

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 31 (1940)  
**Heft:** 8

**Artikel:** La foudre et le bâtiments : étude statistique des coups de foudre survenus en Suisse de 1925 à 1937  
**Autor:** Morel, C.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057997>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

## La foudre et les bâtiments.

### Etude statistique des coups de foudre survenus en Suisse de 1925 à 1937.

Par le Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS (Ch. Morel).

551.594.2 : 621.316.98

*L'auteur rapporte sur les investigations statistiques relatives aux dommages causés par la foudre aux bâtiments en Suisse, étude effectuée par le secrétariat général à la demande de la commission de l'ASE pour la protection des bâtiments contre la foudre. Après un aperçu général documenté par des tableaux synoptiques et dont ressort clairement l'efficacité des paratonnerres contre les décharges directes, l'auteur examine quelques problèmes particuliers, en particulier celui des prises de terre.*

*Es wird über die im Auftrage der Kommission des SEV für Gebäudeblitzschutz vom Generalsekretariat durchgeführten statistischen Untersuchungen über Gebäudeblitzschläge in der Schweiz berichtet. Nach einer durch Tabellen belegten zahlenmässigen Zusammenstellung, aus welcher die Wirksamkeit der Blitzableiter gegen direkte Blitzeinschläge ganz eindeutig hervorgeht, werden einzelne Fragen, insbesondere diejenige der Erdungen, herausgegriffen.*

#### I. Introduction.

Au cours de ces dernières années, la foudre a fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques. On a fixé sa nature impulsive, mesuré l'intensité du courant de décharge et même pénétré fort avant dans le mécanisme de la décharge, ce qui a donné naissance à des théories assez plausibles, que l'expérience doit encore confirmer. Les applications pratiques de ces connaissances à la protection des bâtiments semblent par contre être plutôt restées en stagnation depuis le début de siècle. En effet, pour beaucoup les paratonnerres ont encore un cachet d'empirisme et on ne leur attribue pas plus de vertus protectrices qu'aux formules magiques du moyen-âge.

Pour mettre fin à ces opinions erronées sur l'efficacité des paratonnerres, la commission de l'ASE pour la protection des bâtiments contre la foudre chargea le secrétariat général d'entreprendre une étude détaillée de la question au point de vue pratique. Dans ce but, le secrétariat général s'adressa aux Etablissements cantonaux suisses d'assurance contre le feu, pour obtenir les données nécessaires par l'intermédiaire de leurs organes de contrôle. En outre, l'Administration des PTT, le Conseil d'Etat d'Obwald et quelques particuliers prêtèrent également leur concours. Nous tenons à exprimer ici notre reconnaissance à tous ces collaborateurs.

Nous avons déjà publié dans ces colonnes quelques extraits de ces recherches (Bull. ASE 1933, No. 10; 1934, No. 24; 1939, No. 1). En outre une étude très détaillée a paru dans le Bulletin de l'Association des Etablissements Cantonaux Suisses d'Assurance contre l'Incendie, 1939, No. 3.

#### II. Investigations et résultats.

Lorsque la commission pour la protection des bâtiments contre la foudre nous chargea de l'étude faisant l'objet de ce rapport, elle envisageait en premier lieu d'examiner de près comment la décharge se comporte lorsqu'elle touche un bâtiment, afin d'adapter au besoin aux constatations faites les directives qu'elle a établies pour la protection des bâtiments contre la foudre. En outre, elle tenait à se rendre compte de l'efficacité des mesures préconisées. Cela nous conduisit à entreprendre simultanément deux enquêtes différentes. La première débuta en 1931 et se poursuivit encore aujourd'hui. Elle se base sur des rapports détaillés rédigés par

les organes de contrôle des compagnies d'assurance chargés de faire sur place les constatations lors de foudroyements de bâtiments. Elle fournit des données très instructives sur la manière dont se comporte la foudre et permet de contrôler au point de vue technique l'efficacité des mesures de protection et de les améliorer en conséquence. Pour la seconde enquête, nous avons rassemblé tous les cas signalés aux assurances cantonales depuis 1925, ce qui nous a permis de fixer numériquement le taux des dommages causés aux bâtiments protégés et non protégés, donc l'efficacité des paratonnerres en général.

##### A. Enquête générale 1925—1937.

###### 1° Généralités.

Cette enquête a porté sur 7048 cas intéressant un nombre égal de bâtiments dont la valeur totale (somme d'assurance) s'élève à fr. 412 743 540.—, mobilier non compris. La somme des indemnités versées pour les dommages causés aux bâtiments (sans mobilier également) atteint fr. 5 609 960.—, soit près d'un demi-million en moyenne par an. Cette somme comprend tous les dégâts produits directement ou indirectement par la foudre. Or, pour examiner objectivement la question, il s'est avéré nécessaire de grouper ensemble les cas de même espèce. On ne peut par exemple étudier l'efficacité des paratonnerres en considérant des bâtiments atteints indirectement, soit par suite d'un incendie provoqué par la foudre dans le voisinage, soit par une surtension qui a pris naissance dans le réseau de distribution électrique.

