Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 25 (2013)

Artikel: Outil d'analyse de la vulnérabilité du bâti aux inondations et de réduction du risque

Autor: Leroi, Eric / Choffet, Marc / Mayis, Arnaud

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-389826

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

S V S N Mém. Soc. vaud. Sc. nat. 25: 127-135. ISSN 0037-9611

10. Outil d'analyse de la vulnérabilité du bâti aux inondations et de réduction du risque

par

Eric LEROI[1], *Marc CHOFFET*[2], *Arnaud MAYIS*[1], *Renzo BIANCHI*[3], *Michel JABOYEDOFF*[2], *Ehrfried KÖLZ*[4] & *Olivier LATELTIN*[5]

Résumé.–LEROI E., CHOFFET M., MAYIS A., BIANCHI R., JABOYEDOFF M., KÖLZ E. & LATELTIN O., 2013. Outil d'analyse de la vulnérabilité du bâti aux inondations et de réduction du risque. *Mémoire de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 25: 127-135.
L'outil présenté dans cet article offre aux estimateurs des assurances immobilières, et le cas échéant aux propriétaires, une méthode permettant de connaître le degré de vulnérabilité et le coût potentiel des dommages aux inondations de son bien ainsi que les moyens et les coûts pour réduire le risque. Pour cela, il propose un outil d'analyse à plusieurs objectifs:
- Analyse de la vulnérabilité
    - description d'un bâtiment
    - estimation des dommages potentiels
        - aux éléments composant le bâtiment
        - à un bâtiment en zone inondable
- Propositions de mesures de remédiation et de réduction du risque issues d'une analyse des coûts engendrés par une potentielle inondation
- Adaptation de la stratégie globale dans les zones à risque.

Mots clés: vulnérabilité, inondation, bâtiment, coûts des dommages, réduction du risque, estimateurs, assurance.

Abstract.–LEROI E., CHOFFET M., MAYIS A., BIANCHI R., JABOYEDOFF M., KÖLZ E. & LATELTIN O., 2013. Assessment tool for buildings vulnerability to flooding. *Mémoire de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 25: 127-135.
Whatever the way used to protect property exposed to flood, there exists a residual risk. That is what feedbacks of past flooding show. This residual risk is on one hand linked with the possibility that the protection measures may fail or may not work as intended. The residual risk is on the other hand

[1]Risques et Développement, Aubagne, France.
[2]Centre de Recherche en Environnement Terrestre (anciennement Institut de Géomatique et d'Analyse du Risque), Faculté des Géosciences et de l'Environnement, Université de Lausanne, CH-1015 Lausanne, Suisse.
[3]Bianchi Conseils, Berthoud, Suisse.
[4]Risk and Safety, Gipf-Oberfrick, Suisse.
[5]Association des établissements cantonaux d'assurance incendie, Berne, Suisse;
tél.: +41 (0)21 692 35 42. E-mail: marc.choffet@unil.ch

CODEN: MSVNAU
2013 © Société vaudoise des Sciences naturelles
Droits de reproduction réservés

linked with the possibility that the flood exceeds the chosen level of protection. In many European countries, governments and insurance companies are thinking in terms of vulnerability reduction. This publication will present a new tool to evaluate the vulnerability of buildings in a context of flooding. This tool is developed by the project "Analysis of the vulnerability of buildings to flooding" which is funded by the Foundation for Prevention of Cantonal insurances, Switzerland. It is composed by three modules and it aims to provide a method for reducing the vulnerability of buildings to flooding. The first two modules allow identifying all the elements composing the building and listing it. The third module is dedicated to the choice of efficient risk reducing measures on the basis of cost-benefit analyses. The diagnostic tool for different parts of the building is being developed to allow real estate appraisers, insurance companies and homeowners rapidly assess the vulnerability of buildings in flood prone areas. The tool works with by several databases that have been selected from the collection and analysis of data, information, standards and feedback from risk management, hydrology, architecture, construction, materials engineering, insurance, or economy of construction. A method for determining the local hazard is also proposed, to determine the height of potential floods threatening a building, based on a back analysis of Swiss hazard maps. To calibrate the model, seven cantonal insurance institutions participate in the study by providing data, such as the amount of damage in flooded areas.

