

Analyse des événements

# Grêle 2009

Etude des orages de grêle du 26 mai et du 23 juillet 2009



## Editeur

Tous droits réservés © 2012  
Union intercantonale de réassurance UIR  
Bundesgasse 20  
CH-3001 Berne  
www.uir.ch



Interkantonaler Rückversicherungsverband  
Union intercantonale de réassurance

## Auteurs

Markus Imhof  
Marc Choffet

## Coordination

Markus Imhof  
Rolf Meier

## Collaboration scientifique

Jolanda Gredig  
Michèle Fahrni

## Conseil technique

Dörte Aller, Etablissement cantonal d'assurance de Zurich  
Christine Haas, Etablissement cantonal d'assurance de Zurich  
Prof. Michel Jaboyedoff, Institut de géomatique et d'analyse du risque/Université de Lausanne  
Martin Jordi, Association des établissements cantonaux d'assurance incendie  
Fredy Weber, Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie

## Traduction française

GLOBAL TRANSLATIONS GmbH, Sutz-Lattrigen

## Réalisation et production

Rickli + Wyss, Berne

## Tirage

700 exemplaires en allemand  
300 exemplaires en français

## Sources de données ou d'informations

Office fédéral de topographie swisstopo  
Office fédéral de météorologie et climatologie MétéoSuisse  
Etablissement cantonal d'assurance de Berne  
Etablissement cantonal d'assurance de Fribourg  
Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie  
Etablissement cantonal d'assurance de Lucerne  
Etablissement cantonal d'assurance de Vaud  
meteoradar GmbH

## Photos

Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie  
Markus Imhof, Union intercantonale de réassurance

## Photos de couverture

De gauche à droite et de haut en bas :  
Abrasion par la grêle de la couche de peinture sur du bois  
Panneaux transpercés d'une coupole d'éclairage  
Toit de bardeaux endommagé  
Rebords perforés des lés d'étanchéité d'un toit plat  
Crépi transpercé sur une isolation extérieure  
Toit en Eternit ondulé transpercé  
(Toutes les photos : Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie)

# Table des matières

<b>Impressum</b> .....	<b>2</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>3</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>2. L'événement de grêle du 26 mai 2009 dans le canton de Thurgovie</b> .....	<b>5</b>
2.1 Conditions météorologiques du 26 mai 2009 .....	5
2.2 Méthodologie et données disponibles .....	7
2.3 Résultats de l'analyse au niveau de l'« ensemble des bâtiments touchés » .....	10
2.4 Résultats de l'analyse au niveau de l'« échantillon de dommages individuels » .....	16
2.5 Résultats de l'analyse au niveau des 5% des plus gros dommages individuels .....	24
<b>3. L'événement de grêle du 23 juillet 2009 dans les cantons de Vaud, Fribourg, Berne et Lucerne</b> .....	<b>29</b>
3.1 Conditions météorologiques du 23 juillet 2009 .....	29
3.2 Catégorisation de l'événement .....	31
3.3 Analyse des dommages individuels .....	33
3.4 Distribution des tailles de grêlons .....	33
3.5 Nombre de bâtiments endommagés .....	34
3.6 Montant des dommages.....	34
3.7 Dommages moyens aux bâtiments .....	34
3.8 Structure des montants de dommages .....	36
3.9 Répartition des dommages sur les différentes affectations .....	37
3.10 Caractéristiques typiques des gros événements de grêle .....	39
<b>4. Relation intensité-dommage</b> .....	<b>39</b>
<b>5. Nature des dommages</b> .....	<b>42</b>
<b>6. Effet de la réduction et de la prévention des dommages</b> .....	<b>43</b>
<b>7. Conclusions, résultats, perspectives</b> .....	<b>45</b>
<b>8. Remerciements</b> .....	<b>47</b>
<b>9. Bibliographie</b> .....	<b>48</b>
<b>Annexe A: cartes d'orientation indiquant l'emplacement des localités mentionnées dans le rapport</b> .....	<b>49</b>
<b>Annexe B: code d'affectation AEAI</b> .....	<b>51</b>

Le 26 mai 2009, un orage de grêle exceptionnellement violent traversait le canton de Thurgovie et le 23 juillet 2009 une supercellule avec d'intenses précipitations sous forme de grêle s'abattait successivement sur les cantons de Vaud, Fribourg, Berne et Lucerne. Dans les deux cas, des grêlons de la taille d'une balle de tennis ont provoqué des dégâts massifs aux bâtiments, aux cultures et aux véhicules. Des dommages causés par des vents tempétueux découvrant les toits s'y sont ajoutés lors des deux événements, et l'eau avait pénétré en maints endroits dans les caves, les soupiraux et les garages souterrains. Pour les établissements cantonaux d'assurance de Thurgovie et de Fribourg, ces orages ont été les événements dommageables les plus coûteux de leur histoire; pour les cantons de Vaud, Berne et Lucerne, les dommages ont aussi été extraordinairement élevés.

La présente étude a pour objet l'analyse détaillée des déclarations de sinistres enregistrées par les établissements cantonaux d'assurance mentionnés. Elle se concentre uniquement sur les dommages dus à la grêle; les dommages dus au vent et aux inondations n'ont ainsi pas été pris en considération.

Du fait que l'établissement cantonal d'assurance de Thurgovie gère des informations complètes sur les dommages sous forme numérique a permis une analyse détaillée en fonction de la nature des matériaux et des éléments de construction endommagés. Ces données ont permis de démontrer quantitativement quels sont les éléments de construction qui ont subi les dommages de grêle les plus nombreux et les plus coûteux, à savoir les toits, les façades et les stores roulants et à lamelles. Les matériaux en ciment fibreux, peintures et tôles étaient touchés de manière particulièrement fréquente. En outre, il s'est avéré que les dommages aux maisons d'habitation, notamment les plus récentes, étaient plus fortement représentés que la moyenne dans les déclarations de sinistres. La cause n'est probablement pas uniquement due à la vulnérabilité plus élevée des maisons d'habitation, mais également du fait de l'attention particulière que leur témoigne leurs propriétaires.

Dans le cadre de l'étude, il apparaît clairement quels sont les avantages qu'offre le géoréférencement des objets endommagés: les centres d'intensité, mais aussi les zones limitrophes de l'événement pourraient être localisés avec plus de précision et donc interprétés de manière plus fiable.

Les informations des établissements cantonaux d'assurance d'une part et d'autre part les données cumulées des radars météorologiques ont permis de déduire une relation intensité-dommage pour l'événement du 23 juillet 2009. Sur la base de ces informations, il a été en outre possible d'évaluer les économies qui auraient été réalisables pour l'événement en question par la mise en œuvre systématique de matériaux de construction d'une résistance à la grêle RG 3; elles se situent tout de même aux alentours de 5-15%. Au regard de la somme totale (brute) des dommages de près de CHF 270 millions pour l'événement de juillet, cela représente un montant considérable.

Il est tout à fait dans l'esprit des éditeurs que les faits et chiffres rassemblés par la présente publication servent de base d'argumentation en matière de prévention des dommages naturels.

## L'essentiel en bref

### Événement de grêle:

Principalement touchés:

Diamètre max. des grêlons\*:

Montant total net des dommages\*:

Montant total brut des dommages\*:

Nombre de sinistres reconnus\*:

Dommage moyen (brut)\*:

Dommage médian (brut)\*:

Plus gros dommage individuel\*:

Classification:

### 26 mai 2009

Canton TG

6,5 cm

CHF 43 millions

CHF 47 millions

7'300

CHF 5'900

CHF 2'900

CHF 300'000 (fabricant de stores)

Montant de dommage élément naturel le plus important enregistré par l'ECA TG.

### 23 juillet 2009

Cantons VD, FR, BE, LU

6,5 cm

CHF 254 millions

CHF 267 millions

48'000

CHF 5'600

CHF 3'200

CHF 350'000 (verrière)

Montant de dommage élément naturel le plus important enregistré par l'ECA FR.

(\* uniquement les cantons cités)

# 1. Introduction

## 1. Introduction

Après le violent orage de grêle du 26 mai 2009 qui a traversé le canton de Thurgovie occasionnant des montants de dommages aux bâtiments d'un ordre de grandeur de CHF 47 millions, la nécessité d'une analyse approfondie de ces dommages s'est rapidement imposée à l'UIR. Moins de deux mois plus tard, le 23 juillet 2009, un autre orage particulièrement violent faisait des ravages notamment en Suisse romande et causait des montants de dommages d'environ CHF 270 millions aux bâtiments. De toute évidence, l'analyse devait également inclure les dommages liés à cet événement.

Les déclarations de sinistres enregistrées par milliers ont confronté les établissements d'assurance concernés à des défis de taille: leurs collaborateurs ont effectué des heures supplémentaires et travaillé les week-ends, des estimateurs retraités ont repris leur activité. Dans certains cas, des postes supplémentaires ont même été créés pour affronter les pics de charge de travail. Malgré cela, des assurés se sont plaints de ne plus avoir de nouvelles de l'établissement d'assurance des mois après le constat de l'estimateur. C'est qu'il s'agissait surtout de définir les priorités: les toits fortement endommagés figuraient en première place sur la liste des urgences, alors que les assurés possédant des stores à lamelles endommagés devaient patienter bon gré mal gré. Cependant, même lorsque l'établissement d'assurance avait finalement donné son feu vert pour l'indemnisation, les entreprises de la région qui auraient dû procéder aux réparations avalisées par l'établissement étaient tout aussi surchargées. En un mot, il s'agissait à tous égards d'événements exceptionnels.

La présente analyse examine en particulier les questions suivantes

- Quelles régions ont été touchées et dans quelles mesures? A quelle intensité? Dans quelle mesure les deux sinistres ont-ils été exceptionnels en termes de dommages et d'un point de vue météorologique?
- Quelle part de la totalité des dommages revient aux différents matériaux et éléments de construction de l'enveloppe des bâtiments, c'est-à-dire lesquels se sont révélés particulièrement fragiles et lesquels ont été particulièrement résistants?
- Le Répertoire de la protection contre la grêle est-il l'instrument adéquat pour agir efficacement contre les futurs dommages aux bâtiments causés par la grêle? Une résistance à la grêle RG 3 est-elle appropriée en tant que valeur indicative lors du choix des éléments de construction? Est-il possible d'évaluer quels dommages auraient pu être évités avec une utilisation systématique de produits d'une résistance à la grêle RG 3?
- Quelle est l'influence sur le montant individuel de dommage de la perception qu'ont les clients des dégâts survenus à leurs biens?

- Le relevé des dommages des établissements cantonaux d'assurance peut-il être amélioré en vue des futures analyses?
- Quelles conclusions tirer du point de vue de la prévention des dommages causés par les éléments naturels?

## 2. L'événement de grêle du 26 mai 2009 dans le canton de Thurgovie

### 2.1 Conditions météorologiques du 26 mai 2009

Précédant un front froid en provenance de l'ouest, une ligne orageuse très active a traversé la Suisse par le sud-ouest le 26 mai 2009. Suivant la région, la ligne orageuse a entraîné de fortes rafales, des chutes de grêle ou des pluies intenses. Selon MétéoSuisse, plusieurs facteurs ont conduit à cette situation. D'une part, de l'air très chaud provenant directement d'Afrique du Nord arrivait sur l'arc alpin au cours des jours précédents, ce qui a entraîné des températures exceptionnellement élevées pour cette période de l'année (nettement au-dessus de +30° C) au nord des Alpes. Très peu d'orages de chaleur ont cependant éclaté dans cet air très sec. L'atmosphère a ainsi conservé une grande partie de l'énergie potentielle. Dès le soir du 25 mai, un front froid d'air polaire en provenance de l'Atlantique a commencé à se déplacer vers l'est. L'air froid a fortement repoussé l'air subtropical chaud en altitude, ce qui a engendré de violentes cellules orageuses. Le front orageux s'est formé un peu avant midi à proximité du massif du Mont-Blanc. Durant les sept à neuf heures suivantes, il s'est déplacé du Chablais vers la Suisse orientale, le long des Préalpes, pour atteindre en cours de journée des régions déjà fortement réchauffées. Le contraste de température entre l'air froid et chaud a ainsi augmenté, raison pour laquelle les orages se sont renforcés vers la Suisse orientale.

L'intensité accrue des orages se manifestait aussi par la taille observée des grêlons: alors que des grêlons d'un diamètre d'environ 2,5 cm étaient annoncés dans l'Oberland bernois, la Suisse centrale et la région de Zurich, des grêlons atteignant environ 6 cm seraient<sup>1</sup> tombés en Suisse orientale et au sud de l'Allemagne. La quantité de précipitations mesurée pour ces événements sur la trajectoire de l'orage se situait entre 20 et 50 mm selon MétéoSuisse. Les pluies ont été les plus abondantes avec 35 mm en une heure sur le Napf et 29 mm à Tännikon TG en 20 minutes à peine. Ceci est à relever dans la mesure où de grandes quantités de précipitations tombant sur des bâtiments déjà endommagés par la grêle entraînent souvent d'importants dommages supplémentaires (Hohl et al., 2002).

<sup>1</sup> Le conditionnel fait allusion au scepticisme de mise envers les tailles de grêlons annoncées, notamment lorsque les diamètres ne sont pas mesurés, mais décrits à l'aide d'objets de comparaison tels que noix, abricots ou balles de tennis; cf. Hohl et al., 2002.

## 2. L'événement de grêle du 26 mai 2009 dans le canton de Thurgovie

Les orages ont atteint le canton de Thurgovie à 15h40, heure d'été d'Europe centrale (CEST). La station météorologique du Hörnli a enregistré à cette heure une vitesse de pointe de rafale de vent s'élevant à 116 km/h. A peine vingt minutes plus tard, une vitesse de 98 km/h était mesurée à Güttingen au bord du lac de Constance et des rafales atteignaient 116 km/h à Steckborn (TG). Cela ne pouvait cependant pas être un front tempétueux uniforme de la cellule orageuse se dirigeant vers le nord-ouest, car celle-ci aurait dû se déplacer à une vitesse de 110 km/h, soit pratiquement la vitesse de vent maximale mesurée. Les animations radar de MétéoSuisse permettent de distinguer plutôt un déclenchement fulgurant à grande échelle dans l'atmosphère instable, à la manière d'un embrasement généralisé éclair tel qu'on peut en observer lors d'incendies dans des locaux fermés. Ce n'est alors pas la source d'incendie proprement dite, mais bien le front de flamme qui se déploie de manière fulgurante par inflammation presque instantanée des gaz de fumée. De manière semblable, la cellule orageuse initiale était devancée par une sorte de front de propagation en ceci que l'atmosphère «bouillonnait» sur une vaste surface devant la cellule. La cellule a ainsi grossi très rapidement en direction du nord-est et propageait par conséquent des rafales de vent, des averses et de la grêle.

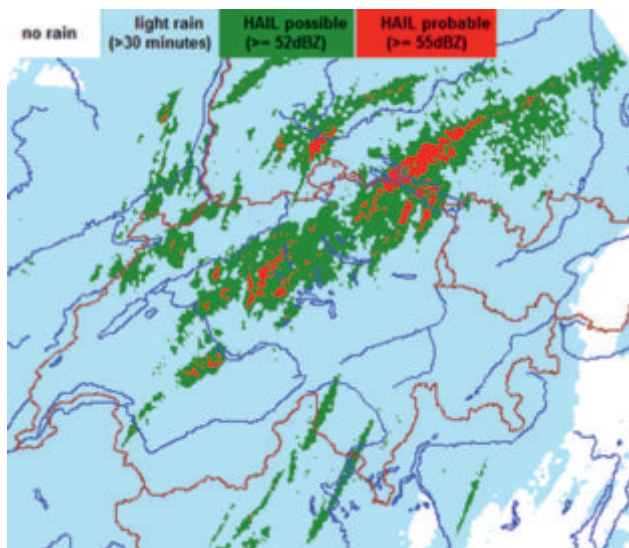


Fig. 1 : régions touchées par la grêle le 26 mai 2009 entre 0 et 24 heures UTC, d'après les données des radars météorologiques (heure d'été d'Europe centrale CEST = UTC + 2 h ; source : MétéoSuisse).

L'orage de grêle du 26 mai 2009 constitue pour l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie l'événement dommageable le plus important de son histoire (rapport de gestion 2009). Seuls les dommages dus aux inondations de 1999 sont d'un ordre de grandeur comparable – avec toutefois un cumul sur une période bien plus longue, tandis que

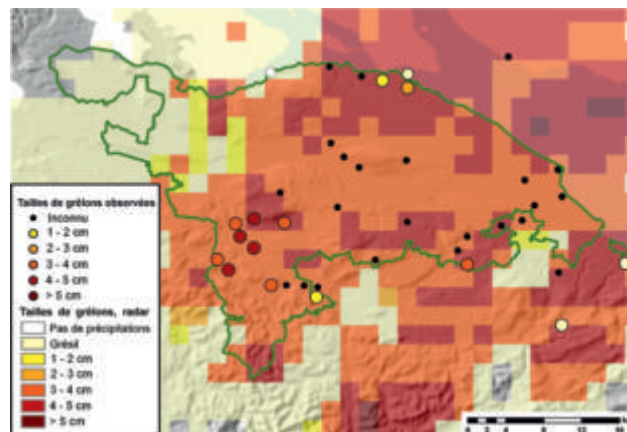


Fig. 2 : distribution des tailles de grêlons lors de la grêle du 26 mai 2009 dans le canton de Thurgovie, observées ou tirées de données radar (données radar : meteoradar ; bases cartographiques : swisstopo).

le pic de 2009 de la fig. 3 est imputable presque exclusivement à cet unique événement de grêle. Même les dommages causés par la tempête «Lothar» en décembre 1999 n'ont de loin pas atteint le niveau des dommages dus à la grêle de mai 2009.

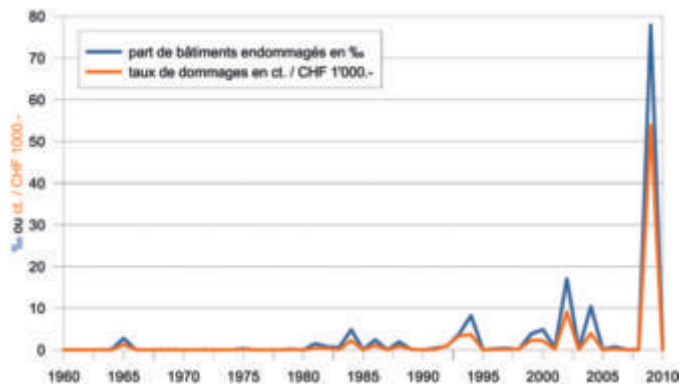


Fig. 3 : évolution des dommages aux bâtiments dus à la grêle dans le canton de Thurgovie depuis 1960 (source : statistique des dommages AEA).

L'UIR a chargé l'«Institut de géomatique et d'analyse du risque (IGAR)» de l'Université de Lausanne de procéder à une analyse détaillée des dommages aux bâtiments du 26 mai 2009. L'objectif principal était d'élaborer une base de données sur les dommages aux bâtiments causés par un orage de grêle exceptionnellement fort. Elle doit par exemple servir d'aide à l'argumentation pour la discussion avec des fabricants d'éléments de construction dans le contexte des mesures de prévention, mais aussi de base pour les questions d'assurance (par ex. l'indemnisation des dommages sur des éléments de construction particulièrement fragiles

comme les stores roulants et à lamelles). Un autre objectif était d'élaborer une méthodologie permettant d'extraire des dossiers et d'analyser quantitativement des informations détaillées sur les dommages aux bâtiments de manière aussi efficace que possible.

Le choix s'est porté sur le canton de Thurgovie pour les deux raisons suivantes :

- Ce grave événement de grêle y est survenu deux mois plus tôt, c'est-à-dire que les relevés des sinistres étaient déjà plus avancés que dans les cantons touchés par la grêle de juillet.
- L'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie dispose de bordereaux de sinistre (cf. chap. 2.2) sous forme numérique qui sont exploitables de manière relativement efficace.

## 2.2 Méthodologie et données disponibles

L'Etablissement cantonal d'assurance du canton de Thurgovie a mis les données de base suivantes à disposition pour analyser l'événement de grêle du 26 mai 2009 :

- 5'430 bordereaux de sinistre sous forme de fichiers « Excel » (fig. 4).
- Une liste des 7'337 cas de sinistre individuels au format « Excel » (Fig. 5).

<b>SCHADERSCHÄTZUNG (Verfügung)</b>		<b>Schaden-Nr. 09 3753</b>	
		Telefon Schädendienst: 052 724 24 90	
<input type="checkbox"/> Feuer <input type="checkbox"/> Rauch <input type="checkbox"/> Überschwemmung			
Vers.- Summe: CHF 923'650.00		Vers.- Nr. : 62/7/863	
Lage: Bottenriedweg 27, 9705 Stettfurt		Schadendatum: 26. Mai 2009	
Eigentümer: Kradolfer Manfred Bottenriedweg 27 9507 Stettfurt		Verwaltung:	
Schadenbeschreibung und -berechtigung: Hagelschaden Fassade, Fensterbänke, Fallrohr, Elektroinstallationen, Eternitdach			
<b>Wiederherstellungskosten:</b>			
Eigenleistungen		pauschal	CHF 75.00
Elektriker		ca. CHF	300.00
Aussendämmung inkl. Gerüst, Maltech		ca. CHF	16'200.00
Gerüstung, Abdeckbleche Fenster, Fensterbänke		ca. CHF	7'000.00
Eternitdach und Fallstrang, Kuoter Wängli		ca. CHF	2'800.00
Abdeckung Terasse, Fallrohr, Stirn- Ortblech, Kuster		ca. CHF	4'910.00
Geländer Montage, Demontage, Oppkofer		ca. CHF	3'700.00
lösen v. Drahtseilen gem. Offerte Grüsser AG		ca. CHF	500.00
Umgebungsarbeiten im Bereich Mauerflus gem. Offerte Grünwerk		ca. CHF	2'240.00
Vorhalle v. Gerüstung		ca. CHF	150.00
Diese Verfügung ersetzt jene vom 01.07.2009			
Kostenüberschreitungen sind der Gebäudeversicherung vor der Ausführung zu melden. Die Auszahlung erfolgt nach Abschluss der Wiederinstandstellungsarbeiten. Es können Teilzahlungen geleistet werden.			
		<b>Schadensumme</b>	<b>CHF 37'875.00</b>

Fig. 4 : exemple (fictif) d'un bordereau de sinistre de l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie; sur fond rose, les informations significatives pour l'analyse (d'après Choffet et al., 2011).

Commune	Année de constr.	N° sinistre	Date sinistre	Affectation	coord X	coord Y	Total montant	Valeur d'assurance x 1000
6	1963	200903668	20090526	29	710435	260310	2669	382
6	1985	200903669	20090526	66	710021	266352	2895	1583
3	1857	200903667	20090526	39	711218	264793	1669	52
23	1958	200903671	20090526	29	711179	259530	9489	598
24	1994	200903676	20090526	39	711218	268052	105000	1468
17	1923	200903673	20090526	20	716229	264812	15323	621
24	1947	200903675	20090526	20	710021	259530	37239	1243
19	2002	200903670	20090526	51	714123	264623	5432	632

Fig. 5 : extrait de la liste des dommages individuels de l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie (données fictives).

Comme l'indique la fig. 6, l'analyse porte sur deux niveaux différents : d'une part le niveau de l'ensemble des bâtiments touchés et d'autre part celui des bâtiments individuels endommagés.

- La densité du nombre de dommages et de leur montant par km<sup>2</sup>
- Le nombre de dommages et leur montant par commune
- La distribution statistique du montant des dommages individuels

### a) Analyse statistique et représentation cartographique de l'ensemble des bâtiments touchés (7337 dommages)

La liste des dommages individuels (fig. 5) comporte les informations suivantes pour chacun d'eux :

- Numéro de la commune où se trouve le bâtiment endommagé
- Année de construction du bâtiment endommagé
- Numéro du dommage
- Affectation du bâtiment endommagé
- Date du dommage (26 mai 2009)
- Coordonnées X
- Coordonnées Y
- Montant du dommage en CHF (dommage net, c'est-à-dire après déduction de la franchise)
- Valeur d'assurance en milliers CHF

Ces informations permettent de procéder à des analyses qui renseignent sur :

- Le montant brut du dommage en CHF (c'est-à-dire avant déduction de la franchise, afin de permettre une comparaison des données sur les dommages entre les différents établissements cantonaux d'assurance)
- La distribution spatiale des dommages

La base de données sur les 7'337 bâtiments endommagés géoréférencés – 8,4% du parc immobilier total dans le canton de Thurgovie (état 2009 : 93'240) – a été importée dans le système d'information géographique ArcGIS 9 pour les analyses spatiales.

### b) Analyse statistique d'un échantillon aléatoire de bordereaux de sinistre

Les bordereaux de sinistre sont constitués d'une liste adressée au propriétaire du bâtiment pour confirmer les indemnisations validées par l'établissement cantonal d'assurance. Au contraire de la liste des dommages individuels, les bordereaux de sinistre subdivisent les dommages par bâtiment touché et fournissent des informations sur la nature des matériaux et des éléments de construction endommagés. Les bordereaux de sinistre n'ont pas pu être traités de manière entièrement automatique, car la nature des matériaux et des éléments de construction ont notamment dû être attribués manuellement. Pour des raisons de charge de travail, les analyses ont de ce fait été restreintes à un échantillon de 500 sinistres (env. 7% du nombre total de sinistres). Cet échantillon a été déterminé en prélevant à intervalles réguliers, c'est-à-dire toutes les x colonnes (fig. 7), les bordereaux de sinistre triés par numéro de dommage<sup>2</sup> dans l'explorateur Microsoft® Windows.

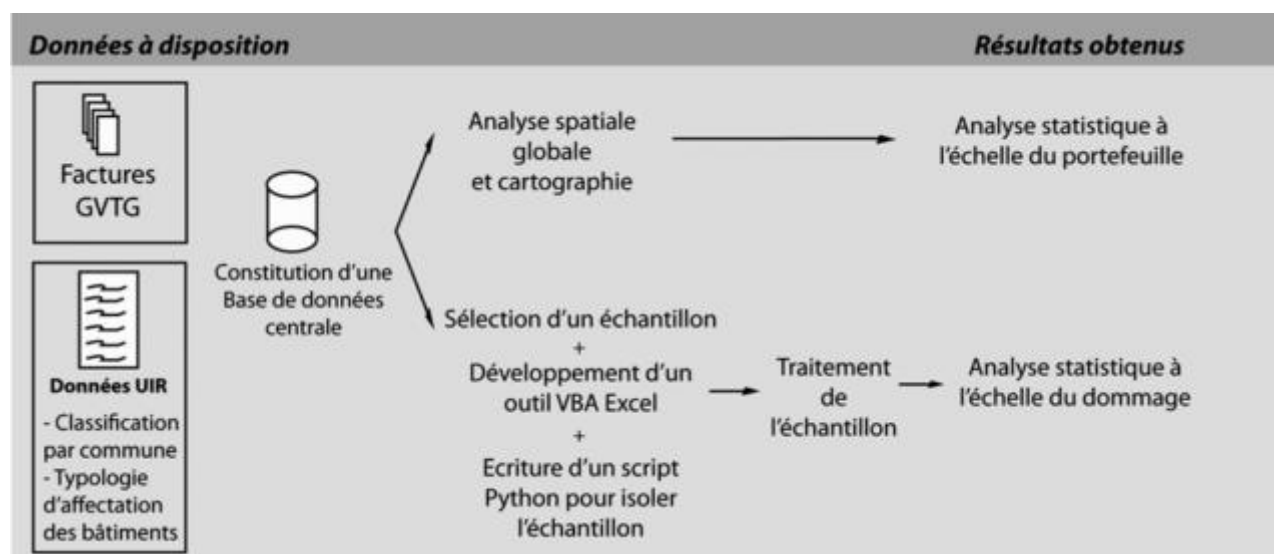


Fig. 6: principe de la démarche adoptée pour analyser les données disponibles sur les dommages (selon Choffet et al., 2011).

<sup>2</sup> Le numéro du dommage est attribué chronologiquement à réception de la déclaration de sinistre. Les dommages plus importants et particulièrement évidents devraient donc être surreprésentés dans la première moitié (saisie plus tôt) des bordereaux de sinistre triés par numéro de dommage.



Il est ainsi assuré que des données provenant de l'ensemble du spectre de dommages figurent à parts égales dans l'échantillon, ce qui rend l'échantillon très proche d'un échantillon purement aléatoire. Par souci de simplicité (et sans être tout à fait correct), il sera mentionné ci-après comme « échantillon aléatoire ».