Ces réflexions nous ont conduit à distinguer entre

- A) bâtiments sans protection, et
- B) bâtiments protégés.

En outre, chacune de ces classes est subdivisée selon la cause directe du dommage en 5 catégories:

- a) décharges directes (bâtiments touchés directement),
- b) voisinage (le bâtiment a été endommagé du fait qu'il se trouvait dans le voisinage d'un bâtiment touché),
- c) arbres (la décharge a touché d'abord un arbre pour passer ensuite directement sur le bâtiment),
- d) surtensions (le dommage a été causé par une surtension pénétrant dans le bâtiment par une canalisation électrique, sans décharge directe sur le bâtiment),

e) masse (décharge vers le sol par étincelle d'une masse métallique plus ou moins bien isolée, chargée par influence, sans que le bâtiment ait été touché directement).

Le tableau I donne un aperçu des coups de foudre survenus en Suisse de 1925 à 1937 dans les 18 cantons englobés par l'enquête. (En sont exclus les cantons de Genève, Valais, Tessin, Uri, Schwyz, Obwald et Appenzell Rh. int., qui ne possèdent pas d'établissement cantonal d'assurance contre l'incendie.)

On constate en premier lieu que les  $\frac{4}{5}$  environ des bâtiments n'étaient pas protégés et que le  $\frac{1}{5}$  environ était pourvu de dispositifs de protection. Ce dernier chiffre peut paraître élevé si l'on tient compte que dans les cantons les plus avancés seulement le 30 % des bâtiments est protégé, alors que dans certains autres cantons cette proportion ne dépasse pas 2 ou 3 %. Une explication nous semble résider dans le fait que les paratonnerres sont naturellement plus nombreux dans les contrées où la fréquence des foudroyements est notoirement élevée et que dans certains cantons les propriétaires d'immeubles munis de paratonnerres sont tenus de signaler tous les coups de foudre, même s'il ne causent aucun dommage. D'autre part il est certain que bien des cas de paratonnerres touchés ne parviennent pas à la connaissance des assurances lorsque le dommage est nul ou insignifiant. Une certaine réserve s'impose donc dans les conclusions qu'on pourrait tirer des chiffres que nous avançons.

La valeur moyenne des bâtiments protégés (fr. 112 000.—) dépasse le double de celle des bâtiments sans protection (fr. 47 400.—). Cela veut dire que l'on s'applique à protéger les immeubles de certaine valeur, alors qu'on néglige, et à tort, les constructions de moindre importance, surtout à la campagne.

Parmi les causes immédiates des dommages, les décharges directes et les surtensions sont les plus importantes. Ces deux causes se tiennent à peu près la balance quant au nombre de cas, tandis que pour l'intensité du dommage, ce sont les décharges directes qui l'emportent, et de beaucoup.

### 2° Efficacité des mesures de protection.

Pour chiffrer l'efficacité des mesures de protection, on ne peut comparer entre eux que les chiffres relatifs, c'est-à-dire les intensités de dommage en ‰ de la somme assurée. Le dommage relatif des bâtiments non protégés est de l'ordre de 40 à 50 ‰ pour les décharges directes, les cas de voisinage et les foudroyements d'arbres. Il est environ 15 fois plus faible pour les surtensions (3 à 4 ‰). Dans la catégorie des bâtiments protégés, le dommage relatif est de l'ordre de 5 ‰ environ, à l'exception de la catégorie c (arbres) où il atteint 35 ‰.

Parmi les 570 cas de décharge directe sur des bâtiments protégés, il en a 9 où le dommage a dépassé  $\frac{1}{10}$  de la somme assurée. Or il s'est avéré que dans 7 de ces 9 cas le paratonnerre était soit défectueux, soit mal installé, soit limité à une partie

seulement de l'immeuble, alors que c'est une autre partie non protégée qui a été touchée. Dans les deux autres cas il s'agissait de cheminées d'usine dont la réparation a été très coûteuse à cause de l'échafaudage, alors que le dommage lui-même était peu important. Après déduction de ces 9 sinistres, le dommage subi par les 561 bâtiments protégés restants tombe à fr. 81 850.—, soit à 1,3 ‰ de la somme assurée, ou 30 fois moins que pour les bâtiments sans protection. *Les paratonnerres des 561 bâtiments en question, bien qu'en partie très imparfaits, ont donc contribué à réduire les dommages causés par les décharges directes au  $\frac{1}{30}$  au moins de la valeur qu'ils auraient atteinte sans paratonnerre. N'est-ce pas là une preuve éclatante de l'efficacité des paratonnerres?*

On aboutit à un résultat analogue dans les cas où la décharge a passé d'un arbre au bâtiment. Il faut là déduire un cas où la foudre a suivi un fil de fer d'étendage fixé au mur de la maison à une certaine distance de la descente du paratonnerre. Il est clair que dans ce cas la protection offerte par le paratonnerre était plutôt illusoire. Déduction faite de ce sinistre, le taux du dommage relatif s'abaisse à 2,5 ‰, chiffre égal au  $\frac{1}{24}$  environ du taux correspondant indiqué pour les bâtiments sans protection.