Keywords: vulnerability, floods, buildings, damage costs, risk reduction, insurance appraisers, insurance.

Introduction

Le retour d'expérience montre que, quels que soient les moyens mis en œuvre pour protéger les biens exposés aux inondations, un certain risque demeure. Dès lors que les ouvrages de protection cèdent ou que les crues dépassent les aléas de dimensionnement, les biens sont inondés. Dans de nombreux pays européens, les pouvoirs publics s'orientent désormais vers une logique de réduction du potentiel de dommages en agissant sur la vulnérabilité (CSTB 2005, Environment Agency 2007, AEAI 2008). Au cours des trois dernières décennies, deux tiers des communes suisses ont été affectées par des inondations majeures (Loat 2008), engendrant des coûts de réparation extrêmement élevés. La notion de vulnérabilité des objets est donc assurément un enjeu des prochaines décennies. L'accroissement actuel de l'impact financier des dommages naturels est principalement causé par l'anthropisation grandissante du territoire, des bâtiments de plus en plus coûteux et vulnérables. De plus, compte tenu de l'incertitude liée à l'augmentation des catastrophes naturelles induites par les changements climatiques, de nombreuses institutions vont devoir prendre en compte la fragilité des objets concernés.

En s'intéressant à ce domaine de recherche et en soutenant le projet, la Fondation de prévention des Etablissements cantonaux d'assurance semble avoir anticipé cette réflexion, ce qui fait d'elle un précurseur en matière de recherche sur la diminution de la vulnérabilité des bâtiments en Suisse.

La croissance accélérée de l'urbanisation et l'étalement urbain ont fait que les infrastructures humaines occupent de plus en plus des zones d'aléas élevés, sans que les planificateurs en soient toujours conscients. Les cartes de dangers d'inondations pour toute la Suisse seront disponibles d'ici la fin 2012 et mettront en évidence de nombreux territoires construits en zone de danger. Une des manières de réduire le risque induit est d'agir directement sur la vulnérabilité des constructions. Par conséquent, il s'agit désormais d'offrir aux estimateurs des assurances, et le cas échéant aux propriétaires, des outils permettant de connaître le degré de vulnérabilité dun objet, ainsi que les mesures et les coûts pour le

réduire. Le croisement des champs de compétences de la construction, de l'assurance et de la prévention des risques induits par les dangers naturels permet de proposer aujourd'hui une méthode de diagnostic de la vulnérabilité du bâti. Cette méthode se base sur une collecte exhaustive de données et de connaissances en matière d'éléments fragiles d'un bâtiment; elle propose des mesures de remédiation du risque.

Méthodologie

Description du bâtiment et identification des dommages potentiels

Avant de pouvoir identifier les parties vulnérables du bâtiment, il faut connaître la manière dont celui-ci est organisé, ainsi que sa composition. Il est donc nécessaire de procéder à une analyse descriptive du bâtiment.

L'estimateur et/ou le propriétaire doivent pouvoir conduire une analyse à plusieurs échelles et choisir le niveau le plus pertinent en fonction du bâtiment analysé, des données disponibles, du retour d'expériences (cas similaires analysés dans le même contexte) ainsi que du temps à disposition pour conduire son analyse. Pour mener à bien cette démarche, une base de données contenant les éléments composant un bâtiment a été élaborée. Elle se fonde sur des documents techniques, des bases de données commerciales de devis, des données d'assurance des Etablissements cantonaux d'assurance incendie (ECA) ainsi que sur des travaux existants.

Il est ainsi possible de proposer une analyse descriptive du bâtiment selon deux niveaux de détails, à savoir une *analyse macroscopique* ou une *analyse plus détaillée* de l'objet étudié, selon la volonté et les besoins de l'utilisateur.

Analyse macroscopique

Selon les besoins ou le temps à disposition, l'utilisateur n'effectue pas une analyse fine de chaque élément composant l'objet analysé. Pour cela, un certain nombre de standards et de cotes sont intégrés à l'outil et proposés selon la typologie de bâti en présence. Si l'estimateur souhaite disposer d'une description préétablie similaire au bâtiment soumis à analyse, il peut soit adapter une fiche existante de typologie proche, soit créer ex nihilo une nouvelle description et ainsi passer à une analyse détaillée du bâtiment.