Marquées en rose à la fig. 4, les informations suivantes devaient être recensées dans une base de données :

- Numéro du dommage
- Numéro d'assurance du bâtiment endommagé
- Date du dommage (26 mai 2009)
- Description et calcul du dommage
- Frais de remise en état/description et total par dommage partiel
- Montant total du dommage (brut, c'est-à-dire avant déduction de la franchise)

Les informations en question figurant au même emplacement dans chaque bordereau de sinistre, il a été possible de les saisir de manière semi-automatique à l'aide d'un outil

VBA pour Excel développé par l'IGAR (fig. 8), ce qui a considérablement réduit la charge de travail par rapport à une analyse purement manuelle. Aucun obstacle technique ne s'opposait à une solution entièrement automatique, mais plutôt le fait que la nature des matériaux et des éléments de construction endommagés ne sont pas standardisés (codés) dans les bordereaux de sinistre, où ils figurent sous forme de texte libre. Les informations concernées devaient donc être attribuées à des catégories fixes par la personne en charge de la saisie.

L'analyse des informations provenant des bordereaux de sinistre permettent de mettre en évidence :

- les éléments de construction particulièrement fragiles ou résistants
- les matériaux de construction particulièrement fragiles ou résistants
- la relation entre le montant du dommage et la nature des matériaux et des éléments de construction
- la relation entre le montant du dommage et l'année de construction

Fig. 7: principe de sélection de l'échantillon: chaque x<sup>e</sup> colonne – marquée en bleu – a été copiée de l'explorateur Microsoft® pour constituer l'échantillon.

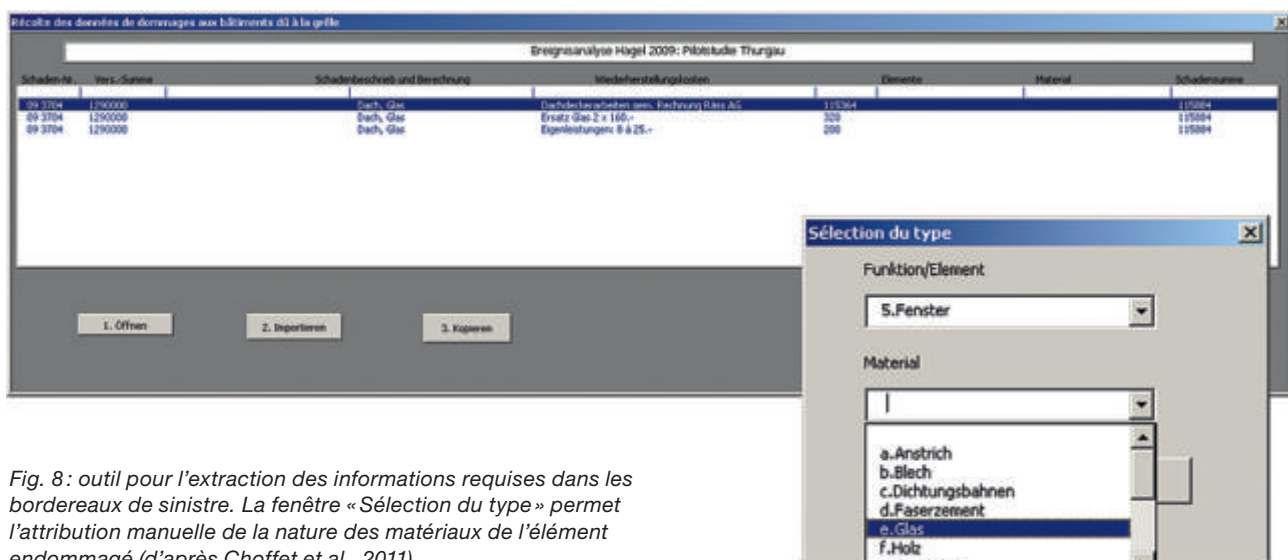


Fig. 8: outil pour l'extraction des informations requises dans les bordereaux de sinistre. La fenêtre « Sélection du type » permet l'attribution manuelle de la nature des matériaux de l'élément endommagé (d'après Choffet et al., 2011).

Outre les avantages tels qu'une récapitulation détaillée des cas et des éléments de construction et matériaux concernés, l'analyse des bordereaux implique aussi certains inconvénients, car ces bordereaux n'ont pas été établis dans l'intention de fournir une base de données exploitable. Du fait qu'elles ont été rédigées individuellement pour le client, les rubriques « description et calcul du dommage » ou « frais de remise en état » ne sont pas standardisées (codées) quant au contenu et au niveau de détail. Ainsi la nature des matériaux et des éléments de construction ne sont souvent pas mentionnés et il n'est souvent pas non plus possible de distinguer les dommages directs (endommagement par la grêle) des dommages indirects (endommagement par infiltration d'eau, frais de déblaiement, mesures provisoires), même si cela serait souhaitable. Pour terminer, les montants mentionnés dans les bordereaux ne correspondent pas nécessairement aux montants effectifs finalement versés. Il s'agit plutôt de montants d'offres pour la remise en état de la situation telle qu'elle était avant le sinistre. Lorsque toutefois la remise en état s'effectue différemment, par exemple parce que le client souhaite installer des fenêtres plus coûteuses, les parties s'accordent sur un montant forfaitaire versé sous forme de participation au montant plus élevé. Selon l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie, l'écart entre le montant de l'offre et le montant versé reste toutefois souvent inférieur à +/- 10%, de sorte que l'erreur en question peut être considérée comme négligeable. Même en cas de recours contre la décision, la somme finalement payée peut s'écarter du montant du bordereau; il s'agit toutefois de cas extrêmement rares (communication orale F. Weber, ECA Thurgovie).

### 2.3 Résultats de l'analyse au niveau de l'« ensemble des bâtiments touchés »

Selon Hohl et al. (2002), les facteurs suivant déterminent l'étendue des dommages dus à un orage de grêle sur une région considérée :

- Exposition du bâtiment : nombre, densité et valeur d'assurance de l'ensemble des bâtiments.
- Effet d'ombre : des bâtiments ou des arbres protègent les bâtiments avoisinants contre les dommages.
- Vulnérabilité du bâtiment : les matériaux et l'état (âge) de l'enveloppe du bâtiment.
- Dépenses requises pour remplacer les éléments de construction défectueux (par ex. en fonction de l'accessibilité : faut-il installer un échafaudage pour la réparation ?).
- Franchises, exclusions (par ex. les stores en toile ne sont pas couverts par tous les établissements cantonaux d'assurance, notamment pas par celui de Thurgovie).
- L'enveloppe du bâtiment a-t-elle été traversée, de manière à provoquer des dégâts à l'intérieur du bâtiment ?
- Pondération des dommages esthétiques : sont-ils pleinement indemnisés ou une certaine valeur actuelle est-elle déduite (comme pour l'ECA de Thurgovie) ?

Les points mentionnés méritent d'être gardés à l'esprit dans le contexte des analyses présentées ci-après sur les dommages aux bâtiments dans le canton de Thurgovie.

Selon la liste des dommages individuels de l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie, l'événement de grêle du 26 mai 2009 a causé 7'337 dommages aux bâtiments (état : fin 2009). Ces derniers peuvent être représentés spatialement dans le système d'information géographique (SIG)

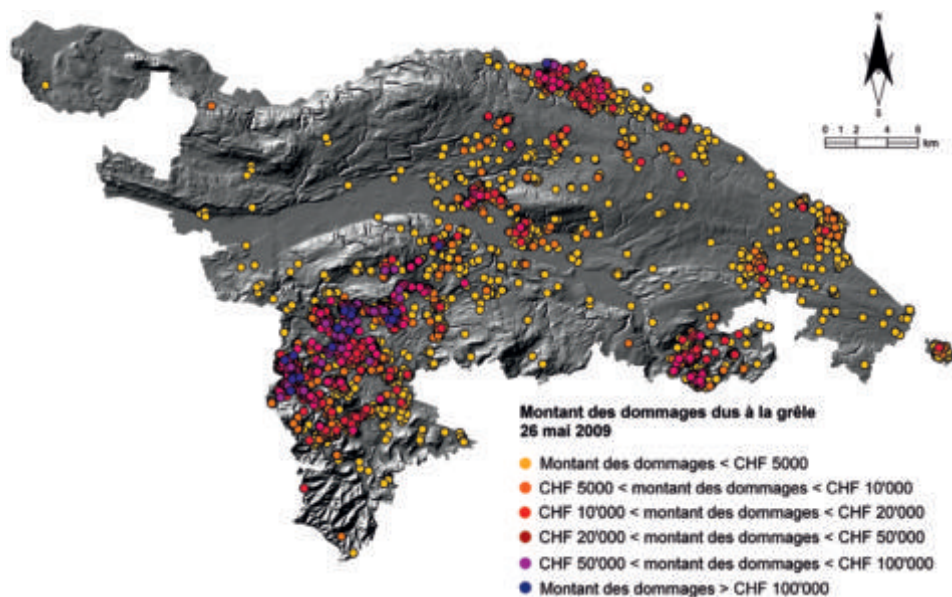


Fig. 9: distribution spatiale des bâtiments endommagés en fonction du montant des dommages (d'après Choffet et al., 2011; base cartographique : swisstopo).

grâce aux coordonnées de position connues. La fig. 9 présente la distribution des dommages, avec indication des montants en CHF. Les dommages sont ainsi particulièrement concentrés dans le sud-ouest du canton (Aadorf – Wängi – Münchwilen), mais aussi sur les rives du lac de Constance (Kreuzlingen – Altnau) et tout au sud-est autour de Bischofszell. (Les cartes en annexe A indiquent l'emplacement de toutes les localités des cinq cantons mentionnées dans le rapport.)

La distribution des bâtiments endommagés, leur nombre et les montants permettent de calculer la densité des dommages par  $\text{km}^2$  en termes de nombres et de montants, et de les représenter cartographiquement (fig. 10 et 11). Sans surprise, les dommages se concentrent là où la zone de grêle a touché une région fortement bâti. A l'inverse, des régions urbanisées ont toutefois aussi été épargnées (par ex. Frauenfeld).

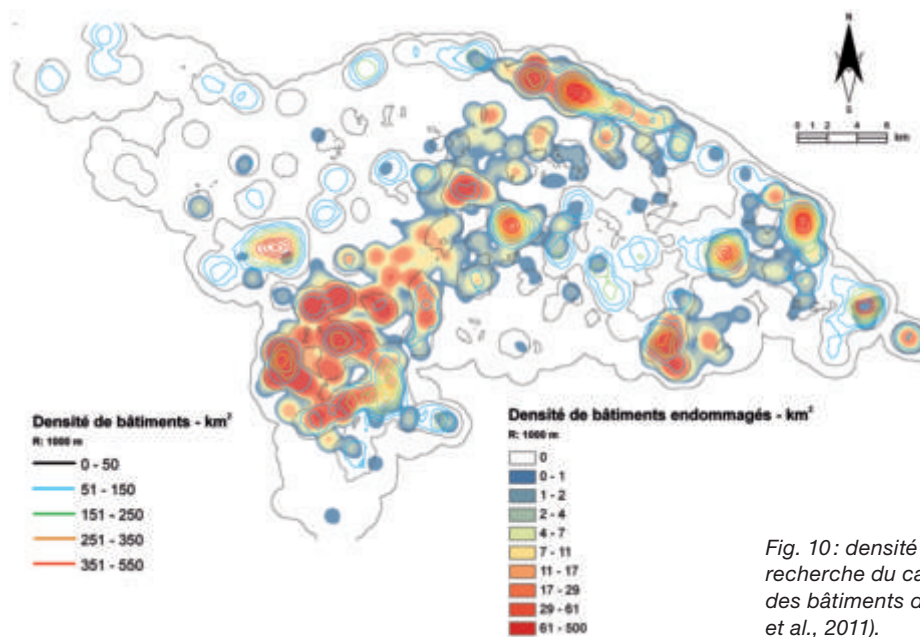


Fig. 10: densité des bâtiments endommagés par  $\text{km}^2$  (rayon de recherche du calcul 1 km); les isolignes décrivent la densité des bâtiments dans le canton de Thurgovie (d'après Choffet et al., 2011).

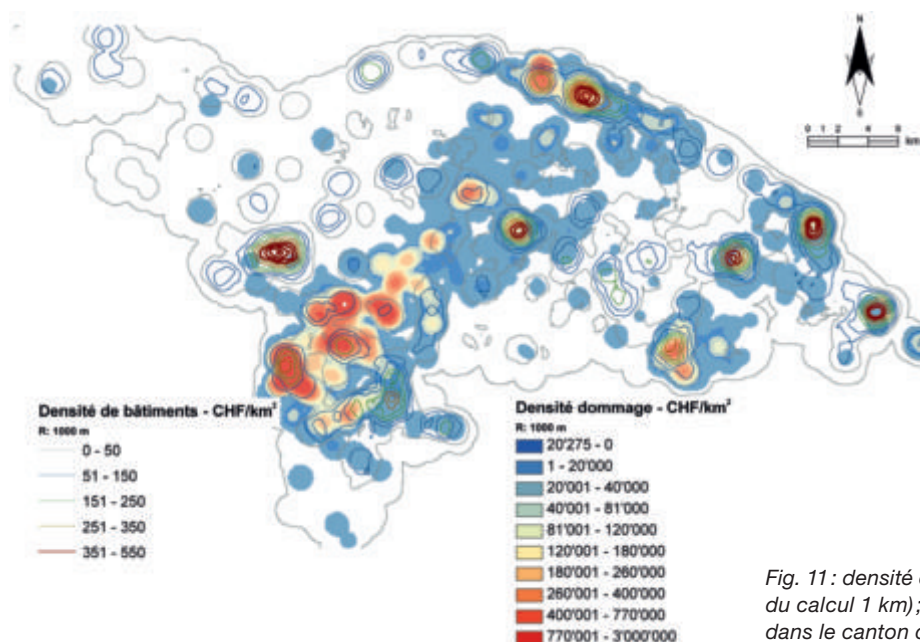


Fig. 11: densité des dommages en CHF/ $\text{km}^2$  (rayon de recherche du calcul 1 km); les isolignes décrivent la densité des bâtiments dans le canton de Thurgovie (d'après Choffet et al., 2011).

Ces chiffres ne permettent toutefois pas de conclure directement à l'intensité des dommages, ce qui exigerait de prendre en compte la densité de bâti géographiquement très variable. En divisant le nombre de bâtiments touchés par le nombre total des bâtiments existants par unité de surface, on obtient le pourcentage des bâtiments touchés par unité de surface, ce qui fournit une bonne mesure de l'intensité des dommages (fig. 12)<sup>3</sup>. Pour être précis, il faudrait toutefois opérer une distinction entre l'intensité des dommages et l'intensité de la grêle proprement dite (énergie cinétique des grêlons): la première dépend dans une large mesure de la vulnérabilité du bâtiment exposé à la grêle. En admettant un mélange relativement homogène de bâti-

ments fragiles et moins fragiles, la fig. 12 devrait toutefois donner une bonne impression des intensités de dommages survenus. Elle montre en particulier que deux couloirs de grêle distincts traversent le canton du sud-ouest au nord-est: l'un très intense d'une largeur de 8–10 km dans la partie centrale du canton et l'autre nettement plus faible d'environ 6 km de large à l'est.

En regardant de plus près la distribution des dommages, on peut constater une différenciation à très petite échelle, notamment perpendiculairement à la trajectoire: ainsi certaines localités ont été presque totalement épargnées, alors que presque tous les bâtiments de villages distants de seulement 3 km ont subi des dommages extrêmement forts (fig. 13).

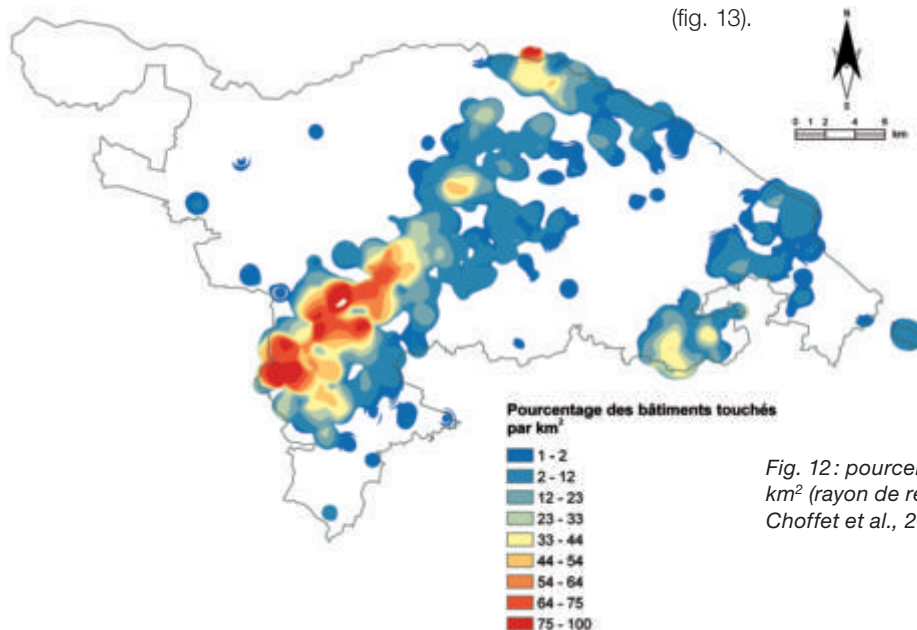


Fig. 12: pourcentage de bâtiments endommagés par km<sup>2</sup> (rayon de recherche du calcul 1 km; d'après Choffet et al., 2011).

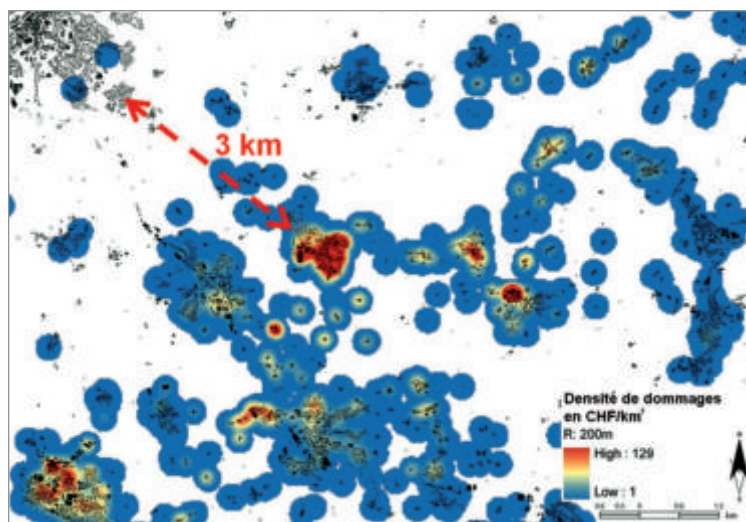


Fig. 13: extrait de la fig. 11, superposé à la couche thématique «bâtiments» du modèle numérique du paysage VECTOR25 de swisstopo pour illustrer la forte variabilité spatiale des dommages dus à la grêle (d'après Choffet et al., 2011; © swisstopo 2012).

<sup>3</sup> Le degré de dommage, soit le rapport entre le montant du dommage et la valeur d'assurance, par unité de surface décrirait mieux encore l'intensité des dommages; la distribution spatiale des valeurs d'assurance n'était cependant pas encore disponible pour la présente étude.

L'examen des dommages par commune permet de distinguer les trajectoires des deux couloirs de grêle et l'abrupt gradient transversal (fig. 14–17).

Le nombre le plus élevé de bâtiments touchés – plus de 1'400 – a été enregistré dans la commune d'Aadorf (fig. 14). Elle est entourée de communes qui ont généralement enregistré plus de 200 déclarations de sinistres. Des communes présentant un nombre comparable de dommages se trouvent en outre de manière isolée au lac de Constance, ainsi que vers le cours inférieur de la Sitter. Le nombre de bâtiments touchés dépend naturellement du nombre total de bâtiments existants et ne constitue donc pas un indicateur direct pour la gravité de la chute de grêle.

Il en va de même pour le montant des dommages par bâtiment, mais s'y ajoute en outre la valeur du bâtiment endommagé (fig. 15). Celle-ci est en moyenne tendanciellement plus élevée dans les agglomérations importantes qu'à la campagne. Dans l'ensemble, les deux cartes se ressemblent cependant beaucoup.

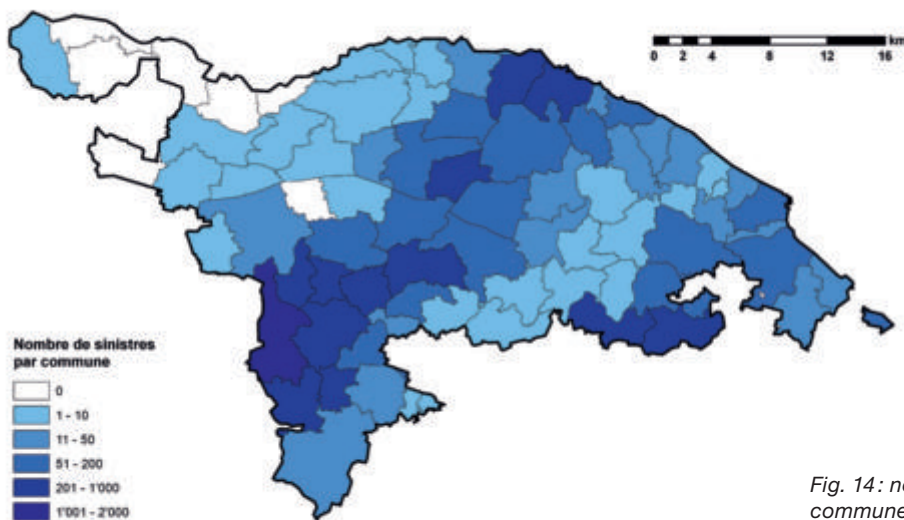


Fig. 14: nombre de bâtiments endommagés par commune (base cartographique: swisstopo).

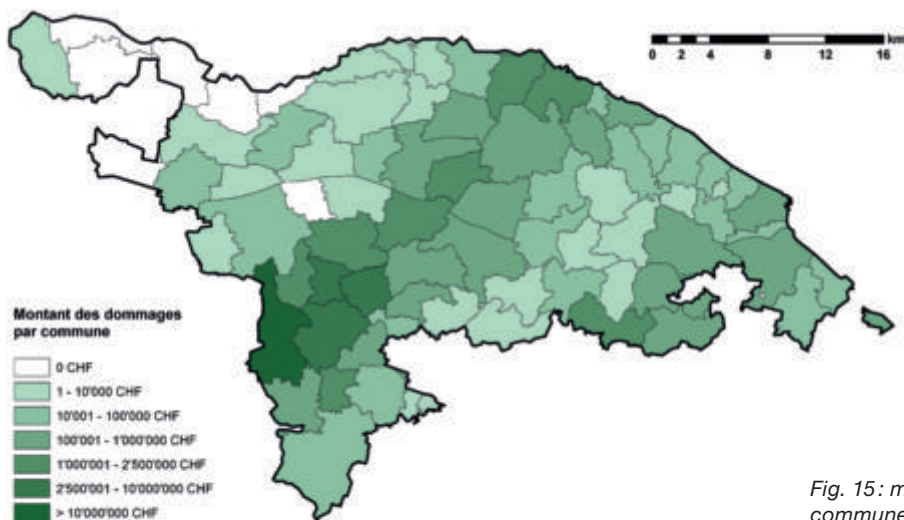


Fig. 15: montant des dommages aux bâtiments par commune (base cartographique: swisstopo).

La fig. 16 est le résultat de la division du contenu de la fig. 15 par celui de la fig. 14, et illustre le dommage moyen aux bâtiments dans les différentes communes. Ceci élimine l'influence du nombre différent de bâtiments par commune (mais pas celle des différentes valeurs de bâtiments). Le point crucial se déplace en conséquence sur les deux communes Lommis et Stettfurt, dans lesquelles le dommage moyen se situe nettement au-dessus de CHF 10'000, soit à peu près deux fois plus que la moyenne de toutes les communes.

La fig. 17 donne finalement une bonne impression de la gravité de l'événement de grêle en indiquant le pourcentage de bâtiments endommagés par rapport à l'ensemble des bâti-

ments par commune. Les deux chutes de grêle y apparaissent de nouveau clairement. On distingue en outre clairement le centre d'intensité dans le sud-ouest du canton, où en partie plus de 25% des bâtiments ont subi des dégâts, à Lommis environ 60% et à Stettfurt même 70%.

Il est révélateur de confronter le nombre de déclarations de sinistres aux montants des dommages triés par ordre descendant, comme le montre la fig. 18. Si tous les dommages étaient d'un montant parfaitement égal, la « courbe » se présenterait sous forme de bissectrice, tirée de l'angle inférieur gauche à l'angle supérieur droit. Mais puisque les montants de dommages sont différents, la courbe des dommages totaux s'approche en réalité d'une branche de parabole, l'importance de la courbure étant déterminée par la divergence entre les dommages les plus gros et les plus petits.

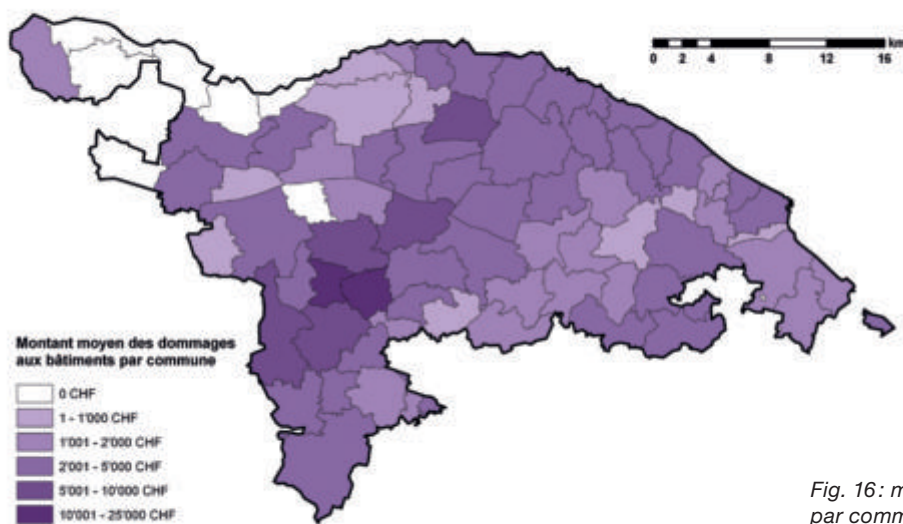


Fig. 16: montant moyen des dommages aux bâtiments par commune (base cartographique: swisstopo).

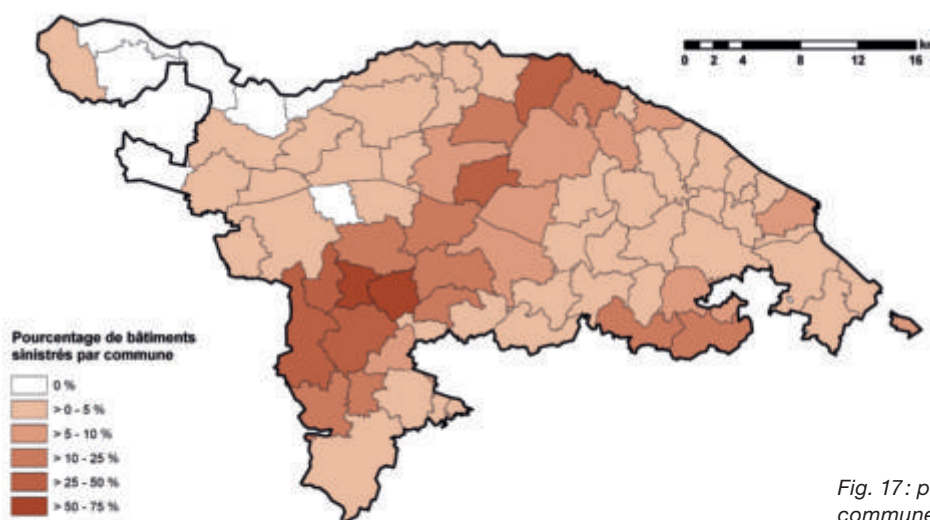


Fig. 17: part relative de bâtiments endommagés par commune (base cartographique: swisstopo).