Quant aux cas de voisinage, il est clair que la présence d'un paratonnerre ne peut en aucun cas empêcher la transmission du feu d'un bâtiment à l'autre.

La situation est à peu près la même pour les surtensions d'origine atmosphérique pénétrant dans les immeubles par les lignes électriques aériennes à courant fort ou faible. Le dommage relatif est du même ordre de grandeur pour les bâtiments protégés que pour ceux sans protection. Il est clair que là aussi le paratonnerre ne peut empêcher les surtensions d'entrer dans l'installation électrique. Pour cela on dispose aujourd'hui d'autres moyens préventifs. Ce sont les parafoudres dont les types modernes ont fait leurs preuves. En outre, il semble qu'on puisse dans une certaine mesure parer à ces dégâts par une exécution judicieuse des installations intérieures.

### 3° Sinistres à dommage élevé.

Parmi les 7048 bâtiments atteints, 332, soit le 4,7 ‰, ont subi un dommage supérieur au  $\frac{1}{10}$  de la somme assurée. Le dommage total de ces 332 cas s'élève à fr. 4 431 344.—, soit au 79 ‰ du dommage total causé par la foudre. Cela veut dire que les sinistres causés par la foudre ne sont pas très fréquents. Il ne se déclare un incendie que dans un cas sur vingt environ. Un fait très intéressant et à retenir, c'est que de ces 332 bâtiments 271, soit le 81,6 ‰, servaient à l'agriculture, alors que la proportion générale des bâtiments agricoles n'est que de 41 ‰. On en déduit que le danger d'incendie par la foudre est bien plus élevé pour cette catégorie de bâtiments que pour les autres. Ce n'est donc pas sans motif que les directives de l'ASE préconisent de munir avant tout les bâtiments ruraux de paratonnerres.

Cause immédiate du dommage	Ensemble des bâtiments atteints								Domage supérieur au 10% de la somme assurée							
	Nombre de cas			Somme assurée		Domage causé			Nombre de cas			Somme assurée		Domage causé		
	absolu	en % du total	en % du total général	totale fr.	moyenne par bâtiment fr.	total fr.	moyen par bâtiment fr.	relatif en % de la somme assurée	absolu	en % du total	en % du total général	totale fr.	moyenne par bâtiment fr.	total fr.	moyen par bâtiment fr.	relatif en % de la somme assurée
<b>A. Bâtiments sans paratonnerre</b>																
a) Décharges directes . . .	2 653	45,5	37,6	100 791 230	38 000	4 198 312	1 580	41,6	249	78,8	75,0	3 826 060	15 350	3 482 230	14 000	910
b) Voisinage . . . . .	213	3,6	3,0	4 988 120	23 400	268 262	1 260	53,7	47	14,9	14,2	361 510	7 700	245 650	5 220	678
c) Décharges sur arbres . .	59	1,0	0,8	1 449 800	24 600	86 298	1 465	59,5	5	1,6	1,5	124 100	24 800	76 770	15 360	619
d) Surtensions dans les installations électriques . .	2 901	49,8	41,2	168 933 940	58 200	566 544	195	3,4	15	4,7	4,5	387 600	25 800	288 702	19 240	745
e) Décharge d'une masse métallique . . . . .	2	0,1	0,1	108 500	54 250	120	60	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Total</b>	5 828	100,0	82,7	276 271 590		5 119 536			316	100,0	95,2	4 699 270		4 093 352		
<b>Moyenne</b>					47 400		878	18,5				14 880			12 950	870
<b>B. Bâtiments avec paratonnerre</b>																
a) Décharges directes . . . (dont à paratonnerre défectueux) . . . . .	570 (9)	46,7 (0,7)	8,1 (0,1)	63 194 400 (289 900)	110 900 (32 200)	294 626 (212 776)	517 (21300)	4,7	9 (9)	56,2 (56,2)	2,7 (2,7)	289 900 (289 900)	32 200 (32200)	212 776 (212 776)	21 300 (21300)	735 (735)
b) Voisinage . . . . .	3	0,3	0,0	340 500	113 500	730	243	2,1								
c) Décharges sur arbres . . (dont à paratonnerre défectueux) . . . . .	13 (1)	1,1 (0,1)	0,2 (0,0)	615 000 (20 400)	47 300 (20 400)	21 880 (20 400)	1 685 (20400)	35,5	1 (1)	6,3 (6,3)	0,3 (0,3)	20 400 (20 400)	20 400 (20400)	20 400 (20 400)	20 400 (20400)	1000 (1000)
d) Surtensions dans les installations électriques . .	634	51,9	9,0	72 322 050	114 000	173 188	273	2,4	6	37,5	1,8	189 500	31 600	104 816	17 480	553
<b>Total</b>	1 220	100,0	17,3	136 471 950		490 424			16	100,0	4,8	499 800		337 992		
<b>Moyenne</b>					112 000		402	3,6				31 200			21 100	676
<b>C. Tous les bâtiments touchés</b>																
<b>Total général</b>	7 048		100,0	412 743 540		5 609 960			332		100,0	5 199 070		4 431 344		
<b>Moyenne générale</b>					58 600		795	13,6				15 650			13 330	853

4<sup>o</sup> Destination et situation des bâtiments touchés.