Analyse détaillée

Si l'estimateur souhaite disposer d'une description détaillée du bâti, il peut créer une nouvelle description; le niveau de détail peut être précisé depuis l'étage et la pièce, jusqu'à l'élément. Cela permet de détailler l'organisation et la conception du bâtiment tel qu'il est en réalité. Il est ainsi possible de disposer d'un niveau d'analyse emboîté, de type poupées russes, en passant de l'organisation du bâtiment aux éléments le constituant (figure 1). Un travail important de hiérarchisation de la description du bâti a été réalisé dans cette première phase pour disposer d'un niveau d'analyse emboîté décomposant les différentes parties constituant le bâtiment.

Une fois la conception du bâtiment connue, il est possible de faire apparaître les parties fragiles sur la base d'un catalogue d'éléments vulnérables connus et en fonction des

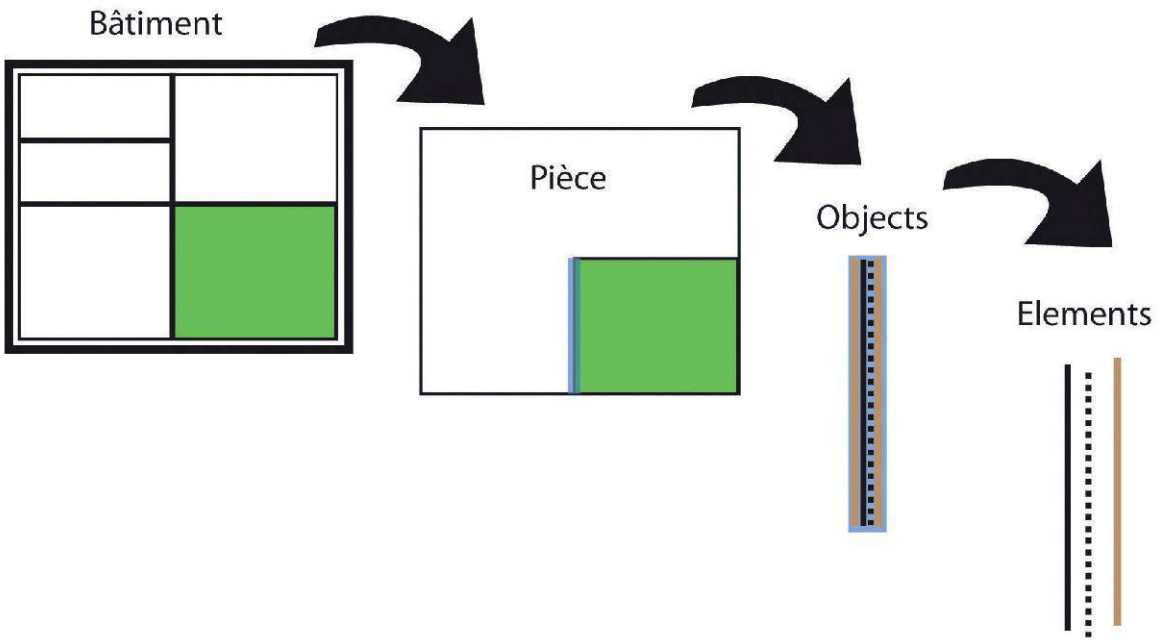

Figure 1.–Le niveau de détail de l'analyse doit être choisi par l'utilisateur en fonction du temps et des données à disposition.