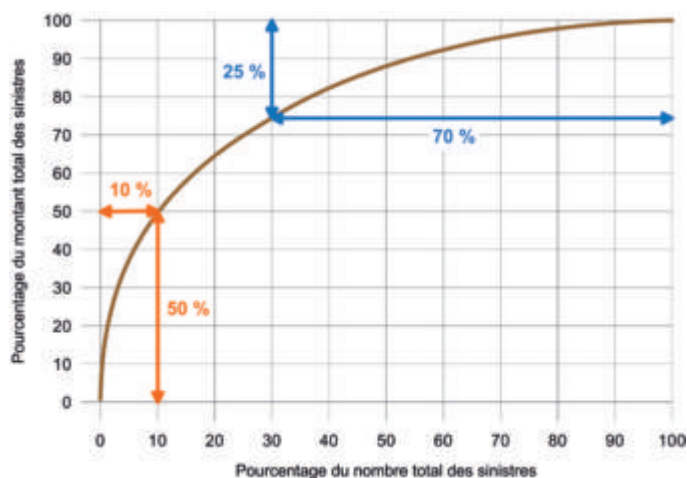


Fig. 18: relation entre les montants de dommages triés par ordre descendant et la somme totale des dommages (d'après Choffet et al., 2011).

Les deux extrémités de la courbe présentent un intérêt particulier :

- 10% des plus importants sinistres individuels (758 sur 7337 sinistres) sont responsables de 50% de la somme totale (brute) des dommages de près de CHF 47 millions. Un très faible nombre d'importants sinistres détermine donc dans une large mesure la somme totale des dommages. Ainsi, seuls six sinistres individuels (cinq sur des bâtiments industriels et un sur un bâtiment agricole) dépassent un montant de dommage de CHF 200'000 chacun et s'élèvent au total à CHF 1.6 millions, dont CHF 1 million sont imputables à des dommages sur des toits en ciment fibreux.
- En revanche, 70% des sinistres les plus petits n'atteignent ensemble que 25% de la somme totale des dommages. 1'778 cas se situent ainsi au-dessous d'un montant (brut) des dommages de CHF 1'500. En raison de leur nombre, ces dommages relativement faibles entraînent toutefois d'importants frais administratifs et logistiques.

La fig. 19 répète au fond le même contenu sous une autre forme : un grand nombre de petits dommages – 2/3 des cas s'élèvent à moins de CHF 5000 – s'opposent à une très faible part de gros dommages (> CHF 100'000). Les valeurs des différentes colonnes de la fig. 19 se recoupent par ailleurs à quelques points près avec les valeurs du canton de Vaud du 23 juillet 2009. La fig. 53 permet une comparaison avec les autres cantons touchés en 2009. Une analyse de l'Établissement cantonal d'assurance de Zurich (2011) a fourni en outre des chiffres similaires dans le contexte de la grêle du 24 juin 2002.

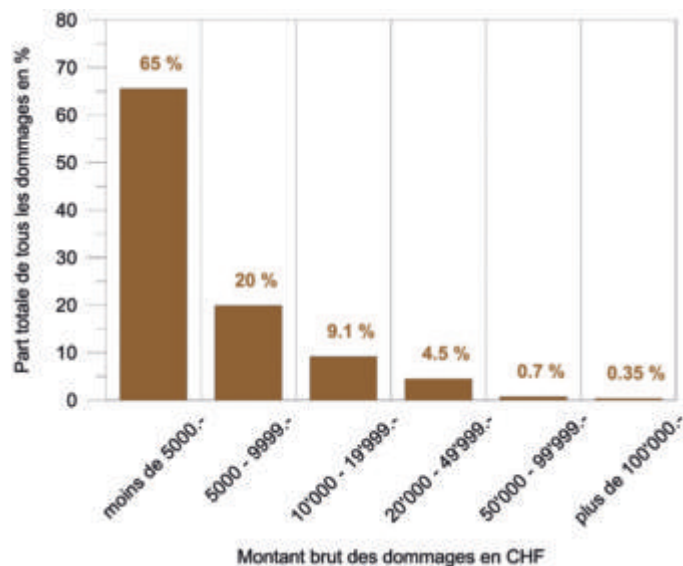


Fig. 19: structure de coût des dommages bruts aux bâtiments dus à la grêle : part relative des différentes classes de coûts dans le nombre total des sinistres (voir aussi fig. 53).

La fig. 20 présente une comparaison proportionnelle de l'affectation des bâtiments touchés par l'événement de grêle par rapport à celle de l'ensemble des bâtiments du canton de Thurgovie. Les maisons d'habitation y sont nettement surreprésentées. L'ensemble des bâtiments du canton de Thurgovie est toutefois fortement mélangé géographiquement. Il est donc peu vraisemblable que la prépondérance des maisons d'habitation repose sur le hasard et ne soit due qu'à la seule trajectoire des orages de grêle. D'autres raisons peuvent contribuer à une explication :

Thèse 1 : « Comparées à d'autres bâtiments, les maisons d'habitation sont moins résistantes à la grêle. »

Cela semble assez plausible : les maisons d'habitation modernes sont en effet souvent équipées d'éléments de construction plus sensibles à la grêle, par ex. les stores roulants et à lamelles, toitures en ciment fibreux, couvertures en tôle, crépi sur les isolations extérieures (cf. fig. 34). Il est toutefois pour le moins douteux que cela suffise en soi à expliquer la nette surreprésentation des maisons d'habitation.

Thèse 2: «Les propriétaires de maisons d'habitation sont plus exigeants, c'est-à-dire ils sont moins enclins à accepter qu'un dommage dû à la grêle d'ordre purement esthétique (non fonctionnel) ne soit pas indemnisé.»

Cela pourrait fournir une explication plausible pour la part nettement surproportionnelle de maisons d'habitations parmi les bâtiments touchés : alors que des détériorations d'ordre esthétique sur les «bâtiments utilitaires» tels que les granges, fabriques, industries ou centres commerciaux sont plus facilement acceptées, les dégâts esthétiques même des plus minimes dérangent de nombreux propriétaires de maisons. On peut faire en outre un constat de même nature en relation avec les sprayages.

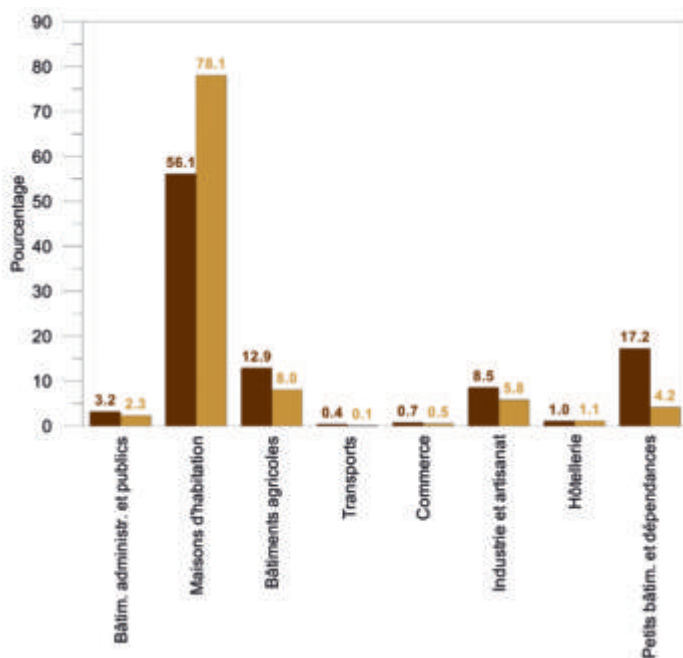


Fig. 20: part relative des catégories de bâtiments (affectation) dans le nombre total de bâtiments du canton de Thurgovie (colonnes sombres), ou dans le nombre de bâtiments endommagés (colonnes claires).

## 2.4 Résultats de l'analyse au niveau de l'«échantillon de dommages individuels»

Sur un échantillon de 500 bordereaux de sinistre (7% du nombre total de sinistres), il a été tenté d'identifier les éléments de construction touchés afin de les rendre utilisables pour l'analyse statistique de leur sensibilité à la grêle. A cet effet, les éléments de construction et leurs matériaux ont été répartis en catégories et leur importance relative examinée par rapport à l'ensemble des dommages. Les différents éléments de construction sont énumérés ci-après, avec une illustration à titre d'exemple (fig. 21):

Certaines catégories d'éléments de construction nécessitent une brève explication :

- «Intérieur du bâtiment» se réfère à des dommages survenus à l'intérieur du bâtiment. Ces derniers ne surviennent pas du fait de l'action directe de la grêle, mais en tant que dommages consécutifs de celle-ci. Par exemple : des dégâts d'eau au plafond en raison d'un toit non étanche ou de parquets gonflés par suite d'un contact prolongé avec l'eau.
- «Inconnu» désigne des éléments de construction dont le bordereau ne permet pas de définir la nature ; par ex. si elle mentionne seulement «travaux de peinture», il n'est pas clair si cela concerne des façades ou des (cadres) de fenêtres.
- «Autres» comprend d'une part tous les éléments de construction qui sont bien connus, mais n'entrent dans aucune des autres catégories, par ex. les luminaires, les capteurs de luminosité et de vent ; mais d'autre part, la catégorie comprend aussi des dépenses largement indépendantes des éléments de construction telles que les frais d'électricité.
- Pour les catégories «Nettoyage», «Prestations personnelles», «Mesures provisoires», «Intérieur du bâtiment» et «Inconnu», il ne s'agit pas à proprement parler d'éléments de construction, mais d'autres coûts induits apparaissant dans les bordereaux de sinistre. Elles ont également été saisies pour permettre d'en examiner le rapport coût-efficacité. Par souci de simplification, le terme «élément de construction» restera cependant utilisé, étant entendu qu'il englobe aussi ces cinq catégories.





Toit



Élément en saillie sur le toit



Lucarne



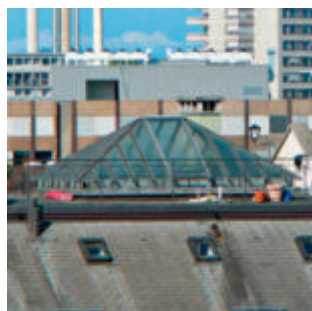
Paroi / façade



Fenêtre



Volets



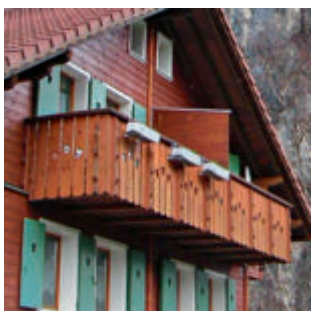
Imposte, coupole d'éclairage



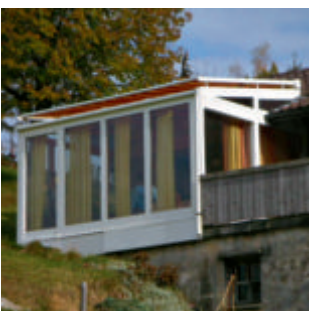
Stores (roulants, à lamelles)



Installation d'énergie solaire



Annexes de façade



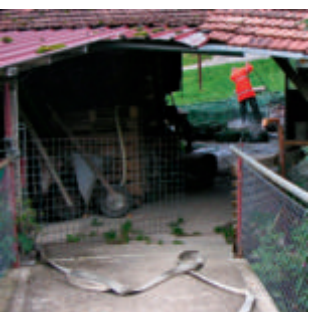
Jardin d'hiver



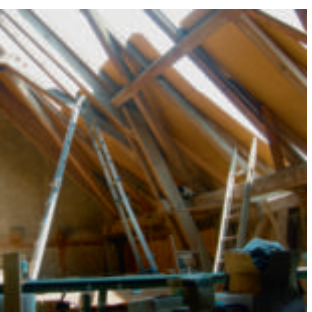
Serre



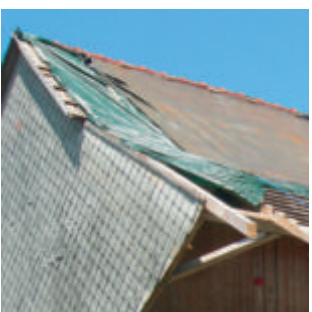
Portes / portails



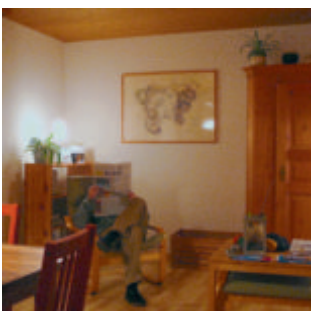
Nettoyage



Prestations personnelles



Mesures provisoires



Intérieur du bâtiment



Inconnu, information non disponible



Autres

Fig. 21 : catégories d'éléments de construction par fonction (photos : ECA TG et UIR).

## Dommages par genre et fonction des éléments de construction

Les analyses suivantes relatives aux éléments de construction ont été effectuées sur l'échantillon des 500 bordereaux de sinistre à notre disposition :

- part relative dans la somme totale des dommages (fig. 22)
- part relative dans le nombre total de dommages (fig. 23)
- montant moyen des dommages individuels (fig. 24)

L'analyse montre clairement que les **toits** constituent la catégorie la plus épineuse en termes d'importance des dommages. Ils constituent la plus grosse part de la somme totale des dommages (40%), sont fréquemment touchés (20% des sinistres concernent des toits), et le montant moyen des dommages individuels est également très élevé (env. CHF 7'000). Cette part significative n'est pas surprenante dans la mesure où, de tous les éléments de construction, les toits sont généralement les plus exposés à la grêle. Si leur objet principal est bien la protection contre les intem-

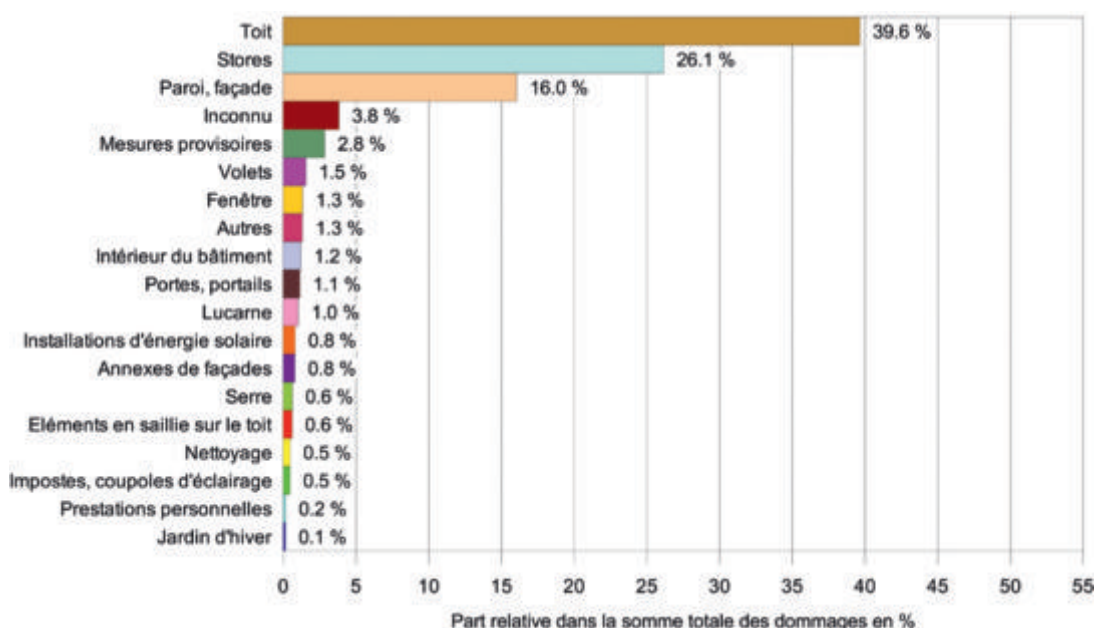


Fig. 22: part relative des différents éléments de construction dans la somme totale des dommages (sur la base de l'échantillon aléatoire).

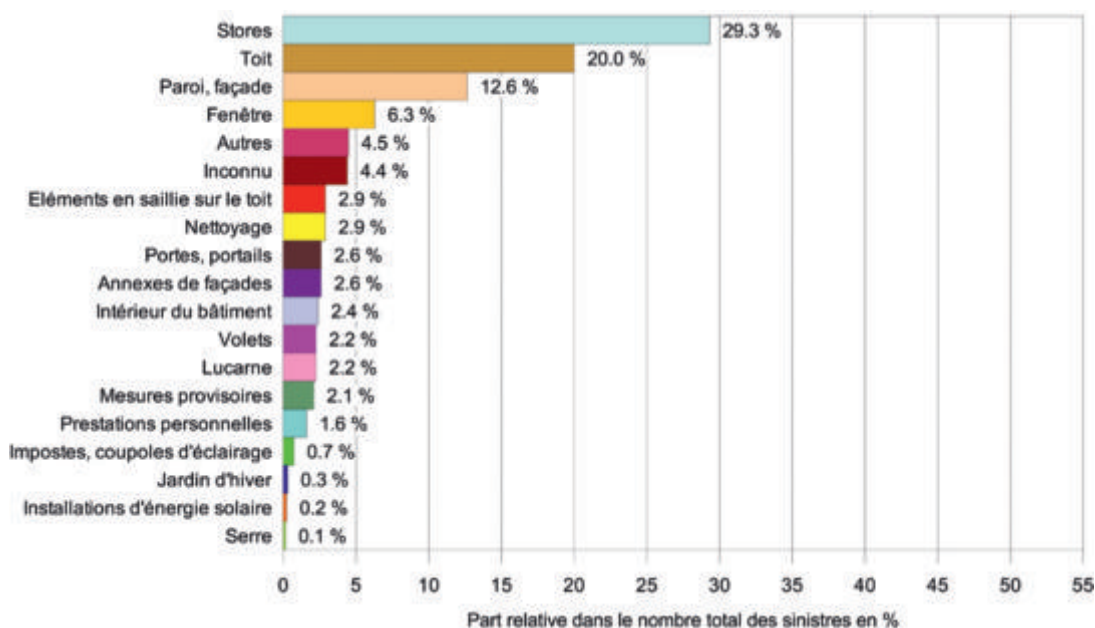


Fig. 23: part relative des différents éléments de construction dans le nombre total des sinistres (sur la base de l'échantillon aléatoire).

péries, rares sont pourtant les toits capables de résister sans dommages à des grêlons d'un diamètre de cinq à six centimètres.

D'autres catégories paraissent problématiques par leur proportion dans la somme totale des dommages: notamment les **stores** (comprenant les stores roulants<sup>4</sup> et à lamelles), qui représentent 26% du montant total des dommages, apparaissent au total le plus fréquemment dans les bordereaux avec un taux de 29% et coûtent tout de même CHF 3'000 en moyenne. Il faut relever à ce sujet que l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie n'indemnise qu'une moins-value pour les stores dont la fonctionnalité n'a pas souffert (mécanique, assombrissement), ce qui réduit le montant moyen des dommages. Les particularités des stores par rapport au danger de grêle sont examinées de plus près dans l'encadré ci-dessous.

### Les stores – un cas particulier

Une étude de l'Etablissement cantonal d'assurance de Zurich portant sur l'événement de grêle du 24 juin 2002 (ECA ZH, 2011) cite une proportion de stores roulants et à lamelles s'élevant à 60% des sinistres et à 89% de la somme des dommages, donc nettement plus que dans la présente étude. La divergence considérable ne peut pas s'expliquer uniquement par d'éventuels modes de construction différents dans les cantons de Zurich et de Thurgovie.

La cause est probablement à chercher ailleurs: l'orage de grêle du 24 juin 2002 a traversé le canton de Zurich entre 3h30 et 4h20 heure d'été d'Europe centrale (CEST); celui du 26 mai 2009 a traversé le canton de Thurgovie entre 15h30 et 16h00 CEST. Cela signifie que la population zurichoise avait dans une large mesure baissé les stores roulants et à lamelles, car l'événement s'est produit durant la nuit, courte en cette saison, où l'aube se lève très tôt. En revanche, dans le canton de Thurgovie, les stores étaient en majeure partie relevés – à l'exception des stores d'ombrage baissés de jour et des stores (inutilement) baissés pour protéger les vitrages – et n'ont ainsi à peu d'exceptions près pas subi l'effet de la grêle.

Les stores sont les seuls éléments de construction qui présentent une exposition à la grêle variable en fonction de la période de la journée. Cela ne s'applique pas aux volets, car, ouverts ou fermés, l'une de leurs faces est de toute manière exposée aux intempéries (en tous cas pour les volets simples).

La troisième catégorie significative dans les dommages est constituée des **parois/façades**, tant par les chiffres que par les coûts (16% de la somme totale des dommages, 13% des sinistres et un coût moyen de CHF 4'500). Il en va de même que pour les toits: leur objet premier est de protéger contre les intempéries, alors qu'elles ne sont habituellement pas conçues pour résister à des grêlons d'un diamètre dépassant cinq centimètres. Toutefois, du fait de leur disposition (parallèle à la direction de chute des grêlons, pour autant que ceux-ci ne soient pas déviés par un fort vent), les parois/façades sont en règle générale moins exposées aux chutes de grêle que les toitures.

Les coûts les plus élevés en moyenne sont cependant imputables aux serres<sup>5</sup> avec CHF 15'000 et aux installations d'énergie solaire avec CHF 13'000 (fig. 24). Mais comme tous deux n'apparaissent que rarement dans les bordereaux de sinistre (nettement en dessous de 1% chacun), leur importance reste toutefois faible en regard de la somme totale des dommages.

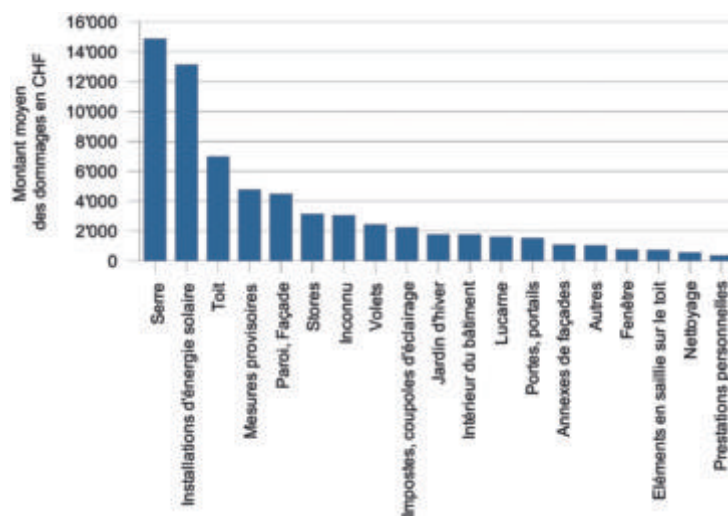


Fig. 24: montant moyen des dommages sur les différents éléments de construction (sur la base de l'échantillon aléatoire).

<sup>4</sup> Souvent appelés aussi «volets roulants». En raison de la distinction peu claire dans les bordereaux de sinistre, la présente étude l'inclut avec les stores à lamelles dans la catégorie «stores roulants et à lamelles».

<sup>5</sup> Les serres en film sont considérées comme des biens mobiliers et ne figurent donc pas dans les données de l'ECA TG sur les dommages.

Le tab. 1 est un assemblage des graphiques présentés aux fig. 22–24 : la part du nombre de dommages multipliée par le montant moyen des dommages détermine la part de la somme totale des dommages. Il apparaît ainsi par exemple que dans l'ensemble les toits contribuent le plus fortement à la charge des dommages : ils subissent souvent des dommages (en conséquence de leur exposition) et ceux-ci sont en moyenne assez importants, ce qui se traduit par la part la plus élevée dans la somme totale des dommages. Dans une moindre mesure, cela s'applique aussi aux stores et aux parois/façades. Le dégradé de couleurs permet d'identifier aisément les éléments de construction fragiles. Dans les tons rouges se retrouvent aussi, outre les trois éléments de construction mentionnés, les installations d'énergie solaire et les serres. Même si le rouge dans la colonne du montant moyen des dommages est compensé par le bleu dans la colonne de la part dans le nombre total de dommages, elles méritent une certaine attention : car si leur faible occurrence dans les données sur les dommages est due moins à leur résistance élevée à la grêle qu'à leur faible présence sur l'ensemble des bâtiments, un accroissement de ces éléments de construction pourrait cependant entraîner des problèmes à l'avenir. La question ne se posera probablement pas pour les serres, mais bien pour les installations d'énergie solaire. Il serait instructif dans ce contexte de connaître la proportion d'installation d'énergie solaire non

endommagées par rapport à l'ensemble des bâtiments. Ce chiffre intéressant ne nous est malheureusement pas disponible.

### Dommmages par matériaux des éléments de construction

Les bordereaux de sinistre donnent souvent une indication des matériaux constituant les éléments de construction endommagés (fig. 4), soit en les nommant directement (« verre », « tôles de couverture »), soit parce que l'élément de construction endommagé permet d'en déduire les matériaux (« travaux de peinture », « vitrages »). A peu près dans la moitié des cas on ne peut au mieux que supposer quels sont les matériaux endommagés (« lucarne », – verre ou matière synthétique? « stores » – métal ou matière synthétique?). Cela se reflète dans la part importante de 50% qu'occupe la catégorie de matériaux « inconnu » dans les fig. 26 et 27. « Inconnu » ne signifie toutefois pas que l'estimateur n'était pas en mesure de déterminer les matériaux en question, mais simplement que ceux-ci ne figurent pas dans les bordereaux sous une forme indubitablement identifiable. (Il faut rappeler ici que les bordereaux n'ont pas été établies dans le but de servir de base pour des analyses quantitatives.)

Élément de construction	Part dans le nombre de dommages en %	Montant moyen des dommages en CHF	Part dans la somme totale des dommages en %
Toit	20.0	6'975	39.6
Stores	29.3	3'139	26.1
Paroi, façade	12.6	4'466	16.0
Inconnu	4.4	3'051	3.8
Mesures provisoires	2.1	4'764	2.8
Volets	2.2	2'425	1.5
Fenêtre	6.3	742	1.3
Autres	4.5	1'028	1.3
Intérieur du bâtiment	2.4	1'761	1.2
Portes, portails	2.6	1'529	1.1
Lucarne	2.2	1'604	1.0
Installations d'énergie solaire	0.2	13'132	0.8
Annexes de façades	2.6	1'070	0.8
Serre	0.1	14'860	0.6
Éléments en saillie sur le toit	2.9	720	0.6
Nettoyage	2.9	563	0.5
Impostes, coupoles d'éclairage	0.7	2'231	0.5
Prestations personnelles	1.6	349	0.2
Jardin d'hiver	0.3	1'770	0.1

Tab. 1 : synthèse de l'importance des différents éléments de construction dans la charge des dommages (sur la base de l'échantillon aléatoire).

Les catégories de matériaux suivants ont été distinguées (fig. 25):



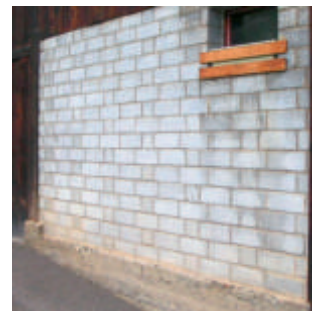
*Ciment fibreux*



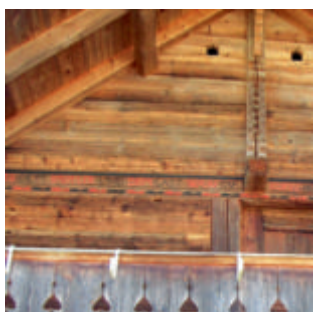
*Tuile*



*Pierre naturelle*



*Pierre artificielle*



*Bois*



*Tôle/métal*



*Verre*



*Crépi*



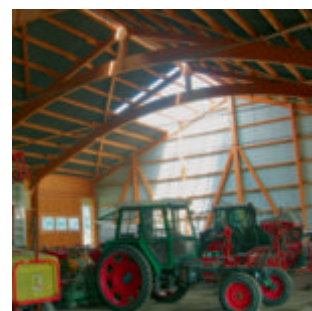
*Peinture*



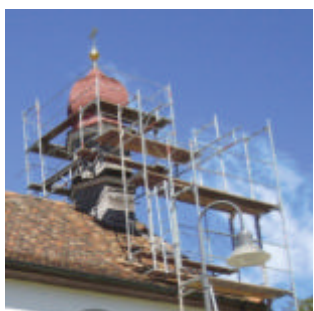
*Matière synthétique*



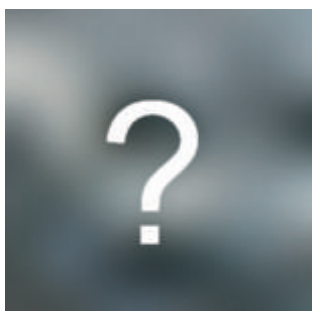
*Lés d'étanchéité*



*Intérieur du bâtiment*



*Matériau provisoire*



*Inconnu, information non disponible*

*Fig. 25: catégories d'éléments de construction par matériaux (photos: ECA TG et UIR).*

Pour ce qui est de la catégorie «inconnu», on ne peut pas d'emblée supposer qu'elle englobe les catégories de matériaux dans une proportion à peu près identique à celle des catégories «connues» aux fig. 26 et 27: du fait que pour certains éléments de construction seuls des matériaux déterminés entrent en ligne de compte, ils n'apparaissent pas ou à peine dans la catégorie «inconnu». Par contre, les éléments de construction constitués de matériaux différents et souvent non spécifiés dans les bordereaux de sinistre (surtout les stores) sont nettement surreprésentés. Cette disproportion se reporte sur les parts de matériaux connus, ce dont il faut tenir compte dans l'interprétation.