La classification des bâtiments touchés quant à leur destination et leur situation ressort du tableau II. La répartition des bâtiments selon la destination est à peu près la même que celle qui ressort de la statistique des incendies de l'Association

5<sup>o</sup> Points de chute.

Les données du tableau III sont d'une importance capitale pour la protection pratique des bâtiments. En effet, la disposition des organes capteurs doit tenir compte de la probabilité d'impact aux différents points de la toiture. Les endroits

Classification des bâtiments touchés par la foudre.

Tableau II.

Classification	Bâtiments sans paratonnerre		Bâtiments avec paratonnerre		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
<b>A. Selon la destination</b>						
I. Edifices publics . . . . .	141	2,4	138	11,3	279	4,0
II. Maisons d'habitation . . . . .	1 992	34,2	371	30,4	2 363	33,6
III. Habitations avec rural . . . . .	1 917	32,9	317	26,0	2 234	31,7
IV. Habitations et locaux industriels . . . . .	457	7,8	97	7,9	554	7,9
V. Habitations et locaux commerciaux . . . . .	115	2,0	18	1,5	133	1,9
VI. Bâtiments industriels . . . . .	461	7,9	118	9,7	579	8,2
VII. Autres bâtiments . . . . .	736	12,6	161	13,2	897	12,7
(dont servant à l'agriculture) . . . . .	(524)	(9,0)	(135)	(11,1)	(659)	(9,3)
Destination inconnue . . . . .	9	0,2	—	—	9	—
<b>Total</b>	<b>5 828</b>	<b>100,0</b>	<b>1 220</b>	<b>100,0</b>	<b>7 048</b>	<b>100,0</b>
<b>B. Selon la situation</b>						
I. Bâtiments isolés . . . . .	1 349	23,1	420	34,4	1 769	25,1
II. Bâtiments non contigus . . . . .	2 827	48,5	676	55,4	3 503	49,7
III. Bâtiments contigus avec mur mitoyen . . . . .	529	9,1	63	5,2	592	8,4
IV. Bâtiments contigus sans mur mitoyen . . . . .	326	5,6	41	3,4	367	5,2
Situation inconnue . . . . .	797	13,7	20	1,6	817	11,6
<b>Total</b>	<b>5 828</b>	<b>100,0</b>	<b>1 220</b>	<b>100,0</b>	<b>7 048</b>	<b>100,0</b>

des établissements cantonaux suisses d'assurance contre l'incendie (1938). Par rapport à cette même statistique on constate, au sujet de la situation, que les bâtiments isolés prédominent fortement. Plus des  $\frac{3}{4}$  des bâtiments touchés par la foudre étant isolés ou non contigus, il est donc juste de prévoir une protection surtout pour ces deux catégories de bâtiments.

des bâtiments non protégés les plus fréquemment atteints sont les cheminées (52,9 %) et les faites de toits (24,9 %), donc les endroits les plus exposés ou les plus élevés de la toiture. Il est par conséquent logique de munir en premier lieu ces parties d'organes capteurs, mais il ne faut pas négliger les points accessoires tels que les lucarnes, chéneaux, pare-neige, tuyaux d'aération, etc. Les chiffres re-

Répartition des points de chute.

Tableau III.

Pointe de chute	Ensemble des bâtiments atteints				Dompage supérieur au 10% de la somme assurée			
	Bâtiments sans paratonnerre		Bâtiments avec paratonnerre		Bâtiments sans paratonnerre		Bâtiments avec paratonnerre	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Cheminée . . . . .	1 404	52,9	68	11,9	29	11,6	—	—
Faite et pignon . . . . .	660	24,9	83	14,5	148	59,5	4	44,5
Toiture (sans précision) . . . . .	308	11,6	6	1,0	—	—	—	—
Pan de toit . . . . .	4	0,1	1	0,2	—	—	—	—
Lucarne, chéneau, pare-neige, tuyau d'aération . . . . .	39	1,5	1	0,2	3	1,2	—	—
Potelet . . . . .	5	0,2	—	—	—	—	—	—
Antenne . . . . .	23	0,9	3	0,6	—	—	—	—
Mât à drapeau . . . . .	4	0,1	—	—	1	0,4	—	—
Clocher, clocheton, tour . . . . .	76	2,9	54	9,4	5	2,0	—	—
Cheminée d'usine . . . . .	13	0,5	33	5,8	—	—	2	22,2
A côté du bâtiment . . . . .	8	0,3	1	0,2	—	—	—	—
Paratonnerre (sans précision) . . . . .	—	—	248	43,5	—	—	—	—
Tige de paratonnerre . . . . .	—	—	69	12,1	—	—	2	22,2
A côté du paratonnerre . . . . .	—	—	3	0,6	—	—	1	11,1
Inconnu . . . . .	109	4,1	—	—	63	25,3	—	—
<b>Total</b>	<b>2 653</b>	<b>100,0</b>	<b>570</b>	<b>100,0</b>	<b>249</b>	<b>100,0</b>	<b>9</b>	<b>100,0</b>