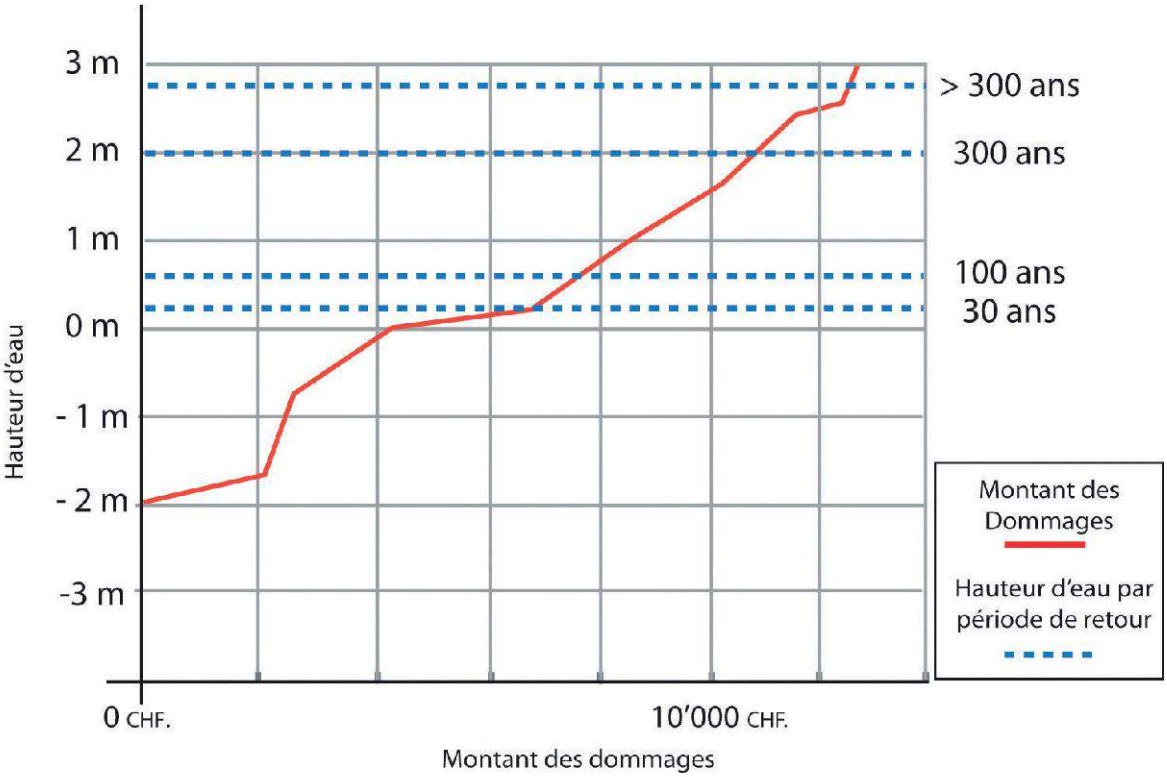

Figure 2.–Exemple de courbes de dommages selon la période d'occurrence du phénomène. La courbe de gauche représente les dommages à l'intérieur du bâtiment en fonction de la hauteur d'eau, la courbe du milieu ceux à l'enveloppe extérieure du bâtiment, alors que la courbe de droite représente le cumul des deux autres.

éléments présents (figure 2). Connaître la vulnérabilité de l'objet revient à identifier ses pathologies en fonction des éléments présents. Tout comme lors de l'analyse descriptive du bâtiment, le niveau de détail de l'analyse peut être adapté aux besoins de l'utilisateur, selon ses connaissances ou le temps à disposition.

Une base de données des pathologies envisageables sert à identifier les éléments qui sont réellement vulnérables. Le contenu de cette base de données s'appuie sur des travaux de l'Association des Etablissements cantonaux d'assurance (EGLI 2005 et 2006) et de différentes études (études GRAF 2008, CSTB, KELMAN 2002). La méthodologie et les outils développés s'inspirent en partie de travaux produits par les organismes qui travaillent le plus sur la gestion de la vulnérabilité aux inondations. Parmi eux, on peut citer la Federal Emergency Managment Agency (FEMA), la US Army Corps of Engineers (USACE) aux Etats-Unis ou encore le Flood Hazard Research Center (FHRC) et l'Environment Agency en Angleterre. Ces organismes travaillent directement avec les autorités publiques de leur pays ainsi qu'avec les compagnies d'assurance.

Proposition de solution de remédiation

Une fois le diagnostique de vulnérabilité connu, il est possible d'envisager des mesures de remédiation (figure 3). Ainsi, sur la base d'un catalogue de mesures élaboré sous forme de bases de données, diverses techniques de diminution de la vulnérabilité peuvent être envisagées:

- Techniques de rehaussement
- Techniques d'étanchéification
- Techniques d'adaptation
- Surélévation
- Protection

Les mesures possibles de diminution de la vulnérabilité sont proposées par l'outil sur la base de l'analyse descriptive. Seule une adaptation globale du bâtiment prenant en considération l'ensemble des éléments peut s'avérer efficace. Pour ce faire, il est nécessaire de s'attarder sur chaque élément, au cas par cas. Cette analyse serait difficilement réalisable sans l'appui d'un outil d'aide à la décision.