Malgré la proportion élevée de matériaux «inconnus», l'analyse autorise certaines déductions sur la nature des matériaux qui ont particulièrement souffert de la grêle. En termes de part dans le montant des dommages, il s'agit de la catégorie «**ciment fibreux**» à raison de 16%. Déjà la fig. 23 atteste de la place importante qu'occupent les toits et façades dans la somme des dommages, et c'est précisément là que se trouve le champ d'application du ciment fibreux, qui se révèle être le véritable générateur de coût.

Il en va presque de même pour les **peintures**, avec 15%. En raison de leur vaste diffusion, leur fréquence, leur appli-

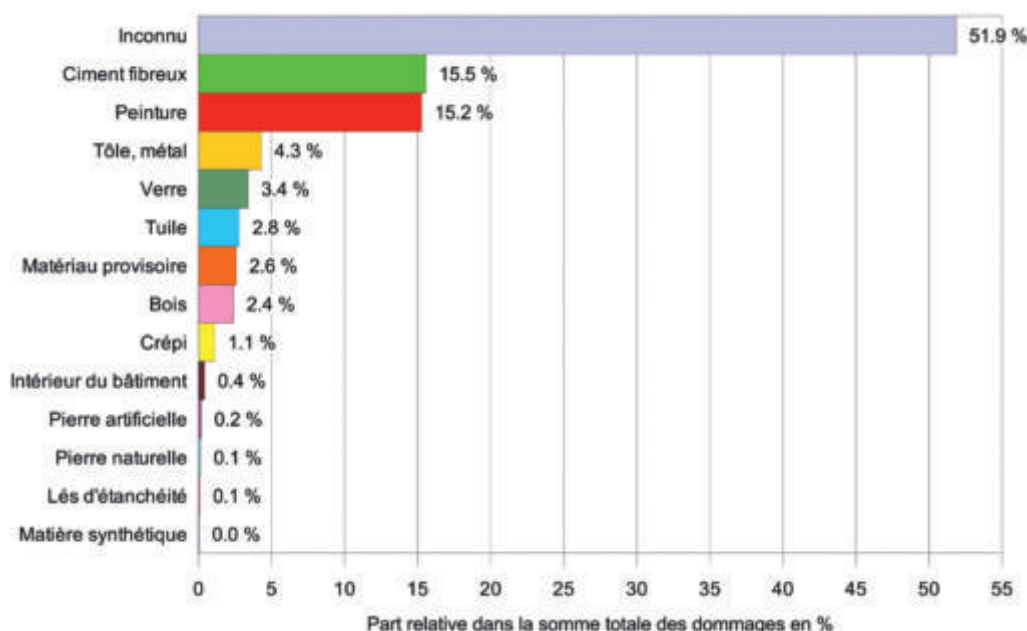


Fig. 26: part des différents matériaux dans la somme totale des dommages (sur la base de l'échantillon aléatoire).

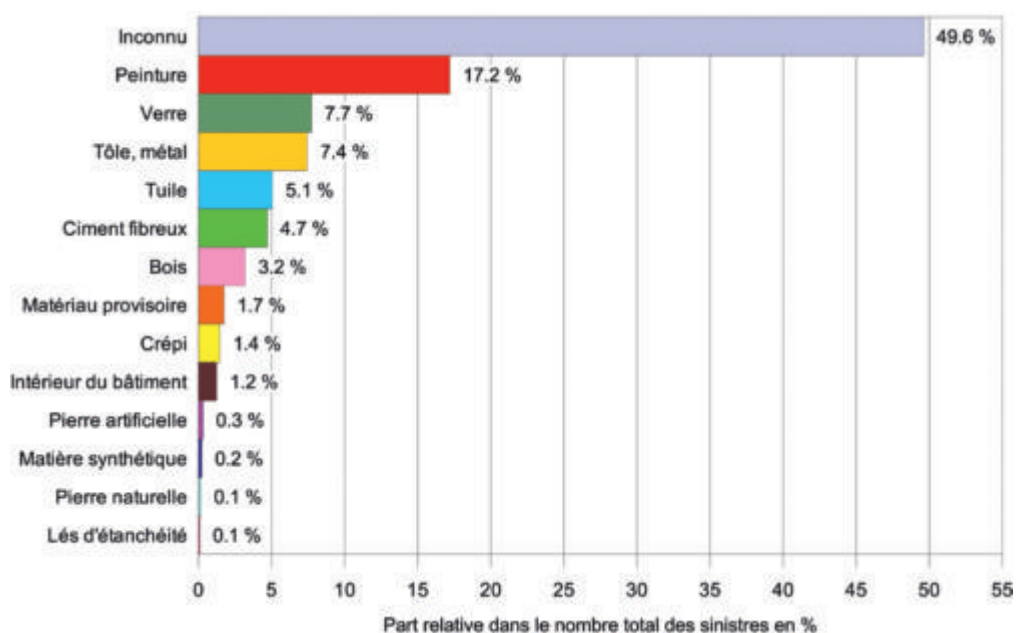


Fig. 27: part des différents matériaux dans le nombre total des sinistres (sur la base de l'échantillon aléatoire).

cation sur de grandes surfaces et leur exposition prononcée, il va de soi que les peintures souffrent des conséquences de la grêle. Il ne s'agit alors pas uniquement de dommages esthétiques, car la peinture exerce aussi une fonction de protection en empêchant la pénétration de l'eau dans le matériau sous-jacent (en particulier le bois) et agit ainsi contre les intempéries, les attaques de champignons et d'insectes.

Viennent ensuite les catégories **tôle/métal** avec 4% et **verre** avec 3%. Là aussi, ces matériaux s'utilisent sur d'assez grandes surfaces et, lorsqu'ils sont endommagés, entraînent des coûts par conséquent élevés.

Comparée au ciment fibreux, la **tuile** s'en tire nettement mieux avec seulement 3% du montant des dommages.

En ce qui concerne la fréquence des dommages, les peintures viennent avec 17% en première place des matériaux « connus » (fig. 27). Ceci s'explique par leur présence généralisée, leur exposition et leur application sur de grandes surfaces. Le verre est nettement en retrait avec 8%. Ceci aussi est en premier lieu une conséquence de l'exposition, puisque le verre se retrouve sur les toits et les façades, et s'utilise pour les serres et jardins d'hiver. La catégorie tôle/métal suit immédiatement avec 7%. Même si la tôle s'utilise depuis des décennies pour les gouttières et les bordures, l'architecture moderne y recourt de manière sensiblement accrue, en particulier sur les toits plats et les façades de bâtiments industriels (fig. 34). En outre, l'épaisseur des tôles mises en œuvre tend à s'amenuiser ces dernières décennies. Par ailleurs, la plupart des stores roulants et à lamelles entrent aussi dans la catégorie « tôle » qui – comme l'indique la fig. 23 – représente une part importante des sinistres (et se cachent en outre pour la plupart dans la catégorie « inconnu » de la fig. 27).

La comparaison est intéressante entre les catégories « ciment fibreux » et « tuile » de 5% chacune: quant à leur présence dans les bordereaux de sinistre, toutes deux ont une fréquence comparable. Par contre, pour ce qui est de la part dans la somme des dommages, le ciment fibreux domine largement – manifestement les dommages aux surfaces en ciment fibreux sont nettement plus coûteux que les dommages aux tuiles. Cela devrait être en rapport avec le fait qu'un toit en ciment fibreux doit généralement être remplacé dans son entier; pour un toit en tuiles, par contre, il suffit souvent de remplacer les tuiles endommagées. En raison de sa fréquence d'utilisation, de sa vulnérabilité à la grêle et du dommage moyen élevé le ciment fibreux constitue un problème sérieux. Sur la base des données disponibles, il est difficilement possible d'évaluer l'importance du vieillissement, c'est-à-dire si du ciment fibreux neuf est nettement plus résistant à la grêle que le ciment fibreux vieilli et s'il s'agit de matériaux vieillis dans la majeure partie des toits en ciment fibreux. Dans ce cas, des efforts seraient particu-

lièrement bienvenus de la part des fabricants pour réduire le processus de vieillissement et l'affaiblissement dont il s'accompagne.

La fig. 28 atteste elle aussi des coûts moyens élevés du ciment fibreux endommagé: avec CHF 12'000, le ciment fibreux occupe clairement la première place; par contre, les dommages aux tuiles s'élèvent en moyenne à un montant relativement modeste de CHF 2'000. Les coûts également assez importants pour les matériaux provisoires – toitures provisoires, échafaudages – proviennent certainement moins des matériaux en soi que de la charge de travail impliquée pour leur montage et démontage.

La valeur pour les lés d'étanchéité figurant également parmi les matériaux les plus chers n'est pas significative, car la part des lés d'étanchéité indiquée par le diagramme repose sur un seul sinistre de l'échantillon aléatoire. Il en va de même pour la pierre naturelle qui n'est représentée que par deux cas dans l'échantillon sous forme de toits d'ardoises.

Le tableau 2 récapitule les résultats examinés plus haut et met en évidence les matériaux problématiques par un dégradé de couleurs. Outre le ciment fibreux déjà mentionné à plusieurs reprises, il s'agit de peintures, lasures et vernis rassemblés sous « peinture », et notamment des matériaux groupés dans la catégorie « inconnu ». Ces derniers, selon la définition de la catégorie, ne sont en principe pas connus; l'examen des données montre toutefois que dans plus de la moitié de ces cas, il s'agit de stores roulants ou à lamelles. La spécification des matériaux fait défaut dans le détail des cas, mais on peut dire que dans l'ensemble les stores sont constitués en premier lieu de tôles en alliage léger, et en second lieu de matière synthétique. La catégorie tôle/métal est ainsi à coup sûr nettement sous-représentée dans l'analyse avec 4% de la somme totale des dommages. En admettant que la moitié des cas impliquant des matériaux inconnus concerne les stores et que ces derniers sont

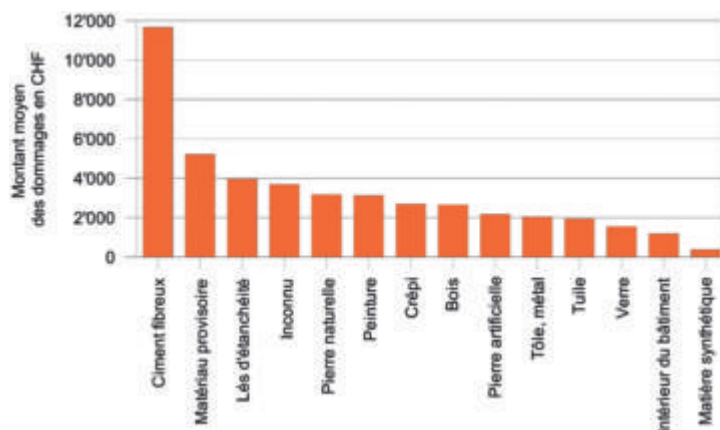


Fig. 28: montant moyen des dommages pour les différents matériaux (sur la base de l'échantillon aléatoire).

constitués pour ¾ en tôle, il en résulte que la catégorie tôle/métal contribue pour bien plus de 10% à la somme totale des dommages et mérite en conséquence d'être représentée dans les tons rouges. Les analyses sur les éléments de construction (fig. 22 et 23) confirment qu'il s'agit de bien plus qu'une pure supposition. Il serait également intéressant pour l'analyse de connaître la répartition des matériaux non seulement en fonction des éléments de construction endommagés, mais également en fonction de l'ensemble du parc construit – les chiffres requis à cet effet ne sont cependant pas non plus disponibles.

## 2.5 Résultats de l'analyse au niveau des 5% des plus gros dommages individuels

Les mêmes analyses que pour l'échantillon aléatoire ont également été effectuées sur 5% des plus gros dommages individuels (360 bordereaux de sinistres). Selon la fig. 18, ceux-ci sont responsables de plus d'un tiers de la somme totale des dommages. Sur la base de ce constat, on peut donc s'intéresser à déterminer quels éléments de constructions et matériaux sont essentiellement responsables de cette part considérable. Sans surprise, la plupart de ces plus gros dommages individuels se trouvent dans le maximum d'intensité de l'événement de grêle: 80% d'entre eux ont touché les communes d'Aadorf, de Lommis, de Stettfurt, de Thundorf et de Wängi.

### Dommages par genre et fonction des éléments de construction

Lors de l'examen en fonction des éléments de construction concernée, les résultats diffèrent sensiblement de ceux de l'échantillon aléatoire: pour ce qui est du montant des dommages, les toits dominent encore plus nettement – ils sont responsables de 55% du montant des dommages (fig. 29). Cela se comprend aisément si l'on considère que les dom-

mages aux toits sont importants de manière générale. Avec 14%, les parois et façades sont présentées avec à peu près la même importance que dans l'échantillon aléatoire. Par contre, les stores sont en net recul et avec 12% n'atteignent même pas la moitié de la part à l'échantillon aléatoire. Cela n'est guère surprenant avec un montant moyen des dommages de CHF 3'000 par cas. En revanche, avec tout de même 3%, les serres sont bien plus fortement représentées parmi les 5% des plus gros dommages individuels – elles constituent l'élément de construction dont le dommage moyen est le plus élevé (CHF 15'000); du fait de leur faible nombre parmi les sinistres, il n'est cependant pas possible d'en tirer des conclusions significatives. Avec bien 2%, les dommages à l'intérieur du bâtiment sont représentés deux fois plus fortement que dans l'échantillon aléatoire. Cela semble plausible, car les dommages à l'intérieur du bâtiment présupposent une enveloppe de bâtiment non étanche (par ex. toits ou lucarnes traversés). De tels cas sont apparus surtout en relation avec des intensités de grêle particulièrement élevées. Les autres éléments de construction représentent au maximum 2% de la somme totale des dommages.

Pour ce qui est des dommages les plus représentés, les stores sont en net recul en faveur des toits, parois et façades (fig. 30). Les bâtiments touchés ont dû se trouver au centre des couloirs de grêle, car l'endommagement de toits et parois/façades implique des intensités plus élevées que pour les stores. Le fait aussi que dans cette catégorie les dommages à l'intérieur du bâtiment sont presque trois fois plus fréquents indique des intensités plus élevées.

### Dommages par matériaux des éléments de construction

La part élevée des toits et parois/façades dans le montant des dommages parmi les 5% des plus gros dommages individuels se reflète également dans les matériaux: 35% des

Matériel	Part dans le nombre de dommages en %	Montant moyen des dommages en CHF	Part dans la somme totale des dommages en %
Inconnu	49.6	3'679	51.9
Ciment fibreux	4.7	11'660	15.5
Peinture	17.2	3'123	15.2
Tôle, métal	7.4	2'036	4.3
Verre	7.7	1'543	3.4
Tuile	5.1	1'939	2.8
Matériau provisoire	1.7	5'212	2.6
Bois	3.2	2'647	2.4
Crépi	1.4	2'684	1.1
Intérieur du bâtiment	1.2	1'176	0.4
Pierre artificielle	0.3	2'166	0.2
Pierre naturelle	0.1	3'164	0.1
Lés d'étanchéité	0.1	3'961	0.1
Matière synthétique	0.2	367	0.0

Tab. 2: synthèse de l'importance des différents matériaux dans la charge des dommages (sur la base de l'échantillon aléatoire).



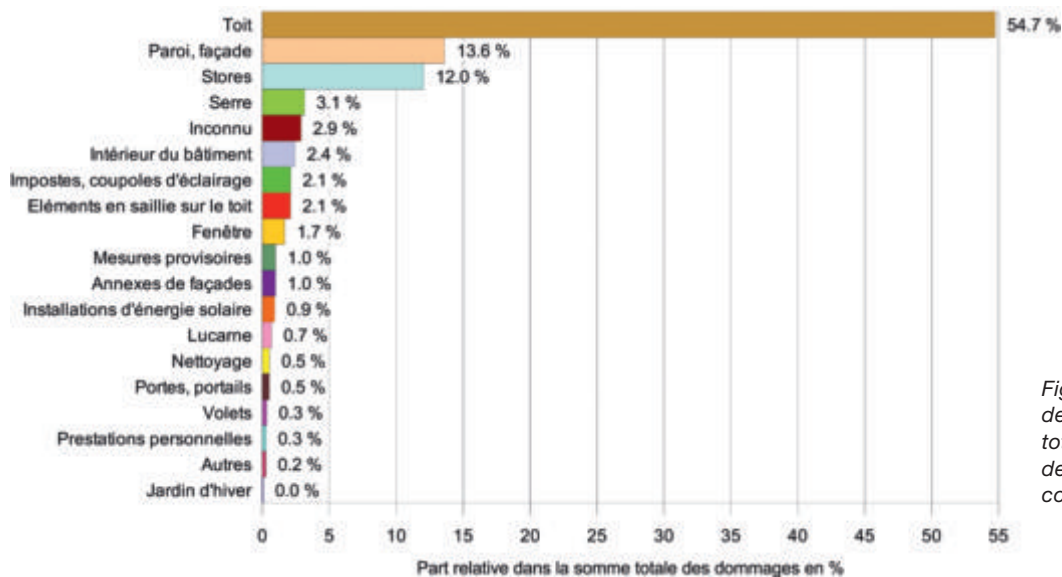


Fig. 29 : part des différents éléments de construction dans la somme totale des dommages (sur la base des 5% des dommages les plus coûteux).

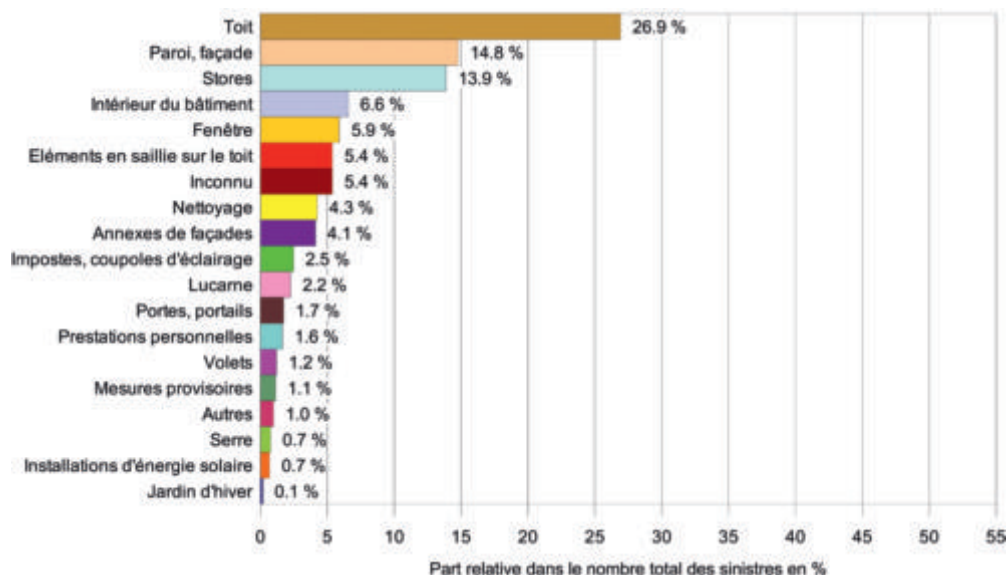


Fig. 30 : part des différents éléments de construction dans le nombre total des sinistres (sur la base des 5% des dommages les plus coûteux).

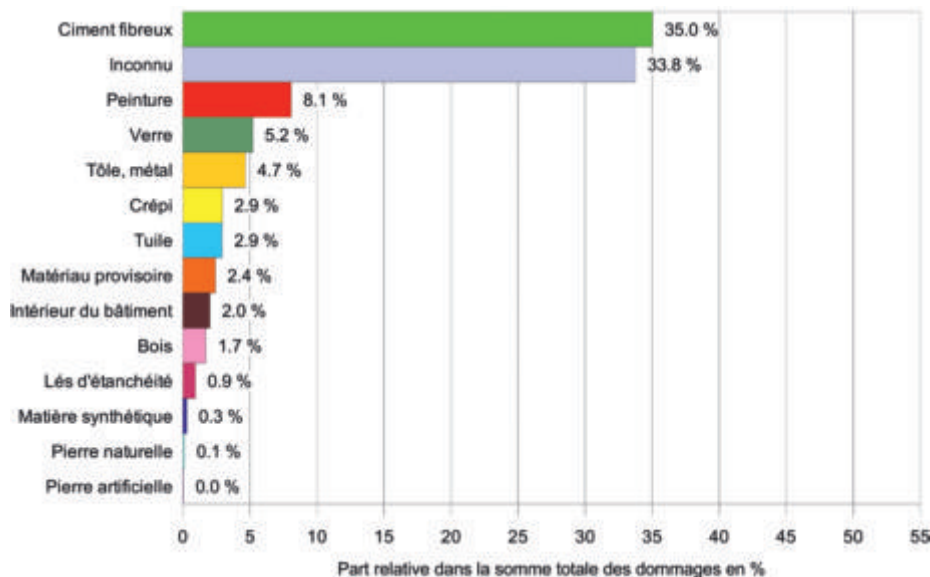


Fig. 31 : part des différents matériaux dans la somme totale des dommages (sur la base des 5% des dommages les plus coûteux).

dommages incombent au ciment fibreux, 8% à la peinture (fig. 31). La problématique du ciment fibreux apparaît ici de manière encore plus marquée : les coûts engendrés par le ciment fibreux endommagé sont 12 fois plus importants que ceux des tuiles. Il s'agit toutefois de considérer que les grandes constructions sont surreprésentées dans les bâtiments les plus fortement endommagés, et sont rarement recouvertes de tuiles. La part du verre (5%), de crépi (3%) et des dommages à l'intérieur du bâtiment (2%) est également plus élevée que dans l'échantillon aléatoire, ce qui est probablement en relation avec la plus forte intensité de grêle à laquelle sont exposés les bâtiments figurant parmi les 5% des dommages les plus coûteux. La part des catégories tuiles et tôle/métal est en revanche presque identique (près de 5%). Le bois notamment est moins représenté.

Pour ce qui est de la part du nombre de sinistres, on peut là aussi dire qu'avec 12% le ciment fibreux apparaît deux fois plus fréquemment dans les bordereaux de sinistre que dans l'échantillon aléatoire, alors que les tuiles sont légèrement sous-représentées (fig. 32). Peinture, verre et tôle/métal sont eux aussi proportionnellement moins représentés. En revanche, le crépi et les dommages à l'intérieur du bâtiment apparaissent à peu près deux fois plus fréquemment, ce qui peut s'expliquer par la concentration des 5% des cas les plus coûteux dans le maximum d'intensité de l'événement de grêle.

Pour ce qui est de la catégorie tôle/métal, on peut répéter dans une moindre mesure le constat déjà fait par l'analyse de l'échantillon aléatoire : les stores contribuent pour 12% au montant des dommages, alors que la catégorie tôle/métal seulement pour 5%. La catégorie « inconnu » s'élève par contre à 34%. Elle devrait là aussi se composer surtout de stores, dont les matériaux ne sont pas connus dans les cas particuliers, mais sont essentiellement constitués de tôle/métal.

En résumé, les analyses menées sur l'échantillon aléatoire et sur les 5% des plus gros dommages permettent de tirer des conclusions claires : les problèmes principaux se situent sans surprise dans les éléments de construction toit, paroi/façade et stores, et clairement dans les matériaux en ciment fibreux, peintures et tôle/métal. Ces résultats tout de même explicites peuvent servir de base de discussion avec les fabricants, les architectes et les entreprises de construction. Il importe toutefois de garder à l'esprit que l'événement de grêle du 26 mai 2009 aura été un événement d'une intensité extraordinaire. Même des matériaux présentant une résistance à la grêle adaptée à la situation de risque (RG 3 ; cf. fig. 58) n'auraient pas résisté à la grêle dans la zone principale de sinistres.

### Dommages en fonction de l'année de construction

Il s'agissait d'examiner aussi si les données disponibles confirment la thèse avancée dans ECA (2007b) selon laquelle la construction des enveloppes de bâtiments avait récemment tendance à devenir moins résistantes à la grêle. Toutefois, l'enveloppe d'un bâtiment ne constitue pas une unité et il n'y a pas de données disponibles sur l'ancienneté des éléments d'enveloppes de bâtiments. Par contre, les données de l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie contiennent l'année de construction de 6'208 bâtiments endommagés. La plage s'étend du moyen âge à notre époque. Il est clair que l'année de construction ne peut pas être comparée à l'ancienneté des différents constituants des enveloppes de bâtiments – précisément dans les bâtiments anciens, au moins certaines parties ont dû être remplacées dans le cadre du cycle normal de rénovation ou en raison d'anciens dommages causés par les intempéries (toits, façades, fenêtres). Et pourtant, l'année de construction est dans une certaine mesure un indicateur du mode de construction : une maison d'habitation des premières dé-

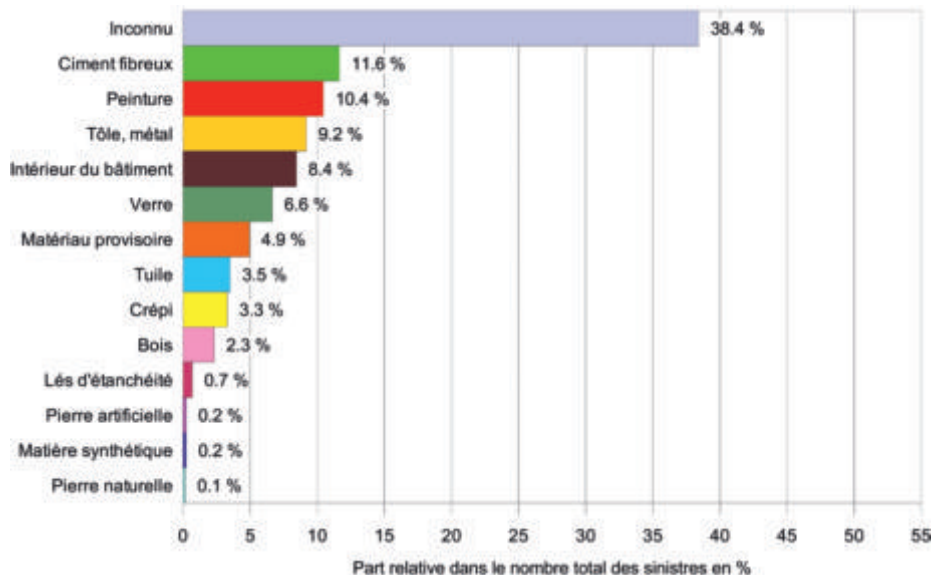


Fig. 32 : part des différents matériaux dans le nombre total des sinistres (sur la base des 5% des cas les plus coûteux).

cennies du 20<sup>e</sup> siècle comporte typiquement un toit à deux pans, des fenêtres relativement petites munies de volets et une maçonnerie de briques crépies (fig. 33). Même dans le cadre d'une rénovation profonde, le caractère de sa construction devrait rester conservé dans une large mesure. Si malgré tout des matériaux et éléments de construction modernes ont été mis en œuvre à grande échelle (par ex. isolation extérieure, remplacement de la couverture de tuiles par du ciment fibreux), cela signifie, sous réserve de

l'exactitude de la thèse ci-dessus, que la résistance à la grêle s'en trouverait plutôt amoindrie. Donc, au cas où des bâtiments anciens même modernisés de cette manière devaient présenter une vulnérabilité à la grêle moindre que celles de bâtiments récents, la thèse d'un accroissement de la vulnérabilité s'en trouverait renforcée.



Fig. 33: mode de construction ancien – maison d'habitation (année de construction 1904) et bâtiment industriel (année de construction 1917). L'enveloppe du bâtiment est constituée surtout de matériaux relativement résistants à la grêle tels que la tuile (toits), le crépi sur maçonnerie (façade) et le bois massif (volets, annexes en façade, portes). Les pans débordants de la toiture protègent assez efficacement la façade contre les chutes de grêle (photos: UIR).



Fig. 34: mode de construction moderne – maison d'habitation (année de construction 1999) et bâtiment industriel (année de construction 1972, transformation/nouveau revêtement de façade 2002/03). L'enveloppe du bâtiment est constituée de matériaux relativement sensibles à la grêle tels que la tôle (façade, stores à lamelles, revêtements, annexes en façade), le ciment fibreux (toiture), la matière synthétique (avant-toits) et des surfaces en bois peintes (façade). Les pans du toit ne protègent pas ou à peine contre la grêle (photos: UIR).