latifs aux bâtiments protégés confirment d'ailleurs ce que nous venons d'avancer, car si le paratonnerre n'est pas complet, c'est-à-dire s'il ne s'étend pas à tous les points essentiels et accessoires, la foudre peut tomber à côté et causer des dégâts importants, voire même incendier la maison. Si l'on ne considère que les cas où le dommage dépasse le 10 0/0 de la somme assurée, la répartition des points de chute prend un tout autre aspect. Ce ne sont plus les cheminées, mais la faite qui l'emporte. En voici la raison: les cheminées sont recouvertes à l'intérieur d'une couche conductrice de suie et les canaux de fumée descendent généralement jusqu'à la hauteur du sol, où la décharge rencontre moins facilement des matières facilement inflammables. Celles-ci sont plutôt logées dans les combles, surtout à la campagne où le foin se trouve souvent directement sous le toit et où il y a toujours des couches épaisses de poussière sur la charpente de la toiture. Le nombre de points de chute inconnus n'est pas étonnant, car lors de destruction totale il est presque impossible de retrouver des traces, et les observations de témoins oculaires sont rares et la plupart du temps contradictoires.

6° Arbres.

Il reste encore une catégorie à examiner de plus près, ce sont les cas où la décharge a touché un arbre avant de passer au bâtiment. Dans le tableau IV nous avons groupé outre ces cas, ceux où le fou-

Arbres foudroyés.

Tableau IV.

Essence	Chute sur un arbre				Total des arbres foudroyés	
	Passage direct au bâtiment		Chute, origine d'une surtension		absolu	relatif %
	Bâtiments sans paratonnerre	Bâtiments avec paratonnerre	Bâtiments sans paratonnerre	Bâtiments avec paratonnerre		
Peuplier . . .	19	5	5	10	39	35,2
Tilleul . . .	10	—	3	1	14	12,6
Poirier . . .	9	2	—	3	14	12,6
Sapin . . .	6	2	—	1	9	8,1
Chêne . . .	—	—	5	1	6	5,4
Cerisier . . .	3	—	—	1	4	3,6
Noyer . . .	3	—	—	1	4	3,6
Pommier . . .	—	—	1	1	2	1,8
Frêne . . .	1	1	—	—	2	1,8
Mélèze . . .	—	—	1	—	1	0,9
Orme . . .	1	—	—	—	1	0,9
Erable . . .	1	—	—	—	1	0,9
Sans spécification . . .	6	3	5	—	14	12,6
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>13</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>111</b>	<b>100,0</b>

droyement d'un arbre n'a fait que déclencher une surtension dans le réseau. On voit que les essences préférées ici sont le peuplier, le tilleul, le poirier et le sapin. Cependant il serait faux de généraliser cette constatation. Il ne s'agit là que des arbres croissant dans le voisinage des habitations; si l'on pouvait également obtenir des renseignements sur les nombreux arbres foudroyés en dehors de la zone habitée, en particulier à la montagne, il est probable que le tableau subirait bien quelques modifications. Du nombre des cas et du dommage causé

(tableau I) il ressort clairement que les arbres, loin de protéger les bâtiments qu'ils flanquent, comme la croyance en est encore fort répandue, sont plutôt une source de danger pour ces bâtiments. Malgré la présence d'arbres, il ne faut donc pas négliger la protection intégrale du bâtiment et on doit, en outre, tenir compte de la situation de ces arbres pour disposer les organes du paratonnerre. Au besoin, on munira l'arbre lui-même d'un organe capteur qu'on raccordera à la terre commune de l'installation du bâtiment.

7° Evolution des chiffres de 1925 à 1937.

Après ces quelques considérations tirées de l'ensemble des résultats, il peut être intéressant d'examiner l'évolution des chiffres au cours des 13 an-

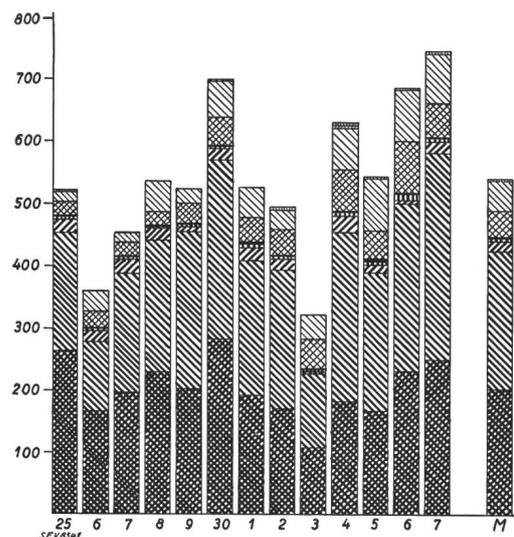


Fig. 1. Nombre absolu des bâtiments touchés, selon la cause immédiate des dommages.