La base de données est liée à une liste de prix des mesures, comprenant pour chaque mesure un prix minimal, un prix moyen et un prix maximal possible pour la mesure et correspondant au marché. Ainsi, il est envisageable de connaître les coûts de remédiation pour le bâtiment étudié, base d'une analyse coût-bénéfice à l'échelle de l'objet.

Développement d'une stratégie de réduction du risque

L'outil d'analyse de la vulnérabilité offre la possibilité d'une nouvelle gestion du risque induit par les inondations. L'assurance a la possibilité de gérer un portefeuille de bâtiments en zone à risque selon des critères préalablement établis, se basant sur la période de retour, le montant des investissements ou encore les efforts réalisés par les propriétaires.

La prise en compte de la vulnérabilité dans un système d'assurance a de nombreux avantages:

L'assurance peut mieux estimer le coût annuel moyen des dommages en ayant

préalablement évalué la vulnérabilité de son parc assuré.

Le propriétaire est conscient de la vulnérabilité de son bien et va chercher à la réduire, souvent par des mesures simples. En étant conscient de la fragilité de son bien, il sera plus à même de réagir en cas d'événement.

Des mesures simples de réduction de la vulnérabilité peuvent être entreprises à partir du moment où elle a été évaluée. Le rapport coût/efficacité peut alors être optimisé.

Avec un système d'encouragement par les assurances, le montant des dommages pourrait être largement diminué.

Des mesures incitatives, financières ou logistiques (conseils, support, etc.), visant à motiver le propriétaire à mettre en place des mesures de réduction de la vulnérabilité de son bien pourraient également être proposées. En connaissant les bénéfices potentiels engendrés par une mesure définie, il est alors possible d'en estimer ses conséquences à l'échelle d'un parc immobilier.

La couverture d'assurance offerte par les Etablissement cantonaux d'assurance incendie n'ayant pas de dénominateurs communs en matière de dommages liés aux dangers naturels, il est envisageable d'adapter la stratégie en fonction du niveau de couverture de chaque ECA.

Figure 3.–Une aide à la décision permet de choisir les méthodes de remédiation les plus appropriées.

HWV, UN OUTIL D'ANALYSE DE LA VULNÉRABILITÉ ADAPTÉ AU TERRAIN.

Un outil Excel

Afin de permettre la réalisation de la démarche, par le propriétaire et/ou l'estimateur, l'outil d'analyse de la vulnérabilité et de réduction du risque, *HWV* pour Home Water Vulnerability, a été développé dans un environnement *Microsoft Excel*, permettant ainsi de procéder à l'analyse complète en regroupant tous les besoins en un seul format.

Cette solution s'avère propice car elle est extrêmement modulable. En effet, au vue de l'hétérogénéité des modes de fonctionnement des ECA, il était nécessaire de proposer une solution facilement adaptable aux besoins des futurs utilisateurs. De plus, *Excel* offre un environnement léger et connu du grand public.

L'interface de saisie est découpé en trois modules: le module *vulnérabilité*, le module *réduction* et le module *synthèse et coûts*. Ces modules reposent tous sur la même méthode d'analyse développée précédemment, à savoir la description et le contenu du bâtiment, suivi de l'évaluation de la vulnérabilité et pour finir le résumé de ces évaluations; ils proposent une synthèse des montants et des illustrations sous forme de graphiques de dommages.

L'interface du module *vulnérabilité* a été réalisée de manière à pouvoir inspecter les qualités d'étanchéité et de sensibilité à l'eau des éléments du bâti ainsi qu'à relever leurs caractéristiques (seuil, largeur, longueur, hauteur) et enfin, comme tout autre logiciel de métré, à leur attribuer un coût (unité, quantité, prix unitaire, montant). Ce procédé permet de déterminer à partir de quelle hauteur l'eau pénètre dans l'habitation, de positionner les éléments, de relever, selon la hauteur d'eau, les surfaces touchées à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment et surtout d'estimer un coût de remise en état de chaque élément vulnérable.