Pour examiner la question, seuls des bâtiments construits dès 1935 ont été retenus (4'738 bâtiments endommagés). La raison en est que l'année de construction des bâtiments nettement plus anciens n'est souvent pas fiable, ce qu'indique le fait que le nombre d'indication d'années ou de siècle ronds (1900, 1910, 1920, ...) est nettement plus élevé dans les données que celui des années intermédiaires; en outre, les années antérieures à environ 1945 n'apparaissent qu'en faible nombre dans les données sur les dommages (fig. 35).

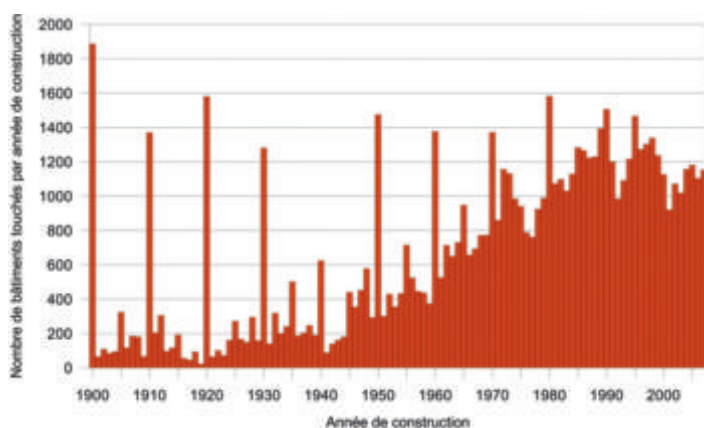


Fig. 35: nombre de bâtiments par année de construction dans le canton de Thurgovie.

Afin d'examiner d'éventuelles variations de la vulnérabilité des bâtiments à la grêle, la part relative des bâtiments endommagés sur le nombre total a été déterminée pour chaque année de construction dans toutes les communes touchées par les dommages de grêle du 26 mai 2009. La fig. 36 présente réellement de nettes différences: entre les années 1935 et 1955, les valeurs accusent des fluctuations annuelles se situant autour de 5%. La fluctuation prononcée devrait être liée au faible nombre de bâtiments dans cette période. Entre les années 1955 et environ 1980, on constate ensuite un léger accroissement à environ 9%, puis un repli à env. 6% jusqu'à l'année de construction 2000. Au cours des années suivantes, la courbe rebondit à env. 17%, soit plus

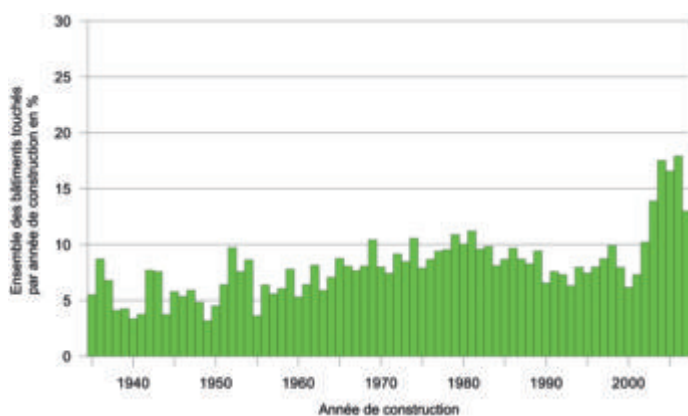


Fig. 36: pourcentage de bâtiments endommagés sur l'ensemble des bâtiments des communes concernées de Thurgovie, en fonction de l'année de construction.

du double de la valeur moyenne des années précédentes. Se pose alors la question de savoir s'il s'agit d'une exception, d'une anomalie, car seules les cinq dernières années de construction dépassent nettement le niveau des années précédentes. D'un autre côté, le nombre de bâtiments est relativement élevé, ce qui exclut dans une large mesure une fluctuation aléatoire.

Comment une hausse à court terme aussi marquée s'explique-t-elle? Le mode de construction a-t-il tellement changé en si peu de temps dans le sens d'une moindre résistance à la grêle? Ou l'augmentation frappante provient-elle du fait que les propriétaires de nouveaux bâtiments sont plus enclins à annoncer tout dommage aussi minime soit-il? Il est notoire que les heureux propriétaires d'un bien précieux, que ce soit un bâtiment, un véhicule, une montre ou un meuble, ne souffrent jamais tant des rayures et éraflures que lorsqu'elles surviennent sur son objet flambant neuf, intact jusqu'alors. Il en ressort que la hausse prononcée à l'extrémité droite du graphique est moins le signe d'une vulnérabilité changée que d'une attention accrue envers les dommages.

Un moyen de tirer cette question au clair est d'exécuter l'analyse correspondante uniquement sur les maisons d'habitation (affectation 20–29 du code AEAI; cf. annexe B), car le lien émotionnel des propriétaires devrait y être le plus fortement marqué (cf. remarques sur la fig. 20). La fig. 37 en présente le résultat: l'évolution du graphique ressemble fortement à la fig. 36, si ce n'est que la hausse dès 2001 est encore plus fortement marquée. Les autres propriétés caractéristiques de la courbe de la fig. 36, par ex. la large bosse entre les années de construction 1955 et 1995 avec une nette hausse jusqu'à env. l'année de construction 1980, puis une légère baisse, sont clairement reconnaissables. A titre de comparaison, les bâtiments autres que d'habitation (affectation 10–19 ou 30–90 du code AEAI; cf. annexe B) ont également été analysés (fig. 38). Ce qui frappe en premier lieu est la part nettement inférieure de bâtiments touchés dans l'ensemble de tous les bâtiments autres que d'habitation: des dommages n'ont été annoncés que pour près de 4% d'entre eux, par rapport à près de 11% pour les maisons d'habitation. Cela laisse déjà entendre que les maisons d'habitation sont de manière générale nettement plus sensibles à la grêle que les autres types de bâtiments ou que leurs propriétaires sont d'ordinaire plus souvent enclins à annoncer des dommages auprès de l'établissement cantonal d'assurance, comme déjà postulé pour la fig. 20. Il est cependant particulièrement intéressant de constater que la hausse observée pour les maisons d'habitation dès l'année de construction 2001 est à peine décelable pour les bâtiments autres que d'habitation. Par ailleurs, aucune tendance pour des bâtiments autres que d'habitation ne peut être constatée sur les années de construction examinées, ceci à la différence des maisons d'habitation présentant une proportion globalement croissante de bâtiments en fonction de l'année de construction.

### 3. L'événement de grêle du 23 juillet 2009 dans les cantons de Vaud, Fribourg, Berne et Lucerne

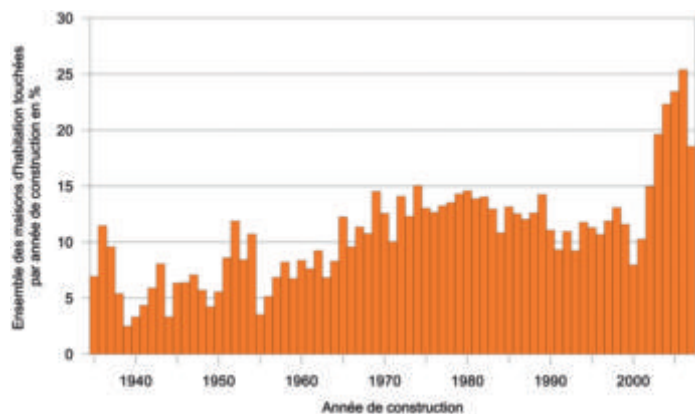


Fig. 37: pourcentage de maisons d'habitation endommagées (affectation 20–29 du code AEAI) sur l'ensemble des maisons d'habitation des communes thurgoviennes en fonction de leur année de construction.

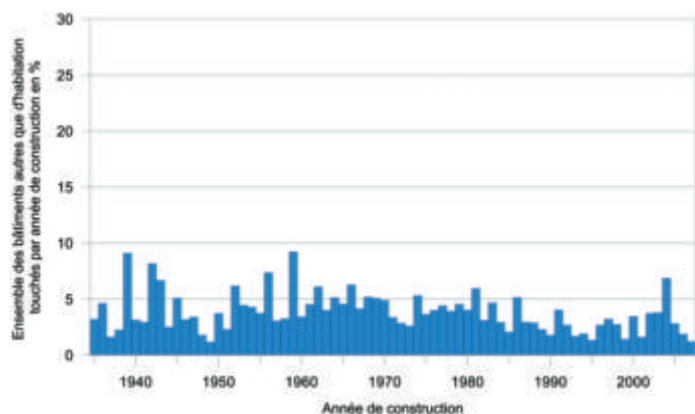


Fig. 38: pourcentage de bâtiments autres que d'habitation (affectation 30–90 du code AEAI) sur l'ensemble des bâtiments autres que d'habitation des communes thurgoviennes en fonction de leur année de construction.

Il semblerait donc vraiment que les propriétaires de nouvelles maisons d'habitation soient plus prompts à réagir aux dommages dus à la grêle et annoncent même les dégâts les plus minimes auprès de l'établissement cantonal d'assurance, alors que les propriétaires de maisons d'habitation plus anciennes et ceux de bâtiments autres que d'habitation réagissent plutôt avec tolérance. Et la thèse selon laquelle le mode de construction moderne favorise les dommages dus à la grêle sur les maisons d'habitation n'est en tout cas pas réfutée.

Une réflexion pourrait aussi être menée pour déterminer s'il existe du côté de l'établissement cantonal d'assurance des raisons pour les différences constatées. Par exemple, accepte-t-il les demandes d'indemnisation avec plus d'empressement pour les nouveaux bâtiments que pour les bâtiments plus anciens? Pour les nouveaux bâtiments, il n'aurait en effet aucune raison de rejeter les demandes de

dédommagement pour cause d'entretien insuffisant. Sur la seule base des chiffres disponibles, il n'est malheureusement pas possible de donner une réponse concluante à cette question.

Les analyses comparables de l'Etablissement cantonal d'assurance de Zurich sur l'événement de grêle du 24 juillet 2002 (ECA ZH, 2011) donnent par ailleurs des résultats très semblables: dans cette étude aussi, la proportion de bâtiments construits six à sept ans avant l'événement de grêle est nettement plus élevée que celle des bâtiments plus anciens. Il serait donc intéressant d'examiner un événement de grêle encore plus ancien, par ex. des années 1990, afin de vérifier si alors déjà un pic apparaissait pour les bâtiments des années de construction précédant immédiatement l'année de l'événement et s'il est ainsi typique qu'un tel pic «accompagne» chronologiquement l'événement.

### 3. L'événement de grêle du 23 juillet 2009 dans les cantons de Vaud, Fribourg, Berne et Lucerne

#### 3.1 Conditions météorologiques du 23 juillet 2009

Après un vigoureux épisode de foehn dans la nuit précédant le 23 juillet, un fort courant-jet du sud-ouest a, selon MétéoSuisse (2010), apporté en Suisse de l'air chaud et humide en provenance de la Méditerranée. Cette situation a favorisé la formation de violents orages qui ont traversé ensuite le Nord des Alpes. Des rafales de 90 à 100 km/h ont été enregistrées (Plaffeien FR: 105 km/h, Lucerne: 98 km/h) et, selon les régions, des chutes de grêle exceptionnellement fortes, avec des grêlons atteignant un diamètre de plus de 6 cm. Selon les données des radars météorologiques de MétéoSuisse, l'orage principal de grêle a atteint la Suisse dans le Jura vaudois, près de La Dôle, vers 15h00. Il s'est déplacé, en provoquant de graves dommages, par le nord de Lausanne pour traverser le Gros-de-Vaud. En cours de route dans le canton de Fribourg, il s'est développé en une supercellule et s'est scindé vers 15h45 en deux cellules. L'une d'elles a progressé le long de la vallée de la Broye, en passant au sud du lac de Morat et au nord de la ville de Berne jusque dans l'Oberaargau, pour atteindre un peu affaiblie la vallée de la Sure vers 16h40.

La cellule du sud a atteint son intensité maximale juste avant 16h00 dans le district de la Glâne (grêlons atteignant la taille d'une balle de tennis), a effleuré la ville de Fribourg, pour poursuivre au-dessus du Pays de Schwarzenburg et de l'Emmental, par le sud du Napf, vers la lac des Quatre-Cantons, qu'elle a atteint vers 16h40 en s'affaiblissant nettement en direction du lac de Sihl. Dans la région de Gaster, la cellule a toutefois repris de l'intensité et a causé d'autres dommages dans les cantons d'Appenzell pour traverser

finalment la frontière suisse dans la vallée du Rhin, en direction de l'Autriche, vers 18h00. La durée de vie de cette cellule a été exceptionnellement longue. Un deuxième orage de grêle (nettement plus faible) a atteint la Suisse vers le Val d'Illyez et a poursuivi au-dessus d'Ormont le long de la crête principale des Alpes bernoises, jusque dans la vallée de Lauterbrunnen. Une pluviométrie atteignant 40 mm a été enregistrée malgré la vitesse de déplacement considérable d'env. 60 km/h.

Les cantons de Vaud, Fribourg, Berne et Lucerne représentent les régions les plus touchées par l'orage de grêle inhabituellement long – mais de nombreux sinistres ont aussi été annoncés dans bien d'autres cantons. Le dépouillement dans le cadre de la présente analyse des événements repose toutefois sur les données des quatre établissements d'assurance des cantons mentionnés. L'intensité des précipitations à la fig. 39 et les tailles de grêlons tirées des données des radars météorologiques à la fig. 40 donnent une bonne idée de la propagation et de l'intensité de l'événement.

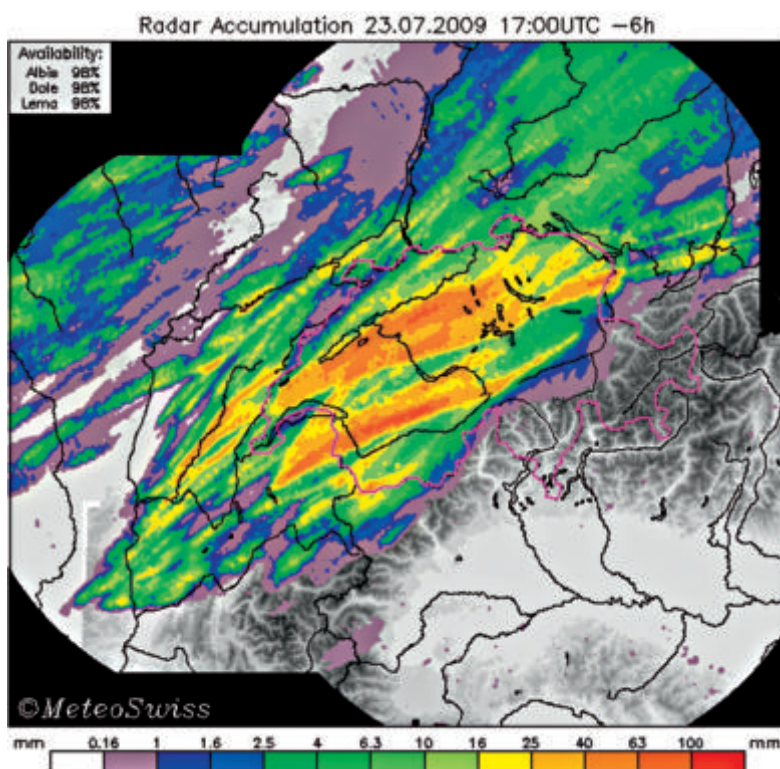


Fig. 39: pluviométrie du 23 juillet 2009 entre 11 et 17 UTC (13 – 19 heures CEST), d'après les données radar des stations de la Dôle, Albis et Monte Lema. La trajectoire des deux principaux orages de grêle apparaît clairement (source: MétéoSuisse, modifiée).

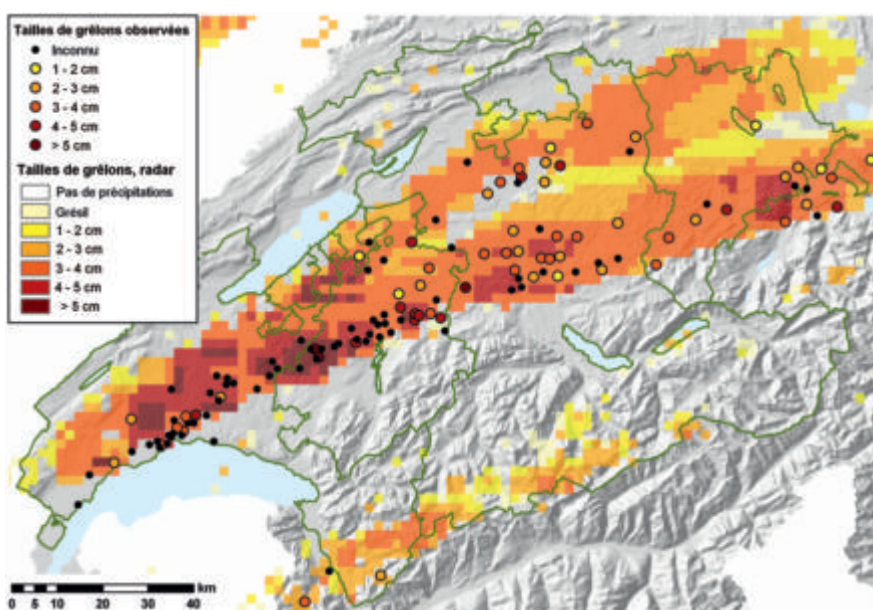


Fig. 40: distribution des tailles de grêlons lors de la grêle du 23 juillet 2009 dans les cantons de Vaud, Fribourg, Berne et Lucerne, observées ou tirées de données radar (données radar: meteoradar; bases cartographiques: swisstopo).

### 3.2 Catégorisation de l'événement

Pour le canton de Fribourg, le plus sévèrement touché, il s'agissait d'un événement absolument exceptionnel, tel qu'il ne s'en est jamais produit dans l'histoire de l'établissement cantonal d'assurance: avec un taux de dommages de 44 ct./CHF 1000.– de somme assurée, même la tempête «Lothar» en 1999 n'a atteint qu'un bon quart du rapport sinistres-primas pour l'événement de grêle en 2009. Pour les autres établissements cantonaux d'assurance considérés, il s'agissait également d'un événement de grêle important; mais au moins un autre gros événement l'avait surpassé lors des seules 50 dernières années. Ce qui donne à réfléchir est le fait que ces derniers se sont tous produits au cours des treize années précédentes. L'allure des courbes (fig. 43–46) donne elle aussi l'impression d'une accumulation durant les deux dernières décennies.

Les encadrés ci-dessous décrivent quatre événements historiques qui, en termes de trajectoires et de régions touchées, rappellent l'événement de grêle du 23 juillet 2009, tout en le surpassant parfois encore sur la taille des grêlons observés. La surface concernée semble toutefois avoir été plus petite. Les événements mentionnés doivent en premier lieu corriger l'impression que donnent les courbes des fig. 43–46 sur l'absence de grêle dévastatrices avant environ 1980 dans les cantons considérés.

#### **La grêle du 10 août 1520 dans les cantons de Fribourg et de Berne**

«La grêle dévastatrice de Berne. Le 10 août en cette année (1520), vers quatre heures du soir, une grêle provenant du Gurnigel s'est abattue sur la ville de Berne avec une violence telle que personne n'avait souvenir de quelque chose de pareil. Surtout les toits des maisons ont été si fortement endommagés qu'il a fallu requérir des tuiles, tavillons, charrettes et couvreurs dans l'arrière-pays. Il a malgré tout été nécessaire de retirer une couche de tuiles des toits à double recouvrement\* pour pouvoir couvrir provisoirement d'autres bâtiments. Lucerne et Bâle par lettre, Fribourg et Soleure par leurs messagers de mairie, ont exprimé à la ville de Berne leur profonde sympathie et ont offert de l'aide. Ainsi, Lucerne a envoyé ses couvreurs, Fribourg a offert des tuiles et tavillons, et a mis à disposition ses couvreurs, à ses propres frais. Soleure aussi a envoyé des couvreurs et a offert de surcroît 61 chariots de tuiles et tavillons.»

\* Les toits à double recouvrement ont été transformés en toits à simple recouvrement afin de gagner des tuiles supplémentaires.

(Source: Stierlin, 1831)

«Le jour de la St-Laurent (10 août 1520), une cellule de grêle s'est formée vers Gruyères avant de se diriger sur Fribourg, où des grêlons de la taille d'une noix\* sont tombés en détruisant beaucoup d'arbres et de fenêtres, en blessant du bétail. A Berne, la grêle de la taille d'un œuf d'oie° est tombée en fracassant toutes les tuiles des toits et en causant des dommages considérables aux alentours.»

\* Diamètre env. 3 cm

° Diamètre nettement supérieur à 6 cm

(Source: Zehnder-Jörg, 2005)

#### **La grêle du 23 juin 1642 dans les cantons de Fribourg, Berne et Lucerne**

«Une grêle dévastatrice est tombée le 23 juin 1642 avec des grêlons d'un poids d'un quart de livre\*, aussi gros qu'un œuf de poule° ou qu'une balle à lancer. De nombreux arbres ont été ruinés et de nombreux oiseaux tels que des cigognes ont été touchés mortellement. L'orage de grêle s'est déplacé du Pays de Fribourg jusqu'à l'intérieur de la région de Lucerne. Que Dieu nous préserve d'une telle punition.»

\* = ¼ livre, soit env. 125 g, ce qui correspond à une boule de glace d'un diamètre de 6,5 cm

° = indique un diamètre d'env. 5 cm; l'énoncé n'est pas très cohérent dans l'ensemble

(Curé de Schlosswil à l'époque, dans: Rubli, 1998)

#### **La grêle du 8 juin 1809 dans les cantons de Fribourg, Berne et Lucerne**

«Le 8 juin, le soir de 17 à 18 heures, il s'est produit un violent orage de grêle. Provenant de Fribourg, il s'est déplacé vers Lucerne; dans les environs de Bleiken, Buchholterberg, Röthenbach et Würzbrunnen toute la récolte a été détruite, de telle sorte qu'il ne restait plus une tige droite dans la plupart des lieux. La grêle a traversé les toits de tavillons neufs et avait la grosseur de balles à lancer\*. Elle a frappé mortellement des personnes, du bétail et des oiseaux. [...] La souffrance était grande.»

\* Une «balle à lancer» maniable devait avoir un diamètre d'env. 7 cm.

(Chronique de Bowil, dans: Rubli, 1998)

### Les tempêtes de grêle des 10 et 11 juin 1942 dans les cantons de Vaud et de Fribourg

Le soir du 10 juin 1942, une cellule de grêle s'est déchaînée du lac Léman au canton de Fribourg. La Côte lémanique a été particulièrement touchée et, dans le canton de Fribourg, des dommages ont été enregistrés dans quarante communes de cinq districts, surtout dans le district de la Gruyère, du Lac et de la Singine, et dans une mesure un peu moindre, aussi dans le district de la Sarine et de la Broye. La région vers le Gibloux, entre Sorens FR et Avry-devant-Pont FR, a été touchée particulièrement durement.

Dans la nuit du 11 au 12 juin 1942, un orage de grêle encore dévastateur a traversé le canton avec des rafales de vent. A Lavey, au sud de Bex VD des grêlons de la taille d'un œuf de poule (correspond à env. 4,5 cm de diamètre) ont été ramassés; à Oron VD, des grêlons atteignaient un poids de 200–300 g (ce qui correspond à une boule de glace de 8 cm de diamètre) sont tombés et toutes les tuiles et fenêtrures ont été détruites. Dans le

canton de Fribourg, la grêle et la tempête ont causé des dommages dans 83 communes de tous les districts, notamment dans le district de la Glâne et de la Gruyère. Des toits ont été arrachés, des granges renversées et des milliers d'arbres abattus. Selon les descriptions de l'époque, une tornade aurait même fait rage en détruisant des bâtiments vers La Verrerie FR, au nord de Semsales FR.

(D'après: Fragnières Frères, 1943)

Le taux de dommages dus à la grêle pour l'année 1942 s'est élevé à 17.6 ct./CHF 1000.- de somme assurée dans le canton de Vaud, voire à 22.9 ct./CHF 1000.- de somme assurée dans le canton de Fribourg; toutefois, les dommages dus à la grêle n'ont manifestement pas été clairement séparés des dommages dus à la tempête, eux aussi considérables (taux de dommages de 22.3 ct./CHF 1000.- de somme assurée), de manière que le dommage purement dû à la grêle a pu être encore nettement plus élevé.

(D'après: UIR, 1950)



Fig. 41: maison à Fiaugères FR endommagée par la grêle sur la façade en bardeaux et par la tempête sur le toit.



Fig. 42: maison à Henzenried FR endommagée par la grêle sur le toit de bardeaux. (Photos: archives UIR)

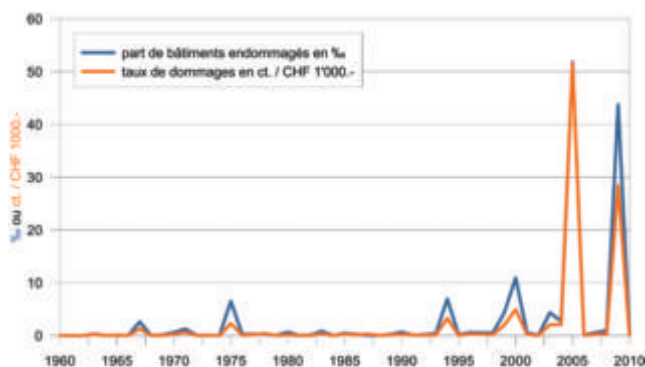


Fig. 43: évolution des dommages aux bâtiments dus à la grêle dans le canton de Vaud depuis 1960 (source: statistique des dommages AEA).

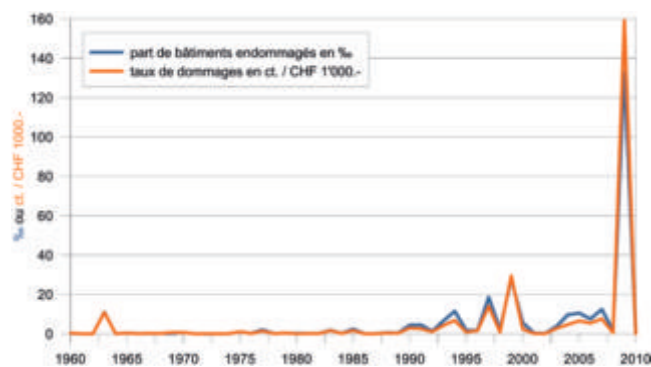


Fig. 44: évolution des dommages aux bâtiments dus à la grêle dans le canton de Fribourg depuis 1960 (source: statistique des dommages AEA).



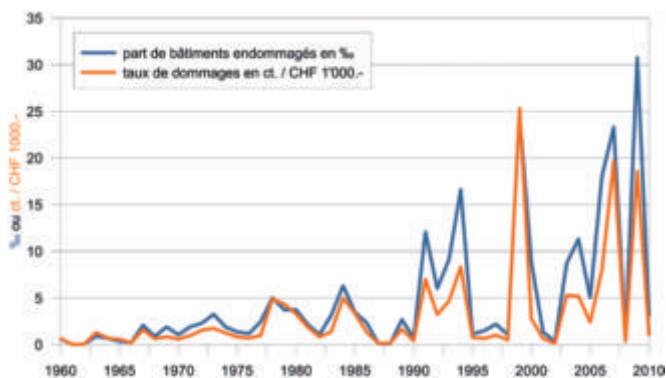


Fig. 45: évolution des dommages aux bâtiments dus à la grêle dans le canton de Berne depuis 1960 (source: statistique des dommages AEAJ).

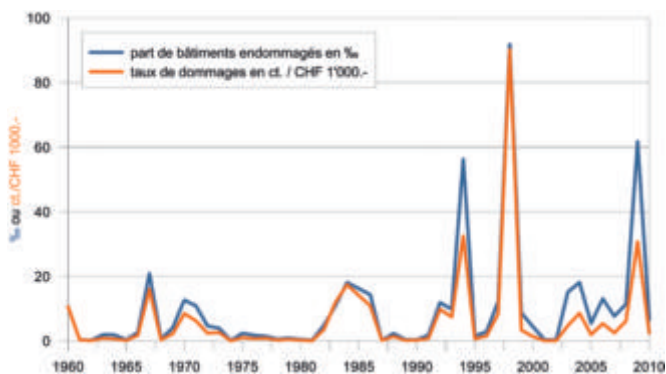


Fig. 46: évolution des dommages aux bâtiments dus à la grêle dans le canton de Lucerne depuis 1960 (source: statistique des dommages AEAJ).