- sans avec paratonnerre
- a Décharges directes.
- b Voisinage.
- c Arbres.
- d Surtensions.
- e Masses métalliques.
- M Moyenne des années 1925 — 37.

nées sur lesquelles l'enquête a porté. La fig. 1 représente graphiquement le nombre absolu des bâtiments touchés, pour chacune des 13 années, et pour la moyenne de celles-ci, classés selon la cause directe des dommages. La fig. 2 se rapporte à la répartition relative des bâtiments touchés selon la cause directe et la fig. 3 au dommage subi. La comparaison de ces deux derniers graphiques fait ressortir l'importance des décharges directes au sujet des dommages, ainsi que l'efficacité des mesures de protection. Finalement, la fig 4 représente l'intensité du dommage causé par les décharges directes aux bâtiments protégés (courbe b) et à ceux dépourvus de protection (courbe a). Le rapport entre ces deux courbes, qui n'est outre qu'une mesure de l'efficacité de paratonnerres, est figuré par la courbe c. A ce propos, il semble utile de rappeler que la courbe des bâtiments protégés n'est pas épurée des 9 cas à installation défectueuse. Si l'on

tient compte de ces 9 cas, on obtient les courbes en traits plus fins b' et c' qui ont une allure bien plus régulière.

étroit avec l'activité orageuse. La fig. 5 représente graphiquement la fréquence des coups de foudre pour chacune des années 1925 à 1937. Nous n'avons

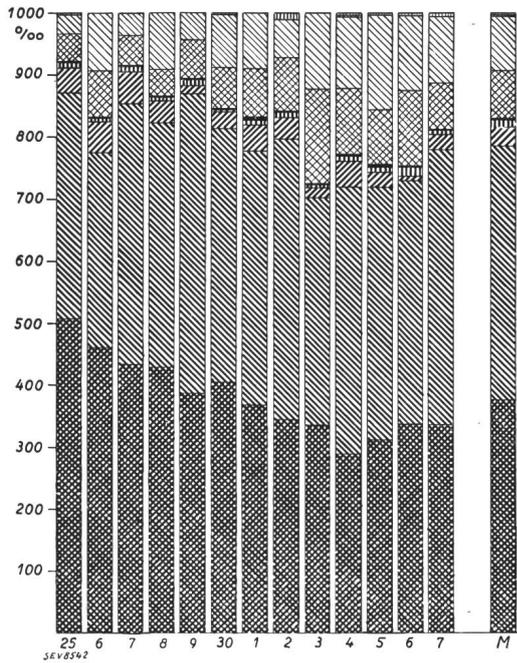


Fig. 2.

Répartition relative des bâtiments touchés selon la cause directe du dommage

- sans avec paratonnerre
- a Décharges directes.
  - b Voisinage.
  - c Arbres.
  - d Surtensions.
  - e Masses métalliques.

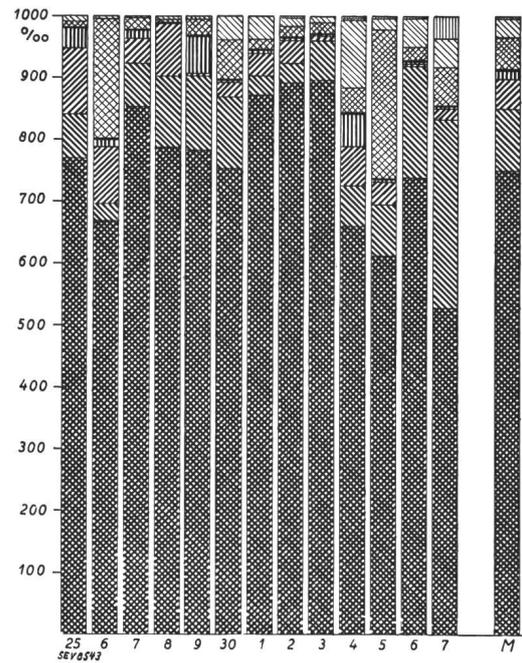


Fig. 3.

Répartition relative des dommages subis selon leur cause directe.

M Moyenne des années 1925 — 37.

8<sup>e</sup> Fréquence des coups de foudre.

