ORegBL] ; RS 431.841). La vérification de la sécurité sismique selon la norme SIA 269/8 [2] concerne la structure porteuse et les éléments non-structuraux au sens de la norme SIA 261 [1] (ch. 16.7).

Propriétaire
Dans la présente publication, personne ou organisation assumant la responsabilité de la sécurité sismique du bâtiment.

Ampleur des dommages
Déterminée par le nombre de personnes et les valeurs matérielles qui sont exposés à un événement dangereux au moment où celui-ci se produit effectivement et par la

vulnérabilité des personnes et des biens considérés. En l'occurrence, ces biens peuvent avoir des dimensions économiques, écologiques ou sociales.
(source : *www.planat.ch)*

L'ampleur des dommages décrit le montant des dommages prévisibles en cas d'événement, définie à l'aide d'indicateurs.
(source : *www.babs.admin.ch ;* Glossaire des risques, 2013)

Dommage potentiel
Dommage qui pourrait survenir en cas d'événement (concept apparenté à celui d'ampleur des dommages). Le dommage potentiel dépend du bien à protéger qui peut être potentiellement affecté en cas d'événement.
(source : *www.babs.admin.ch ;* Glossaire des risques, 2013)

Proportionnalité
Garantie d'utilisation efficace des montants investis pour réduire le risque global, en limitant le risque individuel.
(source : Cahier technique SIA 2018 « Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants », 2004)

Comparaison du coût des interventions de maintenance et du bénéfice escompté, en vue d'un engagement efficace des moyens. [5]

Vulnérabilité
Susceptibilité d'un système, d'une organisation ou d'une société à subir des dommages sous l'impact d'un événement et/ou à perdre sa capacité de fonctionnement. La notion de vulnérabilité est étroitement liée à celle de résilience. Un système vulnérable n'est ni robuste ni résistant. Le terme « fragilité » est également utilisé comme synonyme de vulnérabilité.
(source : *www.babs.admin.ch ;* Glossaire des risques, 2013)

Probabilité
Terme issu de la statistique et de la théorie des probabilités. La notion subjective de probabilité utilisée dans la présente publication se définit comme le degré de certitude qu'une prédiction se produise.

Bien à protéger
Bien qui doit être protégé contre les dommages du fait de sa valeur intrinsèque ou matérielle. Font notamment partie des biens à protéger la population et ses bases d'existence.
(source : *www.babs.admin.ch ;* Glossaire des risques, 2013)

Objectif de protection
Selon la norme SIA 261 [1], notion couvrant la protection des personnes, la limitation des dommages et la garantie de l'aptitude au fonctionnement d'ouvrages importants soumis à l'action du séisme de dimensionnement.

Un objectif de protection décrit les conditions de sécurité visées. Il permet ainsi de définir la limite entre les risques acceptables et les risques non acceptables. Les objectifs de protection peuvent être formulés de manière très générale (« personne ne doit être exposé à un danger de manière excessive ») ou très concrète pour leur mise en œuvre opérationnelle (« le risque individuel pour une personne ne doit pas dépasser 10^{-5} par an »). La formulation des objectifs de protection sert de base à l'appréciation des risques dans un cas concret. Elle est donc un processus d'estimation dans lequel sont intégrées des composantes sociales. Les objectifs de protection font partie intégrante et constituent une base de l'appréciation des risques.
(source : *www.babs.admin.ch ;* Glossaire des risques, 2013)