### 3.3 Analyse des dommages individuels

Contrairement à l'événement de grêle dans le canton de Thurgovie, celui de juillet n'a pas fait l'objet de relevés détaillés d'après les dossiers; les analyses ont donc pour l'essentiel été limitées aux fichiers de données des dommages individuels, tels qu'ils sont fournis annuellement à l'UIR par les établissements cantonaux d'assurance pour l'établissement de la «statistique des dommages AEAJ». Les informations déterminantes qui y figurent sont:

- Date du dommage (23 juillet 2009 dans le cas présent)
- Affectation (genre d'utilisation du bâtiment)
- Cause du dommage (grêle et éventuels dommages consécutifs)
- Montant des dommages (net; le montant brut des dommages en est tiré compte tenu des dispositions sur les franchises)
- Communes dans laquelle le dommage en question est survenu

Ceci a aussi permis de représenter spatialement les dommages et de les comparer à la carte des intensités de grêle élaborée par l'entreprise meteoradar GmbH.

### 3.4 Distribution des tailles de grêlons

Au cours des semaines qui ont suivi l'événement de grêle, l'UIR a étudié systématiquement les tailles de grêlons observées le 23 juillet 2009. Ainsi, celles-ci ont été recherchées dans la presse écrite présente sur internet. Les forums météo ont également été très fertiles (notamment [www.sturmforum.ch](http://www.sturmforum.ch)), où bon nombre de membres documentaient par le texte et l'image les plus gros grêlons observés de leurs yeux. La recherche «Google» a permis en outre de trouver d'autres sites web contenant des informations sur les tailles de grêlons du 23 juillet 2009. Finalement, des personnes parmi les connaissances de Markus Imhof ont également été interrogées sur leurs observations. Les grêlons les plus gros ont été annoncés à Mézières FR (diamètre > 6 cm), Romont FR et Schwarzenburg BE (diamètre de 6 cm tous deux). Dans la majorité des cas cependant, il a juste été possible de démontrer que des grêlons étaient bien tombés, mais sans fournir d'informations sur les tailles de grêlons. La fig. 40 présente la distribution spatiale des tailles de grêlons observées en comparaison de celles découlant des données des radars météorologiques. Visuellement, la correspondance est assez bonne, mais les observations ponctuelles sur les tailles de grêlons sont toutefois trop peu nombreuses et réparties de manière trop irrégulière pour procéder à un étalonnage fiable des données radar. Notamment les données raster des radars montrent comment les tailles de grêlons variaient considérablement sur de courtes distances, de manière particulièrement impressionnante sur la frange sud de l'orage principal, entre Lausanne et Fribourg.

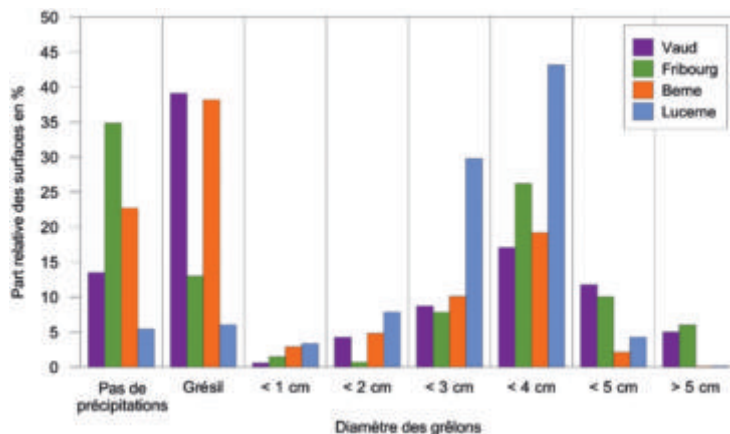


Fig. 47: part relative des surfaces pour les différentes classes granulométriques des grêlons dans les quatre cantons, tirée des données des radars météorologiques.

Les données raster des radars en fig. 40 ont été analysées par canton afin de déterminer la part relative des surfaces pour les différentes classes granulométriques des grêlons (intensités); le résultat est représenté à la fig. 47. Malgré l'impression visuelle de distribution assez disparate des surfaces d'intensité que donne la carte pour les différents cantons, on peut y distinguer quelques traits communs: la part des surfaces sans grêle est assez élevée dans tous les cantons, à l'exception de Lucerne. Par contre, la part des surfaces touchées par des grêlons, soit de petite taille (< 2 cm) soit de très grande taille (> 4 cm), est assez faible. Des grêlons d'un diamètre entre 3 et 4 cm ont ainsi été enregistrés dans la plupart de régions.

### 3.5 Nombre de bâtiments endommagés

La distribution du nombre de bâtiments endommagés montre nettement la trajectoire de la cellule de grêle principale, du lac Léman au lac des Quatre-Cantons (fig. 48). Au nord de Berne, on distingue aussi l'évolution de la cellule scindée. Sans surprise, le nombre de bâtiments touchés dépend fortement du nombre de bâtiments et de la densité d'habitations des différentes communes. Ainsi, notamment Munisenges BE se démarque avec plus de 1'600 bâtiments endommagés, de même que Belp BE et Marly FR avec environ 1'100 chacune. Comme le montre la fig. 40, il ne s'agit toutefois pas des régions exposées à la plus forte intensité.

### 3.6 Montant des dommages

La distribution des montants bruts des dommages sur les différentes communes (fig. 49) ressemble beaucoup à celle de leur nombre. Le montant des dommages reproduit assez bien l'intensité, telle que la restitue la fig. 40. Le montant le plus élevé des dommages a été constaté dans la commune de Romont FR avec CHF 9.6 millions; viennent ensuite Farvagny FR, Marly, Munisenges et Fribourg avec chacune près de CHF 7 millions. Par rapport à la carte des intensités, il existe toutefois des différences qui devraient provenir du type d'habitations: par exemple, les montants des dommages des communes campagnardes du district de la Singine sont plus faibles que ne le laisserait supposer la fig. 40. Il en va de même pour la région autour de Payerne VD et les communes campagnardes entre la Schwarzwasser et la Gürbe. En revanche, les dommages dans les différentes communes ont été étonnamment élevés, par exemple à Langnau e.E. BE et à Escholzmatt LU, bien que les tailles de grêlons se situaient « seulement » entre 3 et 4 cm selon le radar. Ces valeurs sont étayées en outre par des observations, de manière qu'il ne s'agit probablement pas d'un effet d'origine technique (par ex. ombre du signal radar). Des arbres déracinés ont toutefois été annoncés à Escholzmatt.

Il serait imaginable qu'en raison des rafales de vent les grêlons ont frappé latéralement les façades des bâtiments, causant ainsi des dommages nettement plus élevés. Sans examen détaillé des dossiers (en particulier le nombre de dommages aux façades et à l'intérieur des bâtiments), cela reste toutefois le seul domaine de la spéculation. En tous les cas, Escholzmatt se distingue de son environnement avec un montant moyen des dommages de CHF 5'300 (fig. 50).

### 3.7 Dommages moyens aux bâtiments

Des dommages moyens aux bâtiments particulièrement élevés (> CHF 10'000) se sont produits dans deux constellations différentes (fig. 50): d'une part là où les plus fortes intensités ont été observées, c'est-à-dire entre Romont et Marly dans le canton de Fribourg; mais d'autre part aussi dans des communes où les intensités de grêle ont été nettement plus faibles et seuls un ou deux objets ont été touchés, comme L'Abergement dans le Jura vaudois, Rossinière et Rougemont dans le Pays d'Enhaut ou Altishofen, Grossdietwil et Triengen au nord du canton de Lucerne. L'affectation n'indique pas à première vue des bâtiments particulièrement sensibles (bâtiment scolaire, entreprise de transformation du bois, bâtiment d'exploitation agricole). L'interprétation d'images aériennes était cependant la supposition qu'il s'agit dans la plupart de ces cas de dommages à des toits en ciment fibreux. Comme l'indiquent la fig. 28 ou le tab. 2, le ciment fibreux est relativement sensible à la grêle et coûteux en moyenne.

Il est intéressant de constater que la bande des dommages moyens élevés s'étend de la Côte vaudoise jusqu'au district de la Singine, mais semble se rompre abruptement à la frontière du canton de Berne, même si des intensités élevées de grêle ont également été constatées dans le canton de Berne. Il n'est pas élucidé si la cause en incombe à l'intensité moindre (la catégorie la plus élevée n'a été enregistrée nulle part dans le canton de Berne), si elle est de nature technique propre à l'assurance (estimation différente des dommages) ou si elle est liée à la typologie d'habitation.

La carte reflète en outre bien l'observation faite sur les fig. 40 et 47 à propos de la distribution des tailles de grêlons. Les centres de dommages présentant les valeurs les plus élevées sont assez étroitement délimitées; autour, de larges zones présentent des valeurs moyennement élevées et les zones en bordure présentant de faibles dommages sont à nouveau assez faiblement étendues.

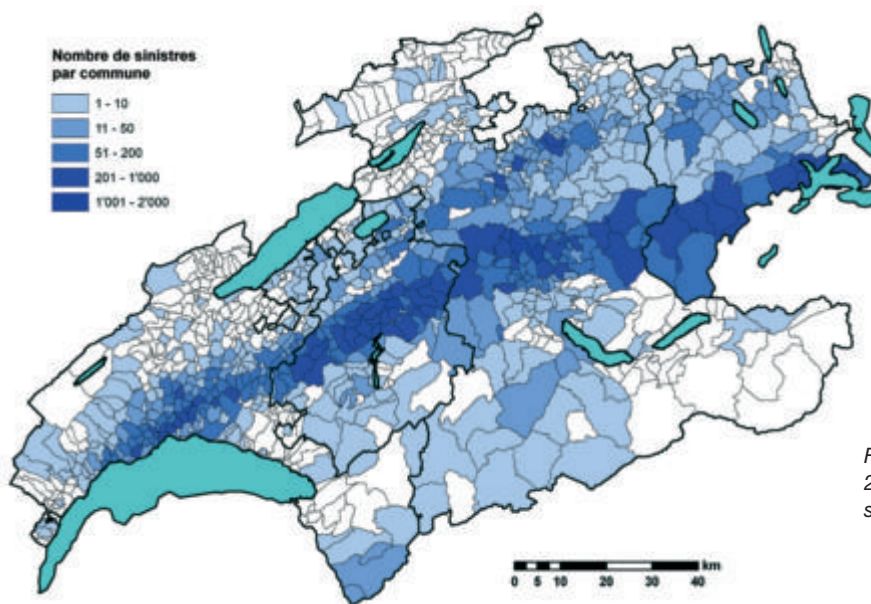


Fig. 48: nombre de dommages dus à la grêle du 23 juillet 2009, par commune (base cartographique: swisstopo).

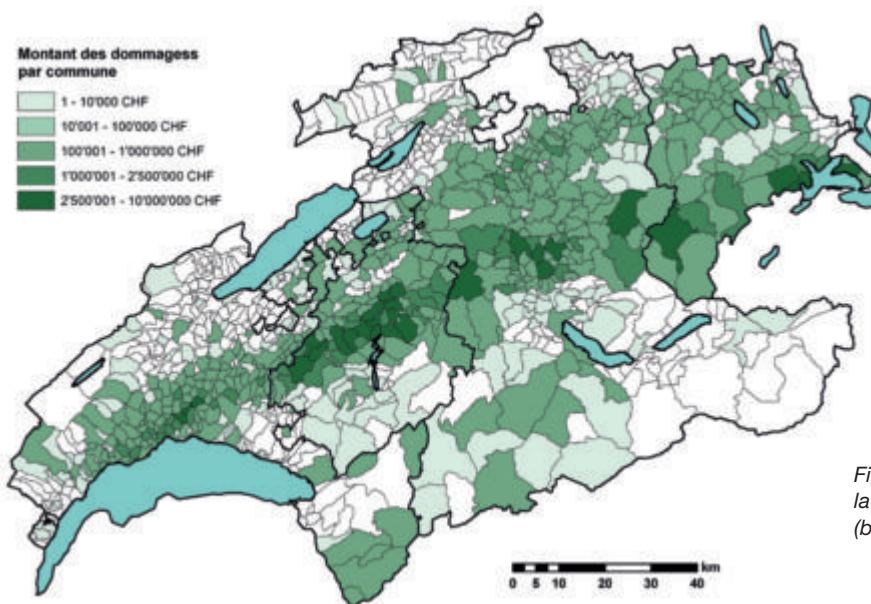


Fig. 49: montant (brut) des dommages dus à la grêle du 23 juillet 2009, en CHF par commune (base cartographique: swisstopo).

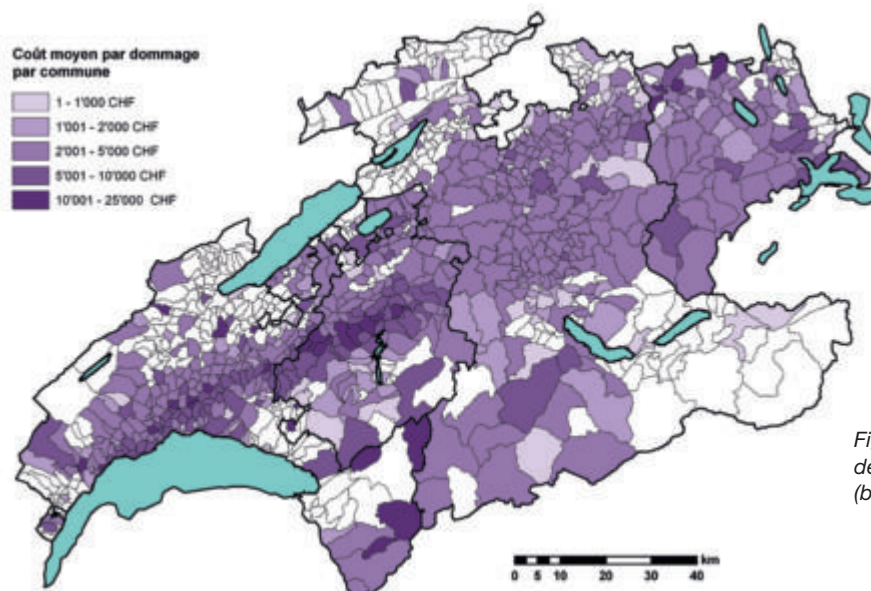


Fig. 50: dommage moyen aux bâtiments des suites de la grêle du 23 juillet 2009, en CHF par commune (base cartographique: swisstopo).

### 3.8 Structure des montants de dommages

Comme dans le cas du canton de Thurgovie avec la fig. 18, une courbe des montants de dommages a également été établie pour chacun des quatre cantons (fig. 51). La courbe du canton de Vaud correspond presque parfaitement à celle du canton de Fribourg, même s'il s'agit de deux événements de grêle totalement indépendants l'un de l'autre. Les rapports sont eux aussi presque identiques: les 10% des dommages les plus coûteux sont responsables de 48% de la somme totale des dommages, alors que 70% des dommages les plus petits ne représentent que 25% de la somme totale des dommages. Les courbes de Fribourg et Lucerne sont un peu moins raides, de manière que les 10% des plus gros dommages correspondent à «seulement» 43 et 40% de la somme totale des dommages. La courbe du canton de Berne est toutefois clairement divergente: premièrement, sa pente est plus faible – 10% des plus gros dommages ne sont responsables que de 34% de la somme totale des dommages – et deuxièmement elle comporte une bosse dans sa partie centrale. Cela pourrait provenir du fait que nous avons affaire ici à deux orages de grêle différents, l'un plus fort dans la partie centrale et l'autre plus faible dans le nord du canton, qui tous deux contribuent différemment et individuellement à l'allure de la courbe du montant des dommages. Il s'agit pour ainsi dire de la superposition de deux courbes séparées. Cet effet n'est pas décelable dans les courbes des autres cantons, car la division de la cellule – la séparation de l'orage principal en deux parties – ne s'est produite que peu avant d'atteindre le canton de Berne et la cellule nord n'a atteint le canton de Lucerne que sous une forme très affaiblie.

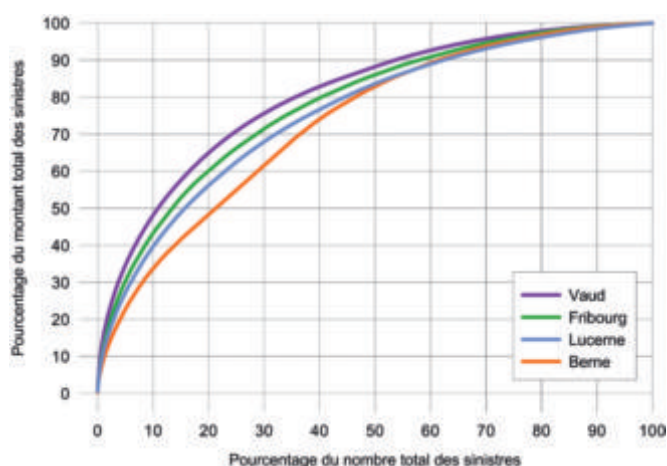


Fig. 51: relation entre les dommages bruts triés par ordre décroissant et la somme totale des dommages pour les cantons de Vaud, de Fribourg, de Berne et de Lucerne.

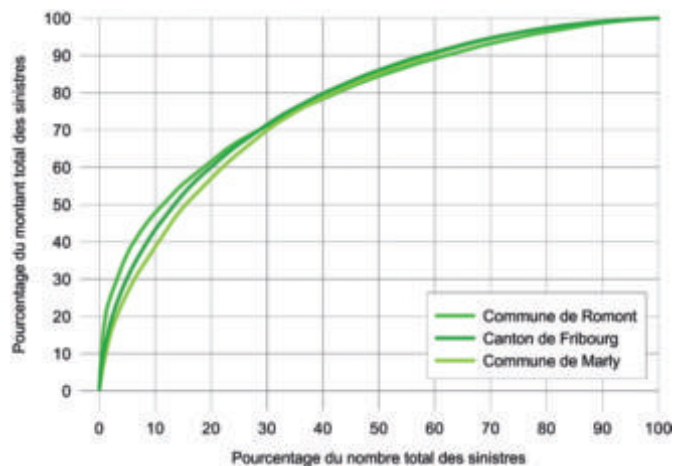


Fig. 52: relation entre les dommages bruts triés par ordre décroissant et la somme totale des dommages pour les communes de Romont (montant le plus élevé des dommages dans le canton), Marly (nombre le plus élevé des dommages dans le canton), ainsi que l'ensemble du canton de Fribourg.

Les courbes des montants de dommages permettent aussi de comparer la structure des dommages de certaines communes entre elles ou par rapport à l'ensemble du canton (fig. 52) : ainsi la commune de Romont – la commune présentant le montant le plus élevé des dommages (fig. 49) – se distingue par le fait qu'un petit nombre de gros dommages dominant bien plus fortement le montant des dommages que dans le reste du canton. En revanche, les dommages les plus importants de la commune de Marly – commune présentant le nombre le plus élevé de dommages (fig. 48) – sont clairement moins dominants. On pourrait en chercher les causes en partie dans l'intensité de grêle légèrement moins prononcée, mais plus probablement dans la moindre proportion de bâtiments de grande valeur sur le territoire de la commune de Marly : dans cette commune de l'agglomération de la ville de Fribourg, les maisons d'habitation dominent fortement par leur nombre, et parmi elles de nombreuses maisons individuelles. Par contre, en tant que site industriel important de la région, Romont comporte un nombre considérable de bâtiments industriels de grandes dimensions. Les dommages de grêle sur de tels bâtiments se situent généralement à un niveau nettement plus élevé que les dommages aux maisons d'habitation, ce qui se traduit par une allure très différente du sommet des courbes.

En contrepartie de la fig. 19, la fig. 53 représente la structure des coûts des dommages dans les quatre cantons, sous forme de colonnes par classe. Sans surprise, les chiffres se répartissent autour de ceux du canton de Thurgovie, tout en restant dans le même ordre de grandeur. Selon le canton, le taux baisse plus fortement vers les gros dommages (notamment Berne avec le plus fort pourcentage de dommages minimes) ou plus modérément (Fribourg, qui a subi les plus gros dommages).

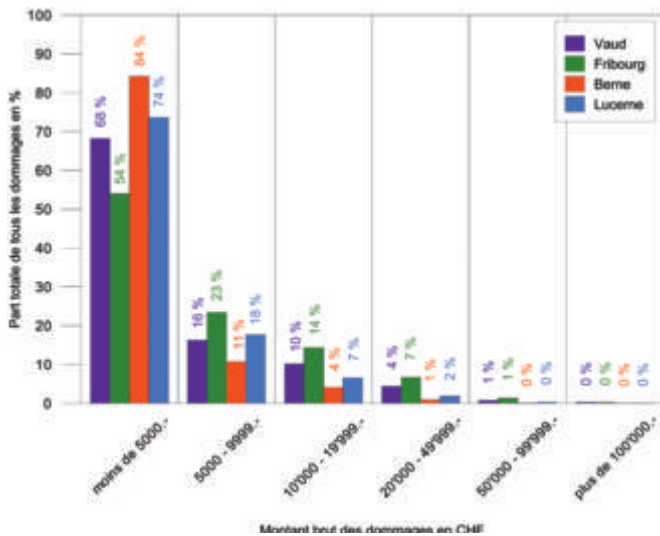


Fig. 53: structure des coûts des dommages aux bâtiments dus à la grêle: part relative des différentes classes de coûts dans le nombre total des dommages pour les cantons de Vaud, Fribourg, Bern et Lucerne (voir aussi fig. 19).

### 3.9 Répartition des dommages sur les différentes affectations

Comme en Thurgovie (fig. 20), la répartition des dommages en fonction des différentes affectations a également été examinée pour les quatre cantons. Les résultats sont restitués par les fig. 54 à 57. La situation se présente comme suit :

- Les **bâtiments administratifs et bâtiments publics** apparaissent dans les données sur les dommages à peu près dans la même proportion que dans l'ensemble des bâtiments du canton.
- Les **maisons d'habitation** sont nettement surreprésentées dans les données sur les dommages; les thèses formulées plus haut pour le canton de Thurgovie sont étayées par les quatre autres cantons.
- Les **bâtiments agricoles** (tant pour l'habitation que pour l'exploitation), les **constructions liées au transport** et les **bâtiments industriels et artisanaux** apparaissent dans les données de dommages légèrement à nettement moins souvent que leur parc immobilier effectif ne laisserait supposer.
- Quant aux **bâtiments commerciaux**, des différences apparaissent entre les cantons: parmi les ouvrages endommagés, ces bâtiments sont plus ou moins sous-représentés dans les cantons de Bern et Lucerne, alors que dans les cantons de Vaud, Fribourg et Thurgovie ils ont été touchés dans une mesure semblable à celle de l'ensemble du parc immobilier concerné.
- La proportion est également différente pour les **bâtiments de l'hôtellerie**: ils sont sous-représentés dans le canton de Vaud, surreprésentés dans le canton de Lucerne et correspondent à l'ensemble du parc immobilier dans les autres cantons.

- La situation est en revanche homogène pour les **petits bâtiments et dépendances**: ils sont massivement sous-représentés dans les déclarations de sinistres des quatre cantons.

Les différences très faibles entre les quatre cantons (et aussi par rapport au canton de Thurgovie) montrent que les conditions présentées sont extrêmement caractéristiques des dommages de grêle.

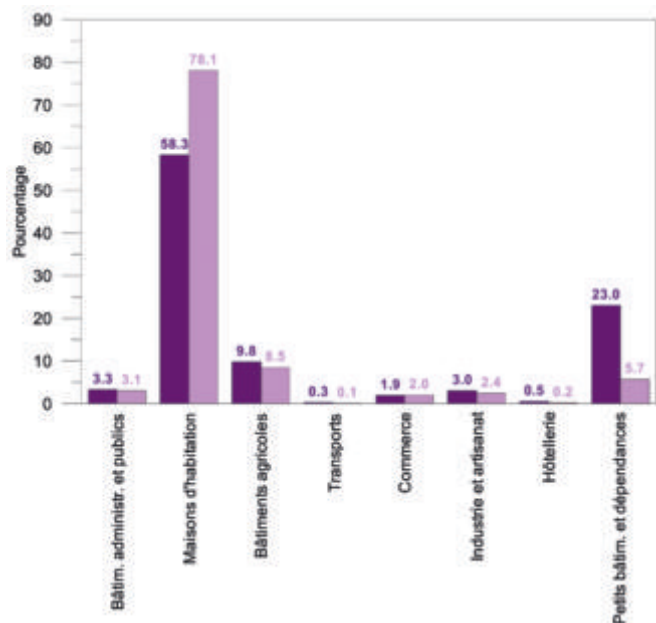


Fig. 54: part relative des catégories de bâtiments (affectation) dans le nombre total de bâtiments du canton de Vaud (colonnes sombres), ou dans le nombre de bâtiments endommagés (colonnes claires).

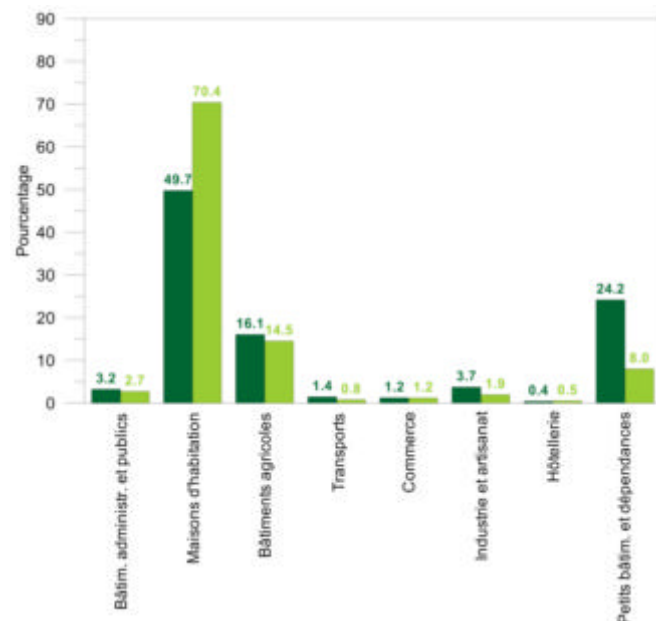


Fig. 55: part relative des catégories de bâtiments (affectation) dans le nombre total de bâtiments du canton de Fribourg (colonnes sombres), ou dans le nombre de bâtiments endommagés (colonnes claires).

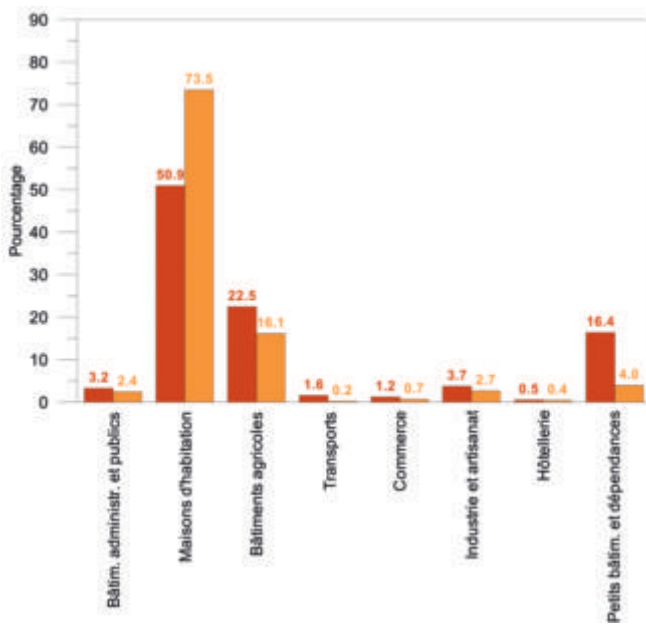


Fig. 56: part relative des catégories de bâtiments (affectation) dans le nombre total de bâtiments du canton de Berne (colonnes sombres), ou dans le nombre de bâtiments endommagés (colonnes claires).

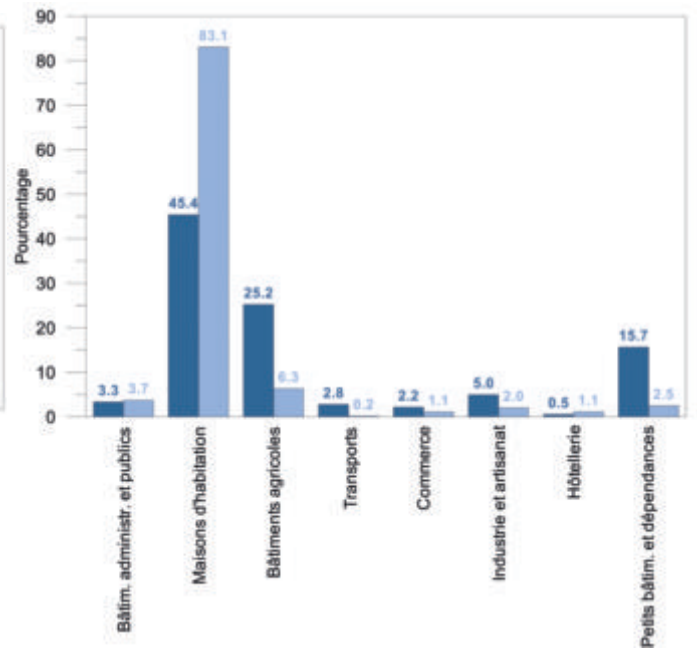


Fig. 57: part relative des catégories de bâtiments (affectation) dans le nombre total de bâtiments du canton de Lucerne (colonnes sombres), ou dans le nombre de bâtiments endommagés (colonnes claires).