Une autre question intéressante est celle de la fréquence des coups de foudre qui est en rapport

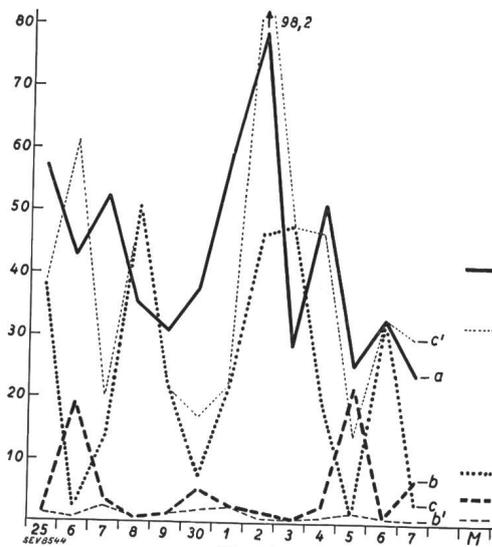


Fig. 4.

Intensité du dommage en ‰ de la somme assurée pour les bâtiments non protégés (—) et protégés (---), et rapport entre ces deux chiffres (.....), pour les décharges directes. En traits plus fins, les courbes correspondantes après élimination des cas à paratonnerre défectueux. M Moyenne des années 1925 — 37.

tenu compte que des décharges directes et des foudroyements d'arbres ou de lignes électriques, donc uniquement des cas où le point de chute est connu. Il en ressort que la répartition journalière est très irrégulière de sorte qu'on ne peut en déduire aucune loi. Certaines années, les décharges semblent se concentrer sur une seule journée (p. ex. 110 coups de foudre le 13 (!) juin 1925), tandis que d'autres années la répartition est plus régulière (1937). La courbe prend une tout autre allure si l'on fait la somme des 13 années, jour pour jour (fig. 6, courbe en escaliers) et si, par une suite d'opérations mathématiques on en déduit la courbe de répartition moyenne (fig. 6, courbe en pointillés), celle qui s'établirait probablement si l'on pouvait poursuivre les observations sur un plus grand nombre d'années. Cette courbe montre qu'en Suisse on peut s'attendre à partir de février à quelques orages prématurés auxquels correspondent symétriquement les orages tardifs de la fin de l'année. La saison orageuse proprement dite commence en avril, atteint un premier maximum au début de mai, mais n'arrive à son plein qu'en juin et juillet. En août l'activité orageuse décroît déjà rapidement et se calme presque complètement au cours de septembre, après une légère recrudescence au début du mois.

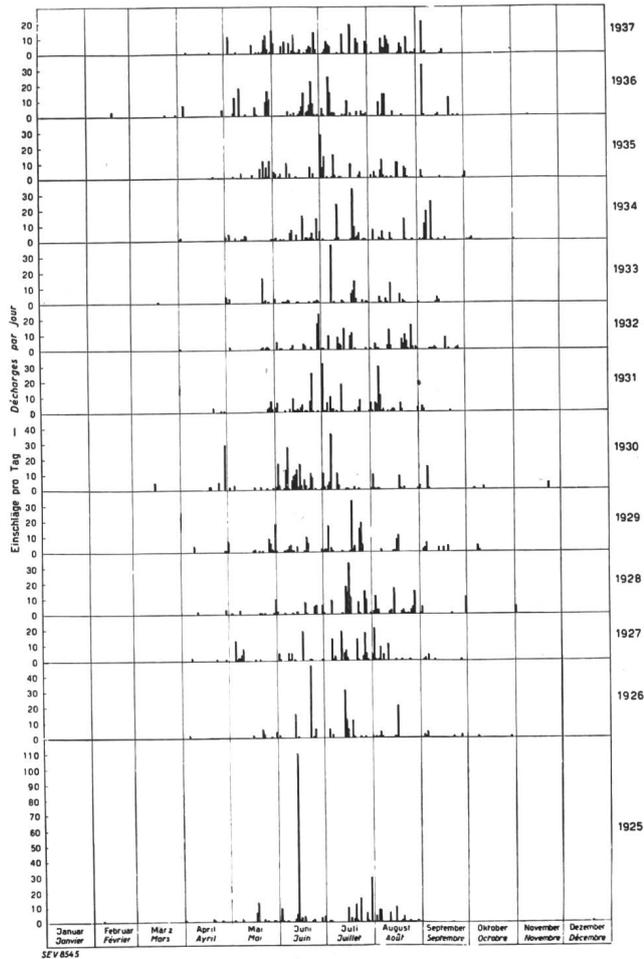


Fig. 5.

Répartition annuelle des décharges directes englobées par la statistique, de 1925 à 1937.

9° Distribution géographique des coups de foudre.