Dans le module *réduction*, on retrouve les éléments vulnérables saisis précédemment, couplés à des propositions de mesures de diminution de la vulnérabilité. Ces mesures propres à un élément ont trois niveaux de prix (minimal, moyen, maximal) et permettent de fixer un coût de remédiation pour chaque élément.

Le module *synthèse et coûts* donne la possibilité à l'utilisateur de visualiser les informations issues des assurances, de récapituler sa saisie mais aussi d'élaborer une stratégie de réduction pertinente grâce à la confrontation des coûts des dégâts potentiels et des coûts de remédiation selon les hauteurs d'eau et les probabilités d'occurrence associées.

La validation et le travail de terrain

HWV se veut avant tout un outil de terrain, pragmatique et répondant à la méthodologie appliquée par les estimateurs des bâtiments (figure 4). Afin de satisfaire à ces exigences, il a été nécessaire de tester l'outil dans son contexte d'utilisation, à savoir l'estimation de bâtiments individuels. Pour cela, six ECA (Argovie, Fribourg, Jura, Lucerne, Nidwald et Vaud) ont collaboré à l'étude en proposant chacun une commune ayant subi des inondations lors de la dernière décennie.

L'outil a ainsi été testé sur une trentaine de bâtiments répartis dans les différentes communes d'étude.

L'analyse a été conduite selon la méthodologie actuelle des estimateurs des bâtiments, à savoir une visite du bâtiment en compagnie du propriétaire et la caractérisation des dimensions et des différents paramètres du bâtiment.

Le temps d'analyse est d'environ 40 minutes et les caractéristiques extérieures, puis intérieures du bâtiment, sont directement introduites dans un ordinateur portable de type Tablet PC. Le résultat est ainsi directement connu de la personne ayant mené l'analyse.

Lors des essais de terrain, les résultats obtenus avec *HWV* ont été systématiquement comparés avec les montants de dommages mis à disposition par les ECA des différents cantons visités. Les résultats obtenus avec l'outil donnent une estimation très proche des montants de dommages réels survenus lors d'inondation. Toutefois, d'une manière générale, les montants issus de l'estimation sont légèrement supérieurs à ceux des cas réels.