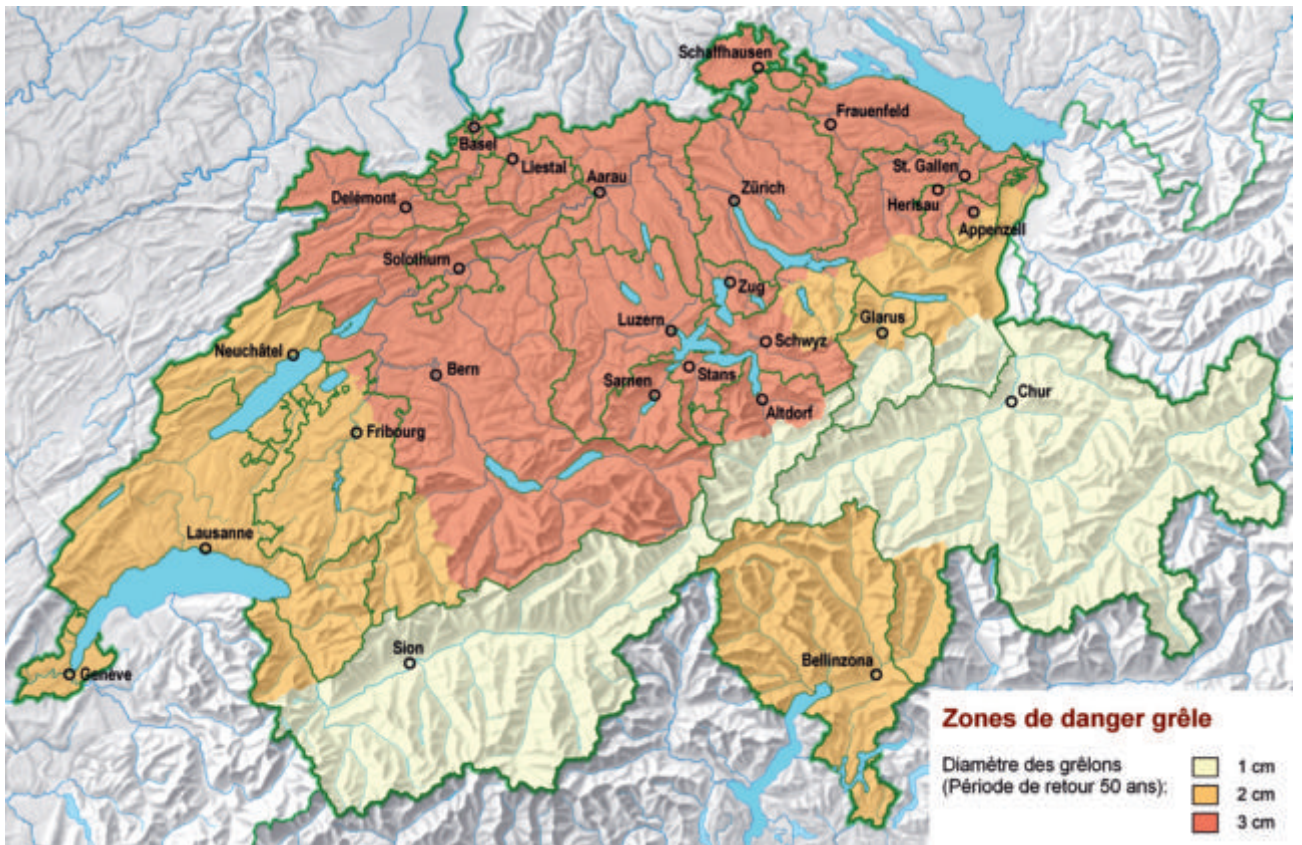


Fig. 58: zones de danger de grêle en Suisse (période de récurrence de 50 ans pour des bâtiments individuels); (bases cartographiques: swisstopo).

## 4. Relation intensité-dommage

### 3.10 Caractéristiques typiques des gros événements de grêle

Les gros événements de grêle présentent quelques caractéristiques typiques qui les distinguent des autres dommages naturels (d'après : Munich Re, 1984) :

- Du fait du rayon géographique relativement faible des cellules de grêle et de leur vitesse de déplacement assez élevée, les dommages de grêle ne surviennent que par endroits (fig. 40). La probabilité qu'un lieu géographique déterminé soit touché par une cellule de grêle *déterminée* est cependant assez faible de manière générale. Du fait que les orages de grêle surviennent relativement fréquemment, ces risques individuels se cumulent cependant, quoique de manière très différente selon la région (fig. 58).
- La densité des dommages, soit la proportion de bâtiments touchés dans la zone centrale où surviennent les plus fortes intensités est généralement très élevée ; dans le cas du canton de Thurgovie, des dommages aux bâtiments d'un ordre de grandeur de plusieurs millions de CHF/km<sup>2</sup> se sont produits dans la zone centrale – 90% des bâtiments y ont subi des dommages (fig. 11 et 12).
- Sur l'ensemble de la Suisse, le risque de dommage individuel et cumulé est élevé, en particulier dans les régions de couleur rouge brique dans la fig. 58.

## 4. Relation intensité-dommage

Les dommages causés à un bâtiment par la grêle dépendent essentiellement de deux influences : l'énergie cinétique des grêlons et la vulnérabilité du bâtiment.

Les deux grandeurs sont à leur tour déterminées par plusieurs facteurs partiels :

#### *Intensité de la grêle :*

- Nombre de grêlons par unité de surface (« densité de grêle »)
- Vitesse de chute des grêlons, qui dépend à son tour de leur poids, de leur forme et de la force des rafales de vent ; la vitesse horizontale des grêlons due au vent est de l'ordre de grandeur du tiers de la vitesse de chute (ECA, 2007a).
- Durée d'action de la grêle
- Distribution de taille des grêlons, c'est-à-dire leur poids moyen/maximal ; leur diamètre permet de la déduire par approximation
- Forme des grêlons (ronds, anguleux, hérissés)
- La température influence la dureté/fragilité des grêlons et donc l'effet sur les matériaux lors de l'impact.

Du fait que l'énergie d'impact dépend du poids et que celui-ci est proportionnel au cube du diamètre, l'énergie d'impact augmente progressivement par rapport à la taille du grêlon, comme le montre la fig. 59 : plus la taille du grêlon augmente, plus l'énergie cinétique atteint rapidement des valeurs importantes.

#### *Vulnérabilité du bâtiment :*

- Nature (résistance à la grêle) des matériaux de construction exposés à la grêle
- Type d'éléments de construction exposés à la grêle
- Age/entretien des matériaux de construction exposés à la grêle
- Surface de l'enveloppe du bâtiment exposée à la grêle
- Angle d'impact prédominant des grêlons sur les matériaux

#### *Autres facteurs :*

Des processus consécutifs peuvent également exercer une influence significative sur la somme totale des dommages : lorsqu'une chute de grêle est suivie d'une forte pluie, les coûts des dommages peuvent fortement augmenter du fait de l'infiltration d'eau dans le bâtiment, à travers l'enveloppe endommagée (impostes, fenêtres, couvertures, etc.) (Hohl et al., 2002). Le gel peut agrandir des microfissures apparues dans la couverture, si bien que celle-ci perd peu à peu son étanchéité à l'eau. Ceci se produit souvent notamment avec les éléments en ciment fibreux.

L'intensité de l'événement contribue en outre au montant des dommages de manière non négligeable, bien que quantifiable approximativement seulement, du fait de la rarefaction sensible des ressources qui intervient généralement après un gros événement : en raison de la demande soudainement accrue, les prix dans le secteur de la construction augmentent souvent brutalement pour les produits et le temps de travail, car les fournisseurs facturent des prix plus élevés à la clientèle ou du moins ne sont pas tenus de consentir de généreux rabais<sup>6</sup>. En conséquence, un dommage individuel donné est nettement plus coûteux du fait du grand nombre de dommages survenus en même temps que s'il était survenu seul.

Et finalement, ce sont notamment des critères subjectifs qui déterminent aussi ce qu'il faut considérer comme un dommage de grêle, comme le montre le chapitre 5 ci-dessous (dommages esthétiques). L'ancienneté du bâtiment touché y joue très probablement un grand rôle : l'heureux propriétaire d'un bâtiment neuf est enclin à annoncer le moindre dommage, alors que celui des bâtiments plus anciens a plutôt tendance à y renoncer (si tant est qu'il constate le dommage).

<sup>6</sup> Ce phénomène est connu dans l'assurance sous le nom de « demand surge » (= afflux de demande).

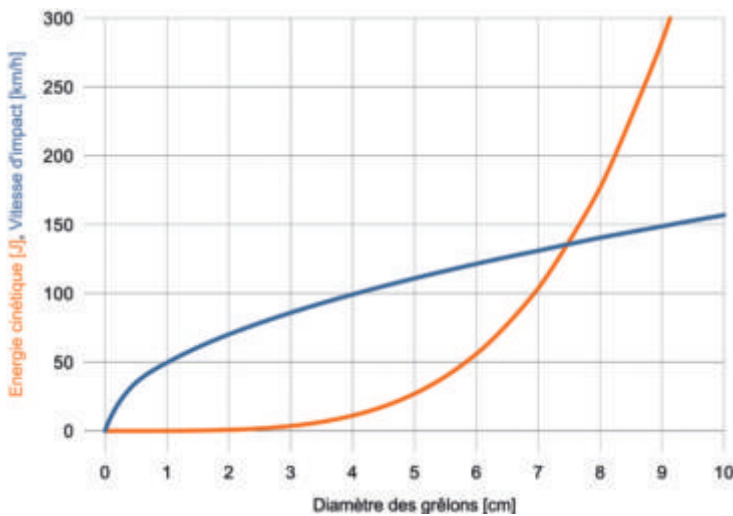


Fig. 59 : énergie cinétique et vitesse de chute en fonction de la taille des grêlons (sans influence du vent ; calculé d'après les bases figurant dans ECA, 2007c).

La plupart des facteurs énumérés ne peuvent pas être reconstruits après coup avec une précision suffisante pour les deux événements de grêle.

Afin d'examiner le rapport entre les dommages au bâtiment et l'intensité de la grêle dans le cadre de la présente analyse d'événement, les tailles des grêlons tirées des données des radars météorologiques et leur énergie cinétique ont été mises en relation avec les dommages individuels moyens de chacune des communes touchées. A cet effet, les données des quatre établissements cantonaux d'assurance sur les dommages dus à la grêle du 23 juillet 2009 ont été traitées pour le système d'information géographique de l'UIR (ArcGIS 9), puis converties en un fichier de données raster « montant moyen des dommages individuels par commune » avec une résolution spatiale de 1 x 1 km. La couche thématique « tailles des grêlons », fournie par la société meteoradar GmbH, était déjà disponible sous forme compatible SIG en tant que fichier de données raster d'une résolution identique. Selon la superficie des communes touchées, qui se situe entre 0,5 et 135 km<sup>2</sup>, chaque commune est couverte par au moins une cellule raster de taille de grêlons. Les valeurs des cellules ont été calculées pour chaque commune en une taille moyenne des grêlons, à laquelle a été attribué le montant moyen des dommages individuels de la commune concernée.

L'arrondi des taille de grêlons à la première décimale (correspondant à 0,1 cm) a permis ensuite de regrouper les paires de données en différentes classes granulométriques des grêlons. Un montant brut moyen des dommages a finalement été calculé pour chaque classe. La procédure méthodologique décrite ci-dessus est illustrée par la fig. 60.

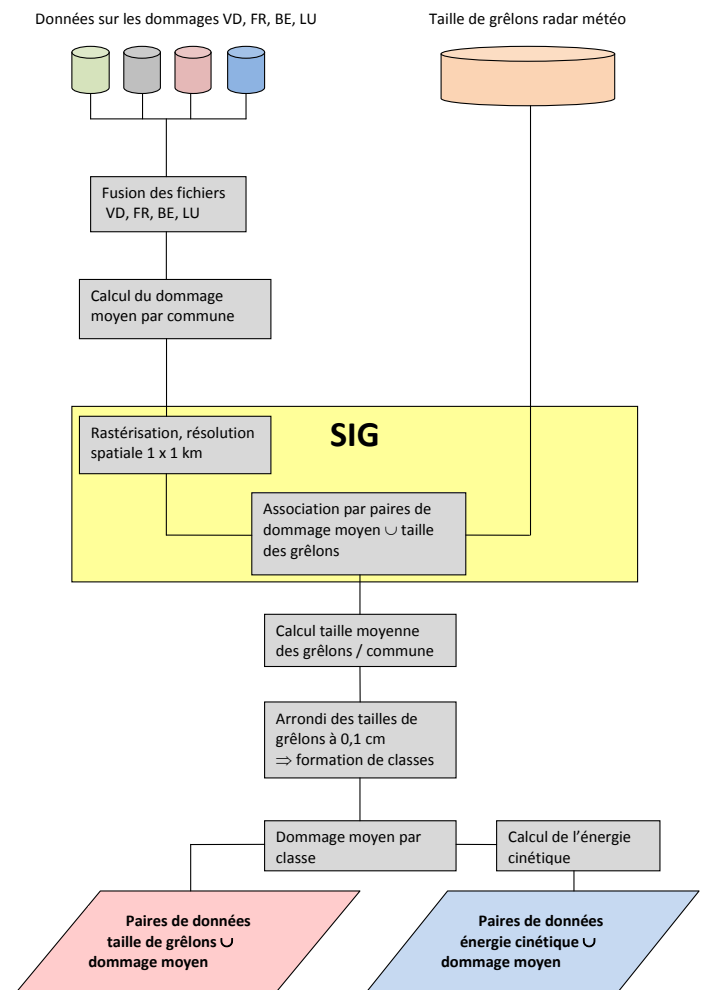


Fig. 60 : procédure méthodologique pour examiner la relation entre la taille des grêlons ou l'intensité de la grêle et le montant moyen des dommages aux bâtiments.

La fig. 61 présente le résultat de l'analyse. Chaque point correspond à une classe granulométrique des grêlons et comprend le montant brut moyen des dommages d'une ou de plusieurs communes. L'anormalité qui se retrouve dans les deux graphiques en haut à droite représente la commune de Romont, aux environs de laquelle l'événement de grêle a atteint sa plus forte intensité non seulement en termes de taille maximale des grêlons, mais aussi de densité de grêle. Les particularités des bâtiments de Romont et leurs conséquences sur la distribution des dommages ont déjà été mentionnés dans le contexte de la fig. 52. A ceci s'ajoute que Romont est la seule commune de la classe granulométrique des grêlons 5,4 cm et détermine donc seule l'emplacement de « son » point, alors que pratiquement tous les autres restituent la moyenne de plusieurs communes, atténuant ainsi l'influence des « déviants ». Il existe donc de bonnes raisons de négliger le point « Romont ».



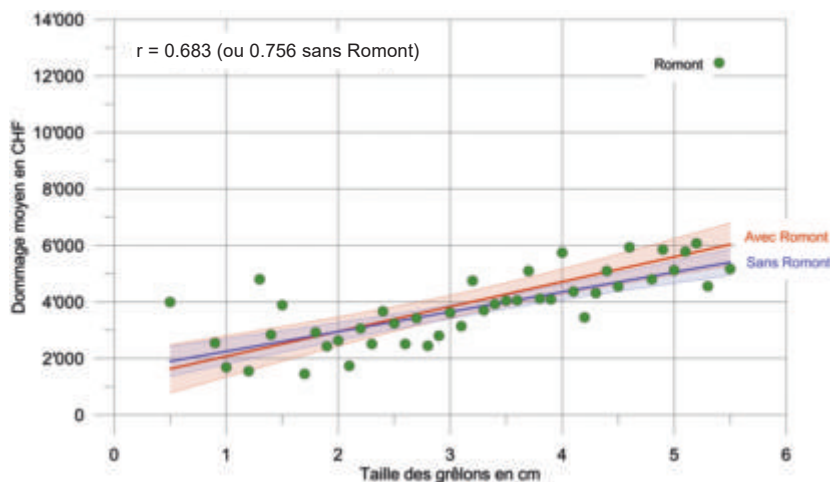


Fig. 61 : dommage individuel moyen (brut) en fonction des tailles de grêlons estimées d'après les radars météorologiques; droites de régression avec intervalle de confiance 95%.

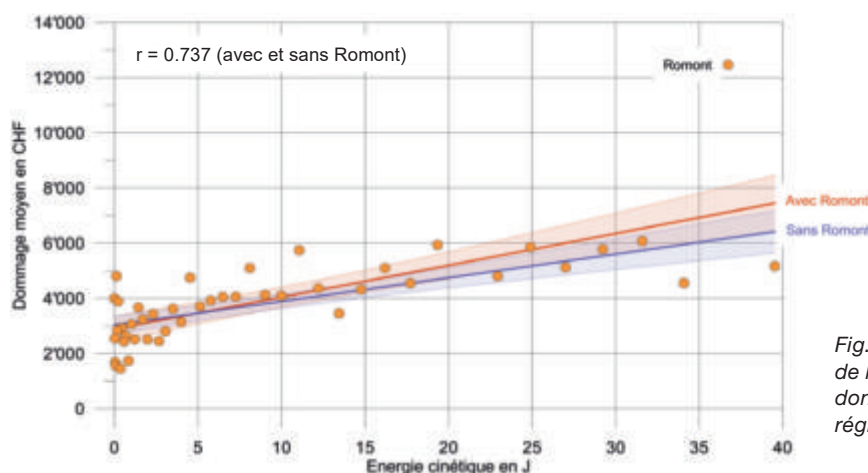


Fig. 62 : dommage individuel moyen (brut) en fonction de l'énergie cinétique des grêlons estimée d'après les données des radars météorologiques; droites de régression avec intervalle de confiance 95%.

Pour l'événement du 23 juillet 2009 on peut donc évaluer comme suit le dommage moyen aux bâtiments  $S_D$  en fonction de la taille des grêlons (droite de régression rouge, c'est-à-dire en omettant l'exception Romont) :

$$S_D \approx 695 d + 1'623 \text{ [CHF]}$$

$d$  = diamètre de grêlon en cm

La taille moyenne des grêlons a permis en outre de déduire l'énergie cinétique correspondante  $E_{cin}$  et également de rapporter celle-ci au montant moyen des dommages. Le calcul de l'énergie cinétique à partir de la taille des grêlons a été effectué par approximation selon la formule suivante (d'après ECA, 2007c) :

$$E_{cin} \approx d^4 \times 0,0432 \text{ [J]}$$

$d$  = diamètre de grêlon en cm

On y suppose des grêlons sphériques d'une densité de  $870 \text{ kg/m}^3$  avec une densité de l'air de  $1,2 \text{ kg/m}^3$ .

La fig. 62 présente le résultat du calcul. L'étroit rapport entre la taille des grêlons ou l'énergie cinétique et le montant des dommages apparaît clairement, et le coefficient de corrélation linéaire correspondant  $r$  est élevé en conséquence selon Pearson.

L'établissement d'un rapport direct entre l'intensité de la grêle et le montant des dommages est restreint par différents facteurs non linéaires: selon qu'un élément de construction peut être remplacé en partie seulement (par ex. toit de tuiles) ou doit l'être en totalité même pour un dommage minime (par ex. surfaces en verre), les dommages se chiffrent très différemment. Dans le premier cas, il existe une relation positive presque linéaire (au sens mathématique) entre l'intensité et le montant des dommages, alors que dans le deuxième il s'agit d'une bascule. Dès qu'à partir d'une intensité déterminée survient un endommagement même minime, les coûts se font immédiatement sentir en totalité (Hohl et al., 2002). Raison pour laquelle l'effet de tels éléments de construction sur la somme totale des dommages ne doit pas être sous-estimé, car, particulièrement à de faibles intensités, il agit fortement sur les coûts.

## 5. Nature des dommages

Plusieurs des facteurs mentionnés sous 2.3 influencent également le rapport entre l'intensité de la grêle et le montant des dommages en ceci qu'ils augmentent sensiblement la dispersion autour de la droite de régression, comme l'indiquent les fig. 60 et 61. La formation des moyennes permet toutefois d'atténuer la dispersion. Sous cet aspect, on peut s'étonner du rapport qui paraît linéaire dans une large mesure entre la taille des grêlons et les dommages aux bâtiments, tout en remarquant que la taille des grêlons n'est elle-même pas en relation linéaire avec la principale grandeur déterminante pour le dommage, l'énergie cinétique. Le rapport qui visuellement paraît linéaire ne s'applique en outre qu'à une plage de valeurs bien précise: le dommage maximal sur un bâtiment est limité vers le haut, c'est-à-dire qu'il ne peut pas être dépassé même par des grêlons de taille encore plus grosse. Le rapport est limité vers le bas par le fait qu'en dessous d'une certaine taille de grêlons (env. 2 cm pour les dommages fonctionnels, env. 1 cm pour les dommages esthétiques), il ne survient guère plus de dommages. L'apparente contradiction de la fig. 60 sur le fait que le dommage individuel moyen n'est pas à zéro avec des grêlons de taille < 1 cm s'explique par différentes raisons:

- La moyenne des données a été effectuée sur des cellules de raster de «seulement» 1 × 1 km; la fig. 13 démontre cependant l'extrême variabilité à petite échelle de la grêle.
- Les tailles de grêlons dérivées des données des radars météorologiques sont relativement grossières avec une résolution de 1 cm; la détermination des tailles de grêlons par commune en classes de 0,1 cm donne une impression de précision erronée.
- Le montant du dommage individuel moyen n'exprime rien quant au nombre de dommages sur lequel se fonde le calcul de la valeur moyenne – un seul dommage suffit, et la valeur moyenne est supérieure à zéro (exemple extrême: Romont).

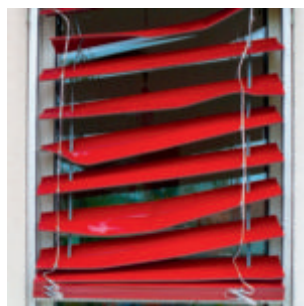
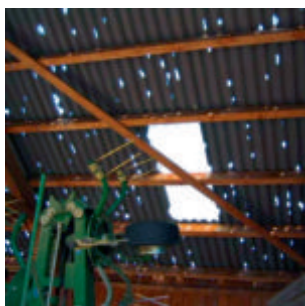


Fig. 63: dommages fonctionnels: à gauche, toit en ciment fibreux (Eternit ondulé) transpercé; il ne remplit plus sa fonction de protection contre les intempéries. A droite, store avec lamelles déformées; il est fortement atteint dans sa fonction de régulation de la lumière incidente. (Photos: ECA TG).

## 5. Nature des dommages

L'endommagement par impact de grêle est différent selon la nature et la fonction des éléments de construction concernés:

- Les éléments de construction peuvent être atteints dans leur fonction en tant que protection contre les intempéries, c'est-à-dire qu'ils ne sont plus étanches à l'eau ou au vent, ou n'isolent plus dans une mesure suffisante (toit, crépi, fenêtre, isolation, ...; fig. 63 à gauche).
- Les éléments de construction peuvent être atteints dans leur fonction d'influencer la pénétration de la lumière, c'est-à-dire qu'ils ne sont plus étanches à la lumière (stores, volets; fig. 63 à droite) ou ont au contraire perdu une partie de leur translucidité (cassure blanche, par ex. sur les impostes et les coupoles d'éclairage en matière synthétique).
- Les installations et appareillage techniques peuvent tomber en panne, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent plus exercer leur fonction mécanique (moteurs de stores, systèmes d'alerte de vent) ou leur fonction électrique (luminaires, lignes d'alimentation et de communication, antennes, installations solaires; fig. 64 à gauche).
- La surface des éléments de construction peut aussi subir des dommages liés à son apparence (dommages esthétiques). Notamment les surfaces constituées de tôles, de certaines matières synthétiques et de peintures/lasures y sont exposées; fig. 64 à droite). La question de savoir s'il s'agit effectivement d'un dommage esthétique relève par essence d'une certaine subjectivité. Selon les directives de l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie, un dommage esthétique n'est indemnisé que s'il est discernable avec certitude à une distance de 5 m.

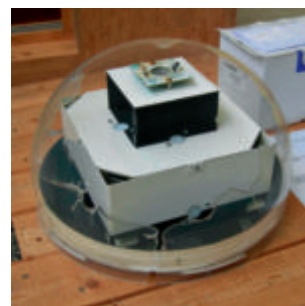


Fig. 64: à gauche, appareil défectueux: la coupole en plexiglas et la sensorique des capteurs de luminosité sont endommagées, l'appareil n'est plus en état de fonctionner. A droite, dommage esthétique: le toit de tôles trapézoïdales présente des bosses bien visibles; il n'est cependant pas atteint dans sa fonction de protection contre les intempéries (photos: ECA TG).

## 6. Effet de la réduction et de la prévention des dommages

### 6. Effet de la réduction et de la prévention des dommages

Par le Répertoire de protection contre la grêle (ECA 2007a, b; [www.hagelregister.ch](http://www.hagelregister.ch)), les établissements cantonaux d'assurance mettent à disposition des architectes, des planificateurs et des maîtres d'ouvrage un instrument qui leur permet de choisir les éléments de construction utilisés pour l'enveloppe du bâtiment d'après leur vulnérabilité à la grêle, en toute connaissance de cause. Sur la base de la carte à la fig. 58, les établissements cantonaux d'assurance recommandent pour une grande partie de la Suisse l'emploi de produits présentant une résistance à la grêle RG 3. Si cette recommandation était mise en œuvre de manière systématique, des dommages dus à la grêle ne surviendraient en moyenne qu'une fois en cinquante ans même sur les bâtiments des régions les plus exposées en Suisse.

#### **Pourquoi précisément une résistance à la grêle RG 3?**

« Une classification est déterminée par l'énergie cinétique des grêlons percutant des éléments de construction. La première classe de résistance à la grêle (RG 1) correspond à l'énergie d'un grêlon rond de 1 cm de diamètre. La classification va jusqu'à la classe RG 5, qui correspond à un grêlon de 5 cm de diamètre. » (d'après ECA, 2007b).

Des procédures d'essai normalisées ont été élaborées pour déterminer la résistance à la grêle. Lors de l'essai, dans des conditions bien définies\*, des billes de glace sont projetées sur les matériaux à examiner afin d'étudier les effets produits. Les essais sont confiés à des instituts indépendants spécialisés. Les matériaux de construction sont ensuite enregistrés dans le Répertoire de protection contre la grêle publiquement accessible ([www.hagelregister.ch](http://www.hagelregister.ch)).

Les départements de prévention de L'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie et des Etablissements cantonaux d'assurance recommandent unanimement l'emploi de matériaux de construction présentant une résistance à la grêle d'au moins RG 3. Un diamètre de grêlons de 3 cm correspond au calibre auquel dans une grande partie de la Suisse un bâtiment est exposé à peu près une fois en cinquante ans (correspond approximativement au cycle de rénovation complète de l'enveloppe du bâtiment). Le but visé est que chaque bâtiment ne soit en moyenne confronté qu'une fois au maximum dans sa durée de vie à des dommages dus à la grêle.

(\* en termes de vitesse d'impact, angle de tir, nombre et emplacement des impacts, température des matériaux, critères de dommage, traitement préalable des échantillons, etc.)

En quoi la mise en œuvre systématique d'éléments de construction d'une résistance à la grêle RG 3 aurait-elle contribué concrètement à une diminution des dommages aux bâtiments dus à la grêle dans le cas de l'événement du 23 juillet 2009? Voici quelques exemples de calcul à ce sujet.

#### **Calcul par recoupement du centre de gravité géographique de la commune avec le raster des tailles de grêlons**

Pour ce faire, le centre de gravité géographique de chacune des communes touchées a été calculé dans le système d'information géographique (SIG), puis la valeur tirée du fichier de données raster sur les tailles de grêlons a été saisie sur ce point (fig. 65). Les montants de dommages des communes dont la taille des grêlons atteignait une valeur-seuil déterminée ont été totalisés, les autres omis. Du fait du flou des données radar, les diamètres de grêlons de 2,5 (2–3) et 3,5 (3–4) cm ont été choisis comme valeurs-seuils. D'après ce calcul, le recours systématique à des produits d'une classe de résistance 3 aurait permis de réduire de 7 à 10% la somme totale brute des dommages d'environ CHF 270 millions (soit env. CHF 20 à 30 millions).