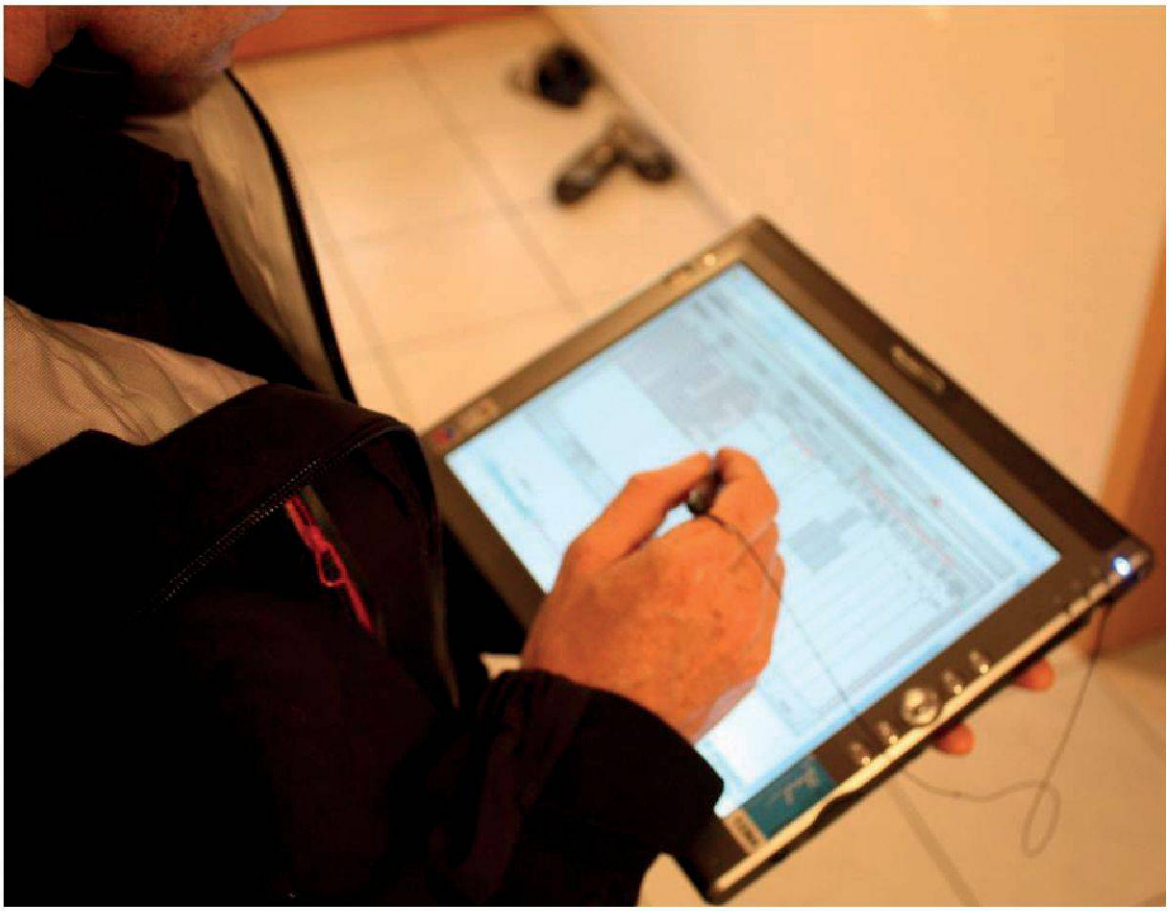

Figure 4.– *HWV* est un outil de terrain.

Perspectives

L'outil *HWV* offre la possibilité d'une aide à la décision pour une prévention ciblée des inondations. Tant les propriétaires que les assurances, sur la base d'une analyse de vulnérabilité, pourraient envisager de cibler certaines mesures d'une manière efficace afin

de diminuer le potentiel de dommages. En connaissant la vulnérabilité de l'objet, il devient alors possible d'étendre l'analyse à l'ensemble d'un portefeuille, ce qui doit permettre une optimisation de la gestion des risques.

De plus, les développements effectués lors du projet de vulnérabilité aux inondations offrent une possibilité d'extension pour une application similaire relative à d'autres phénomènes où la vulnérabilité a une grande influence sur le montant des dommages et peut être diminuée d'une manière ciblée. Ainsi, la grêle et le vent, phénomènes ayant causé beaucoup de dommages lors de la dernière décennie, pourraient être sujets à la création d'un outil similaire.

Remerciements

Fondation de prévention des Etablissements cantonaux d'assurance incendie, les Etablissements cantonaux d'assurance des bâtiments d'Argovie, Fribourg, Jura, Lucerne, Nidwald et Vaud.

Bibliographie

AEAI 2008. *Evolution* du climat et de la vulnérabilité des bâtiments en Suisse jusqu'en 2050: répercussions attendues sur les dangers naturels et les dommages aux bâtiments. Association des Etablissements cantonaux d'assurance, Compte rendu d'ateliers, Berne.

Choffet M. *et al.*, 2009. Evaluation de la vulnérabilité du bâti face aux inondations dans un contexte d'assurance immobilière. Etude de cas du village de Le Pâquier, Fribourg, Mém. Master, Institut de Géomatique et d'Analyse du Risque, Université de Lausanne.

CSTB 2005. Inondations. Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation. Centre scientifique et technique du bâtiment. République française, Ministère de la cohésion sociale et du logement.

Egli T., 2005. Protection des objets contre les dangers naturels gravitationnels, Doc. Tech., Association des Etablissements cantonaux d'assurance, Berne.

Egli T., 2007. Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques, Doc. Tech, Etablissements cantonaux d'assurance, Berne.

Environment Agency, 2007. Improving the flood performance of new buildings. Flood resilient construction, England.

Kelman I., 2002. Physical flood vulnerability of residential properties in Coastal, Eastern England, Ph.D. thesis, University of Cambridge.

Loat R., 2008. La prévention des risques en Suisse. Office fédéral de l'environnement, Berne.

Instabilités rocheuses et glaciaires

Ecroulements et instabilités glaciaires

(Articles 11, 12 et 13)

Trajectographies et zonage du danger

(Articles 14, 15, 16 et 17)

Analyse quantitative du risque

(Articles 18 et 19)

Gestion du risque

(Articles 20 et 21)