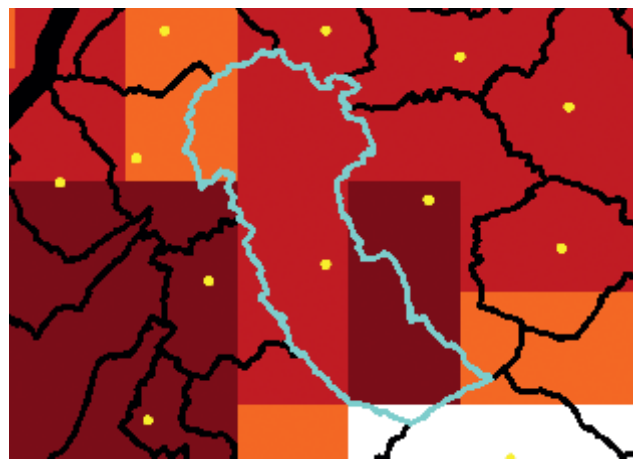


Fig. 65: attribution des valeurs raster sur les tailles de grêlons (orange à rouge sombre) au centre de gravité géographique (points jaunes) des communes (lignes de démarcation noires); exemple mis en évidence en bleu: Villorssonens FR, dont le centre de gravité géographique tombe sur une cellule de raster avec une valeur de 3,5 cm pour la taille des grêlons (bases cartographiques: swisstopo).

### Calcul par détermination de la taille moyenne des grêlons par commune

A l'aide du SIG, le raster des tailles de grêlons a été recoupé avec le fichier des frontières communales, puis la moyenne des points de raster des tailles de grêlons déterminée pour chaque commune (fig. 66). Ensuite le montant des dommages a été additionné pour les communes dont la taille moyenne des grêlons s'élevait à  $\geq 3$  cm. Les calculs se fondent sur les mêmes données que dans la méthode précédente, seule la démarche est légèrement différente. Les résultats sont par conséquent assez proches les uns des autres : le montant brut des dommages dans les communes présentant des tailles moyennes de grêlons jusqu'à 3 cm s'élève à env. CHF 20 millions, ce qui correspond à 7% de la somme totale des dommages de près de CHF 270 millions.

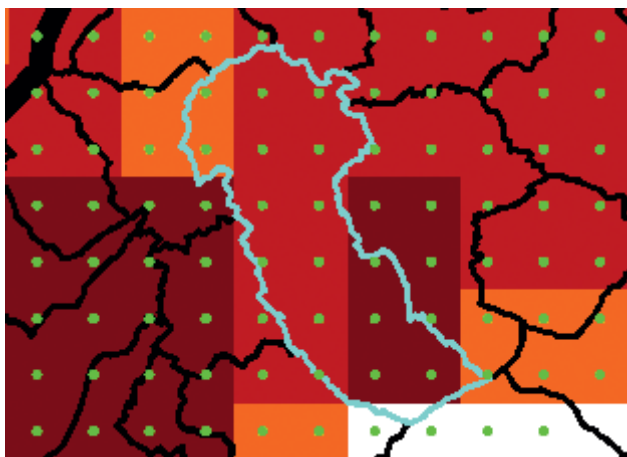


Fig. 66 : calcul des tailles moyennes de grêlons (points verts) à partir des données des radars météorologiques (cellules de raster orange à rouge sombre) par commune (lignes de démarcation noires); exemple mis en évidence en bleu : Villorsonnens FR avec 15 points de raster des classes granulométriques des grêlons 2,5, 3,5 et 4,5 cm, valeur moyenne résultante 3,6 cm (bases cartographiques : swisstopo).

### Calcul par rapprochement entre les tailles de grêlons et le dommage moyen

Comme pour la méthode précédente, la taille moyenne des grêlons a été déterminée pour les communes. Pour chaque commune présentant une taille moyenne des grêlons de  $\geq 3$  cm, le dommage moyen a été calculé par la fonction décrite au chap. 4 et multiplié par le nombre de dommages annoncés, puis le résultat additionné sur ces communes. La somme totale des dommages ainsi calculée s'élève à env. CHF 190 millions, la différence par rapport à la somme totale effective des dommages représente près de CHF 80 millions. L'économie réalisée avec une résistance à la grêle

RG 3 se monterait donc à 30%. Il faut toutefois observer à ce sujet que la commune de Romont, hors cadre, n'a pas été prise en compte pour l'établissement de la fonction, ce qui correspond à la droite de régression plus plate représentée en bleu dans la fig. 61. L'anormalité de Romont joue également un rôle du fait que le montant des dommages pour la commune est bien trop faiblement évalué, raison pour laquelle la somme totale des dommages est trop basse. Si toutefois la commune de Romont est aussi prise en compte dans la relation (droite de régression rouge dans la fig. 61) et si, à la place de la valeur estimée, c'est le montant effectif des dommages survenus à Romont qui entre dans la somme totale des dommages sur l'ensemble des communes présentant une taille moyenne de grêlons de  $\geq 3$  cm, l'économie calculée s'élève encore à 23%.

### Remarques sur les évaluations

En réalité, même en cas de recours systématique à la résistance à la grêle RG 3 dans les régions touchées par des chutes de grêle présentant des tailles de grêlons  $< 3$  cm, des dommages surviendraient malgré tout dans une certaine mesure, car les éléments de construction ne peuvent pas tous être complètement conçus pour une telle résistance à la grêle. Ceux-ci ont toutefois été totalement omis dans les exemples de calcul ci-dessus. Les économies possibles seraient en conséquence plus faibles.

A l'inverse, les dommages seraient moindres dans les régions présentant des tailles de grêlons de  $\geq 3$  cm si la résistance à la grêle RG 3 était mise en œuvre. En particulier les dommages consécutifs (par ex. la pénétration d'eau) en seraient réduits puisque notamment les éléments de construction multicouches ne seraient alors pas transpercés de part en part.

Il est difficile d'estimer quelle est l'interaction de ces deux effets. Raison pour laquelle il a été renoncé à une adaptation des exemples de calcul. Les économies réalisables par introduction de la résistance à la grêle RG 3 dans le cas de l'orage de grêle du 23 juillet 2009 devraient toutefois se situer dans une plage de 5 à 15%, soit près de CHF 15 à 40 millions.

A première vue, même si cela ne semble pas être beaucoup compte tenu de la somme totale élevée des dommages, il s'agit de prendre en considération que l'événement du 23 juillet 2009 a été absolument exceptionnel avec des tailles de grêlons dépassant 6 cm. Les dommages importants sont avant tout une conséquence de ces gros grêlons. En cas d'événements moins sévères, le potentiel d'économie serait proportionnellement bien plus élevé.

## 7. Conclusions, résultats, perspectives

### 7. Conclusions, résultats, perspectives

Le but de l'analyse détaillée des dommages de grêle sur la base des bordereaux de sinistres était notamment d'élaborer une méthodologie pour la saisie des données de dommages dus à la grêle, et de déceler aussi les possibilités et problèmes qui s'y rapportent afin de pouvoir effectuer de telles analyses à l'avenir avec une charge raisonnable de travail. Un objectif important à long terme reste finalement d'obtenir une estimation aussi rapide et, même reposant sur des informations incomplètes, aussi fiable que possible des dommages causés par un futur événement de grêle.

Schiesser et al. relevaient en 1999 déjà :

*« Pour pouvoir évaluer dans une région combien de bâtiments ont été touchés par la grêle et avec quelle force, il faudrait connaître l'ensemble du parc de bâtiments avec les principales caractéristiques (matériaux des toitures et des façades, mais aussi des informations par ex. sur la densité et la hauteur de construction), afin de permettre une estimation globale des dommages. Dès qu'une assurance a saisi informatiquement son portefeuille, de manière géographiquement localisable, un grand pas est franchi. »*

Alors que la première exigence mentionnée portant sur les caractéristiques techniques du parc immobilier est toujours insatisfaite dans une large mesure, le problème du manque de géoréférencement a été résolu entre temps dans plusieurs établissements cantonaux d'assurance.

Le fait que l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie a aimablement remis à l'UIR et à l'IGAR l'ensemble des données sur les dommages en vue de l'analyse a grandement simplifié le travail. Il n'a ainsi pas été nécessaire de procéder aux analyses sur place à Frauenfeld, ce qui s'est révélé très avantageux en termes de temps et de moyens techniques. Les données en grande partie normalisées dans les bordereaux de sinistre, leur qualité élevée et le fait qu'ils soient disponibles sous forme numérique ont également contribué à faciliter l'analyse. Le traitement semi-automatique à l'aide de l'outil VBA pour la sélection des données a permis de maintenir la charge de travail dans des limites raisonnables. Si les données n'avaient été disponibles que sous forme analogique, cette charge aurait été multipliée pour le même résultat lors l'analyse d'un échantillon de 500 cas.

Le traitement d'un échantillon plus grande taille aurait permis d'améliorer encore un peu la représentativité. Cela s'applique toutefois moins aux analyses sur l'ensemble de l'échantillon, qu'à la subdivision en petits sous-échantillons. Alors que la catégorie « toits » (représentant 53% des éléments de construction dans les bordereaux) aurait sans difficulté pu être subdivisée en sous-catégories par matériaux, il n'en va pas de même pour les éléments de construction qui n'apparaissent que rarement dans les bordereaux (par

ex. les lucarnes qui ne sont présentes que dans 2% ou quarante cas dans les bordereaux). Le problème d'une représentativité insuffisante est apparu dans l'examen des éléments de construction touchés, répartis par année de construction. Les résultats correspondants ne sont donc pas présentés dans la présente étude.

Des améliorations seraient encore nécessaires dans l'identification des matériaux des éléments de construction. Dans les bordereaux de sinistre, l'information en question n'était dans 28% des cas ni explicitement mentionnée, ni implicitement décelable avec certitude par la nature de l'élément de construction, ce qui a encore sensiblement réduit l'échantillon analysable.

Une saisie systématique des informations contenues jusqu'alors uniquement dans les bordereaux, ainsi que l'enregistrement dans une base de données avec les données « conventionnelles » sur les dommages faciliterait grandement les futures analyses et contribuerait à leur amélioration qualitative. Le détour par les bordereaux pourrait ainsi être évité.

Les résultats présentés fournissent une base de discussion quantitativement fondée pour les questions de prévention des dommages naturels, que ce soit envers les fabricants des éléments de construction, les architectes, les maîtres d'ouvrage, les propriétaires ou encore les médias. Les matériaux et éléments de construction particulièrement problématiques ont ainsi pu être clairement identifiés. En évitant ces derniers ou en les remplaçant par d'autres présentant une résistance à la grêle RG 3 ou plus, il serait déjà possible d'atteindre une baisse substantielle des dommages dus à la grêle.

La valeur de la présente étude est toutefois restreinte du fait que le nombre d'éléments de construction endommagée est bien connu, mais pas le nombre total des éléments de construction correspondants dans la région touchée par la grêle. Autrement dit : combien d'éléments de construction d'un type déterminé n'ont pas subi de dommages, mais ont résisté à la grêle ? C'est ainsi seulement qu'une indication fiable sur la vulnérabilité est possible, de même que son effet sur l'évolution des dommages.

Un événement extrême tel que celui du 23 juillet 2009 ne convient probablement pas très bien pour quantifier la pertinence d'une mise en œuvre de la résistance à la grêle RG 3 : à cet effet, il faudrait plutôt examiner des événements de grêle avec des grêlons d'un diamètre maximal de 3 cm. Une comparaison de la densité des dommages et du bâti en relation avec une analyse des éléments de construction endommagés (et si possible aussi des éléments non endommagés) a certainement fourni les réponses les plus fiables.

Il était prévu aussi pour l'événement de grêle du 26 mai 2009 dans le canton de Thurgovie de procéder à une comparaison des données des radars météorologiques avec les dommages moyens aux bâtiments causés par la grêle, comme à la fig. 61. En raison de la faible différenciation spatiale des données radar sur une surface assez limitée de la région analysée (991 km<sup>2</sup>), il n'a toutefois pas été possible de trouver une corrélation utilisable entre l'intensité de la grêle et les dommages. Le lien entre les tailles de grêlons observées et les dommages moyens n'a lui non plus pas mené à des résultats exploitables du fait du nombre trop faible de diamètres de grêlons connus.

Un approfondissement de l'étude serait possible (et souhaitable) sur les points suivants, en impliquant toutefois un investissement considérablement plus important :

- Relevé de l'ensemble des bâtiments avec leurs équipements dans les régions touchées par la chute de grêle.
- Relevé de l'âge des éléments de construction endommagés (pas simplement l'année de construction de l'immeuble concerné); les effets du vieillissement réduisent la résistance à la grêle de nombreux matériaux (notamment le ciment fibreux, la tuile, la matière synthétique).
- Examen plus approfondi des dommages aux maisons d'habitation particulièrement récentes et leur confrontation avec les dommages aux ouvrages plus anciens afin de tirer au clair si les occurrences plus fréquentes des premières reposent effectivement en premier lieu sur une attention accrue ou uniquement sur une plus grande vulnérabilité.
- Relevé détaillé de la répartition des tailles de grêlons observées dans la région touchée.
- Distinction des matériaux pour les stores roulants et à lamelles.

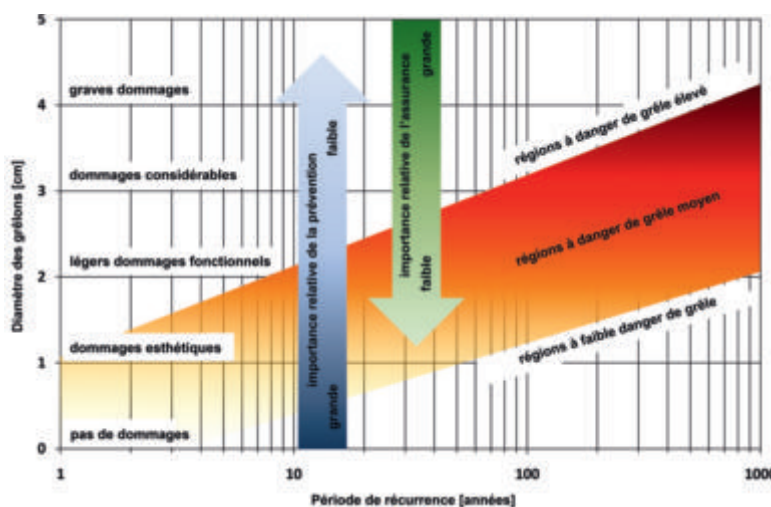


Fig. 67 : interaction de la prévention et de l'indemnisation des dommages en relation avec des éléments de grêle : à partir d'une certaine intensité de grêle, il n'est plus guère possible d'éviter les dommages de manière préventive; il est alors économiquement plus indiqué de les indemniser.

## Conclusions sur la prévention :

Les stores roulants et à lamelles, un facteur de poids dans le bilan des dommages se cassent en grand nombre surtout durant les chutes de grêle nocturnes. Un message SMS d'alerte météo régionale indiquant de relever les stores n'est guère utile de nuit, car l'essentiel de la population qui dort n'entend pas l'avertissement. Il reste donc la possibilité soit de réveiller les gens (avec le risque d'irriter en cas de fausse alerte ou de fortes variations d'intensité à petite échelle), soit de déclencher la remontée des stores directement par un signal radio. De tels systèmes ne sont cependant pas encore disponibles actuellement, de manière que les établissements d'assurance ne peuvent pas les recommander pour le moment, encore moins les prescrire.

Mais le problème est probablement désamorçé par le déroulement typique de l'activité de grêle au cours de la journée : selon TorDACH (2007), la fréquence des chutes de grêle en Allemagne dépend clairement de la période de la journée : en pourcentage, par heure au cours de la journée, la grêle croît sensiblement de 0,5% dès 12 heures CEST, atteint brièvement un maximum d'environ 10% vers 18 heures CEST et décroît à nouveau fortement à environ 2% jusqu'à 22 heures. Les conditions ne devraient pas être très différentes en Suisse. Cela signifie que la plus grande partie de la population est encore éveillée pendant la phase d'activité principale de grêle et pourrait ainsi recevoir des avertissements d'intempéries. Cela implique toutefois qu'au moment décisif des personnes se trouvent effectivement dans les bâtiments, et à même de prendre des mesures appropriées.

Il s'agit finalement d'accepter aussi le fait que les mesures de prévention permettent d'apporter une contribution essentielle à la réduction des dommages dus à la grêle, mais qu'il ne sera jamais possible d'éviter complètement les dommages, même avec les plus gros efforts dans le domaine de la prévention – surtout en cas de grêlons de gros diamètre, comme il en tombe toutes les quelques années quelque part en Suisse. Selon la loi de l'utilité marginale décroissante, le rapport entre l'investissement et l'utilité des mesures de prévention se détériore avec l'accroissement des moyens engagés. A partir d'un certain point, le rapport devient tellement défavorable que les moyens sont finalement plus judicieusement mis en œuvre pour indemniser financièrement les personnes concernées du dommage subi. Ce déplacement de l'importance de la prévention en faveur de l'indemnisation des dommages lorsque l'intensité de la grêle croît est représenté à la figure 67.

Prévention et indemnisation des dommages forment ainsi une paire inséparable, mutuellement complémentaire, de la stratégie des établissements cantonaux d'assurance : la prévention tant qu'elle est judicieuse, l'indemnisation des dommages lorsqu'elle est nécessaire.

Ou en d'autres termes : « prévenir et assurer. »

## 8. Remerciements

### 8. Remerciements

L'UIR et l'IGAR adressent leurs chaleureux remerciements aux établissements cantonaux d'assurance de Thurgovie, Vaud, Fribourg, Berne et Lucerne pour avoir aimablement mis à disposition leurs données sur les dommages.

Des remerciements particuliers sont adressés à :

- Monsieur Fredy Weber de l'Etablissement cantonal d'assurance de Thurgovie pour les nombreux renseignements sur l'événement de grêle du 26 mai 2009, la visite sur le terrain et l'importante iconographie.
- Madame Christine Haas et Madame Dörte Aller de l'Etablissement cantonal d'assurance de Zurich pour le conseil technique et l'intéressant échange de vues dans le contexte de l'analyse des données sur les dommages dus à la grêle.

### 9. Bibliographie

Choffet, M., Imhof, M., Caspard, O. & Jaboyedoff, M. (2011): Analyse des événements de grêle de 2009 – Etude pilote dans le canton de Thurgovie. Institut de Géomatique et d'Analyse du Risque, Université de Lausanne, rapport IGAR-Grêle-R001. 47 p.

Fragnières Frères (éd.; 1943): Nouvelles Etrennes Fribourgeoises 1943. 76<sup>e</sup> année. Fribourg. 289 p.

Furrer, B. (2010): Hagelwiderstand von Holzfassaden im Fokus. Schweizer Holzbau 10/2010. p. 22–27.

ECA ZH (2011): Ereignisanalyse Hagel 24.06.2002. Rapport interne. Etablissement cantonal d'assurance de Zurich. 115 p.

Hohl, R., Schiesser, H.-H. & Aller, D. (2002): Hailfall: the relationship between radar-derived hail kinetic energy and hail damage to buildings. Atmospheric Research 63 (2002). p. 177–207.

MétéoSuisse (2010): Grêle. Description d'événement dans le rapport annuel de l'Etablissement cantonal d'assurance de Fribourg. p. 29–36.

UIR (1950): Der heutige Stand der Elementarschadensverhütung. Etude de l'Union intercantonale de réassurance. Berne. 137 p.

ECA (éd.; 2007a): Répertoire de la protection contre la grêle Hagel – Rapport sectoriel potentiels de dommages – Rapport final. Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance. Berne. 115 p.

ECA (éd.; 2007b): Répertoire de la protection contre la grêle – Recherches sur le danger de grêle et la résistance de l'enveloppe des bâtiments. Rapport de synthèse. Fondation de prévention des établissements cantonaux d'assurance. Berne. 34 p.

ECA (éd.; 2007c): Recommandations – Protection des objets contre les dangers naturels météorologiques. Berne. 146 p.

Lateltin, O. & Jordi, M. (2008): Hagel – die unterschätzte Gefahr. Schadenprisma. Cahier 4/2008. 5 p.

Munich Re (1984): Grêle. Münchener Rückversicherungsgesellschaft. Munich. 56 p.

Rubli, M. F. (éd.; 1998): Alpenhorn-Kalender 1999. Almanach de l'Emmental et des régions avoisinantes. Editions Alpenhorn-Kalender Langnau e.E. 192 p.

Schiesser, H.-H., Hohl, R., & Schmid, W. (1999): Über die Beziehung Hagelfall – Gebäudeschäden: Fallstudie «Luzern-Hagelsturm» vom 21. Juli 1998. Etude pilote non publiée, réalisée pour Pertner Re. Zurich. 38 p.

Stierlin, E. (éd.; 1831): Valerius Anshelm's, genannt Rüd, Berner Chronik, von Anfang der Stadt Bern bis 1526. Volume cinq. Les années 1514 à 1520 comprise. L. A. Haller, Berne. 503 p.

SwissRe (2010): Versichertes Elementarschaden-Potenzial 2010. Portfolio der Kantonalen Gebäudeversicherungen (KGV). Rapport interne (64 p.) avec annexe séparé (65 p.). Zurich.

TorDACH (2007): Hagel-Klimatologie. TorDACH Germany – Centre de compétence pour les intempéries locales en Allemagne. Archive 1.6.00, automne 2007. <http://www.tordach.org/de/hail.htm>

Zehnder-Jörg, S. (2005): Die grosse Freiburger Chronik des Franz Rudella. Edition d'après l'exemplaire des archives de l'Etat de Fribourg. Université de Fribourg. 658 p.



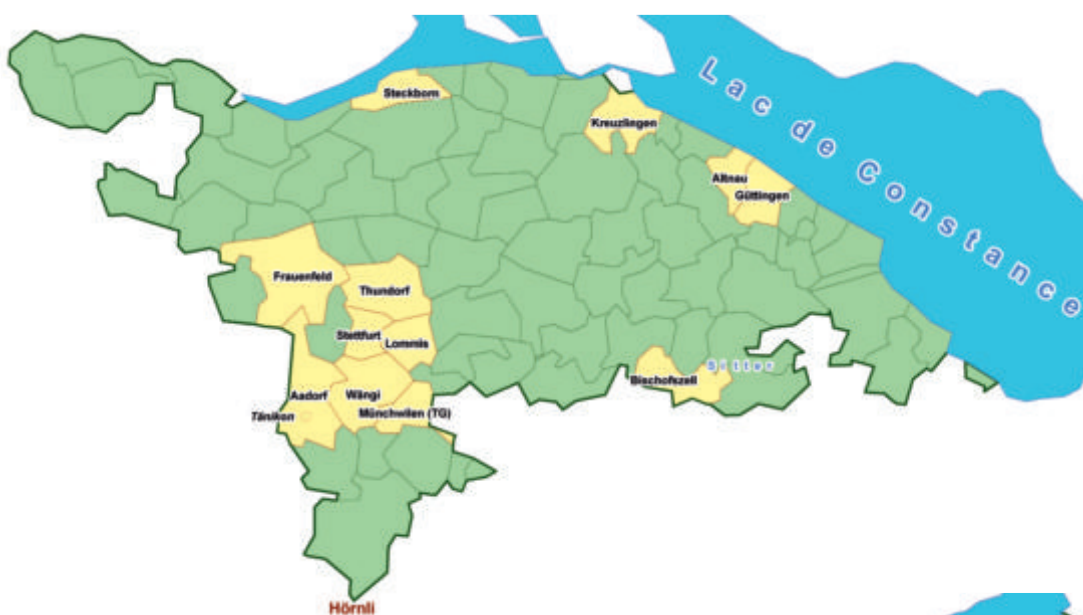
# Annexe A: cartes d'orientation indiquant l'emplacement des localités mentionnées dans le rapport

## Annexe A:

### cartes d'orientation indiquant l'emplacement des localités mentionnées dans le rapport

#### Canton de Thurgovie

(Bases cartographiques: swisstopo)



#### Canton de Vaud

(Bases cartographiques: swisstopo)





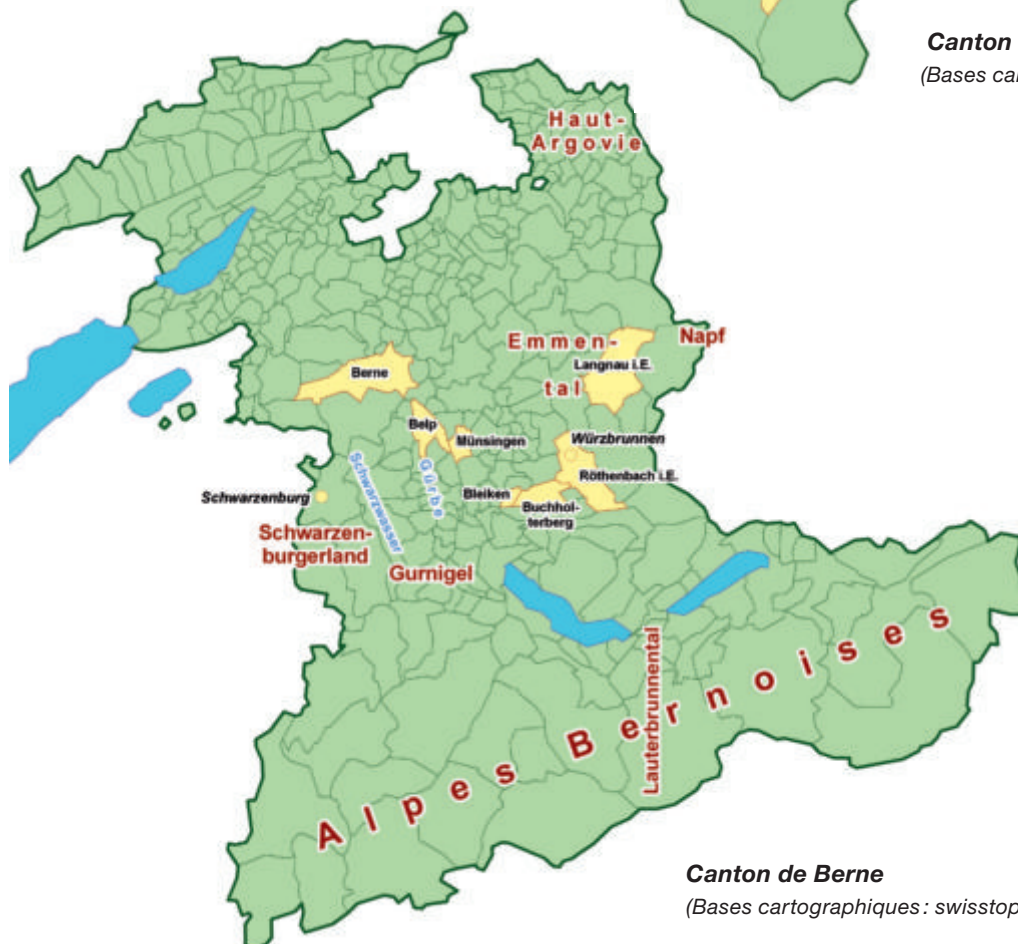
**Canton de Fribourg**

(Bases cartographiques : swisstopo)



**Canton de Lucerne**

(Bases cartographiques : swisstopo)



**Canton de Berne**

(Bases cartographiques : swisstopo)

# Annexe B : code d'affectation AEAI

## Annexe B : code d'affectation AEAI

### Bâtiments administratifs et bâtiments publics

10	Bâtiments de l'administration
11	Bâtiments scolaires
12	Bâtiments ecclésiastiques
13 (14)	Hôpitaux, maisons spécialisées dans les soins
16	Bâtiments consacrés à l'art, à la culture et au sport
19 (15)	Autres

### Maisons d'habitation

20	Habitation uniquement
29 (21-29)	Affectation mixte

### Bâtiments agricoles

30	Bâtiments agricoles habités
39 (31-39)	Autres bâtiments agricoles

### Transports

40 (40-49)	
------------	--

### Commerce

50 (55)	Magasins et immeubles commerciaux
51	Entrepôts

### Industrie et artisanat

60 (61)	Travail de la pierre et de la terre
62	Industrie du bâtiment (sans le bois)
63	Produits alimentaires et de luxe
64 (65,69)	Industrie textile, vêtements, cuir
66	Travail du bois (y compris industrie du bâtiment)
67 (68)	Industrie du papier, arts graphiques
70	Industrie des matières synthétiques
71	Industrie chimique
72 (73)	Industrie métallurgique et mécanique
74	Horlogerie
76	Approvisionnement et élimination des déchets
79 (75,77-79)	Autres

### Hôtellerie

80	Hôtels
81 (89)	Restaurants

### Petits bâtiments et dépendances

90	
----	--