Quant à la répartition locale ou géographique elle ressort de la fig. 7. De cette carte, il faut exclure les cantons de Genève, Valais, Tessin, Obwald, Schwyz, Uri et Appenzell Rh. Int., qui n'ont pas d'assurance cantonale et qui n'ont par conséquent

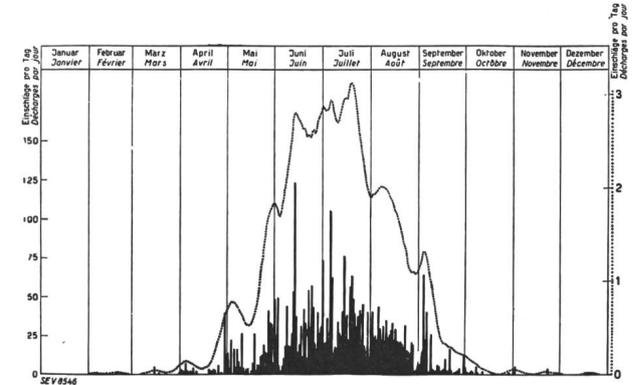


Fig. 6.

Fréquence des décharges directes ayant touché des bâtiments en Suisse de 1925 à 1937.

— Courbe effective pour les 13 années 1925—1937.  
 ..... Courbe moyenne virtuelle par an.

pas participé à l'enquête. A première vue, il semble que la foudre tombe un peu partout, avec quelques préférences toutefois. Mais il faut tenir compte du fait qu'il s'agit là principalement de bâtiments, de sorte que la concentration régionale des coups de foudre dépend dans une certaine mesure de la densité locale des habitations. C'est pourquoi les grandes villes présentent davantage de points noirs que les Grisons p. ex., où les habitations sont très fortement disséminées. Si l'on pouvait tenir compte de toutes les chutes de foudre, il est probable que

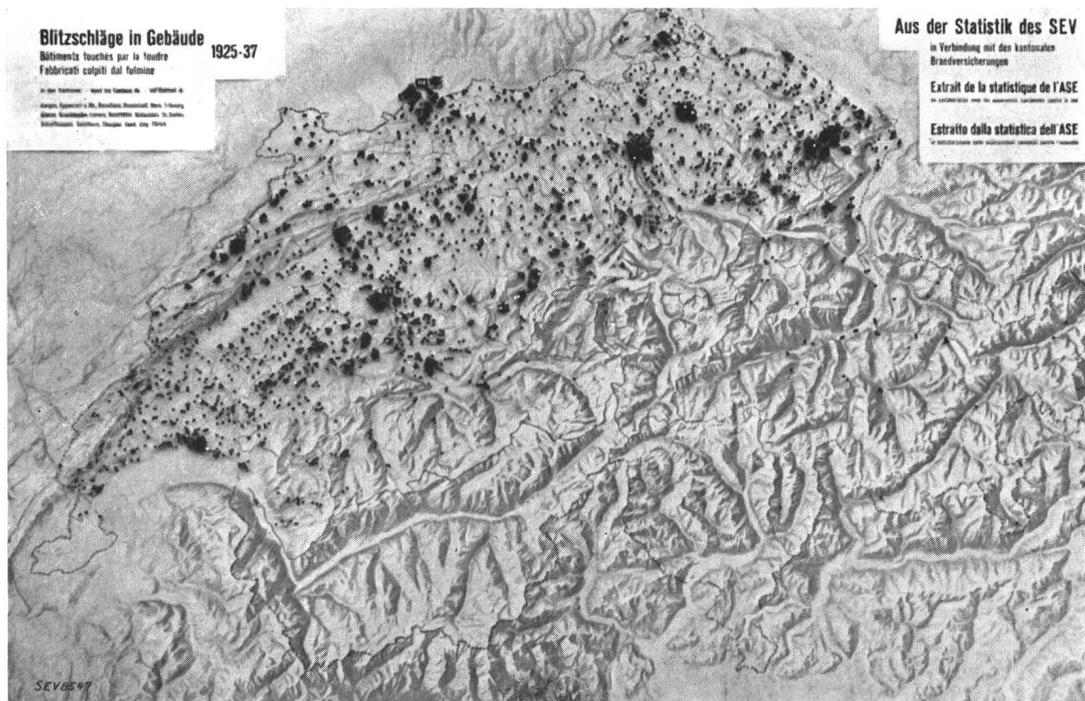


Fig. 7.

Répartition géographique des coups de foudre directs en Suisse dans les 13 cantons englobés par l'enquête.

la répartition serait un peu différente. Cependant ce qui nous intéresse en premier lieu, c'est la protection des bâtiments, et pour cela, la présente carte est concluante.

Dans le Jura et le Plateau Suisse, la distribution offre une certaine régularité, à l'exception des grandes agglomérations. Parmi celles-ci deux villes se distinguent: Berne et Bâle surtout, qui sont de vrais nids à orages, la première avec 67 et la seconde avec 116 bâtiments foudroyés en 13 ans. Une telle concentration n'est atteinte, sinon dépassée, que dans la région du Säntis. L'étude attentive de la carte fait pressentir quelques directions préférées des orages, ou zones plus fortement atteintes, dont la principale va du Gros de Vaud au Säntis en passant par Fribourg, la région du Napf, l'Entlebuch, Lucerne, Zoug, Rapperswil et le Ricken.

Existe-t-il certaines relations entre ces constatations et la configuration géographique du sol, ou bien la fréquence des foudroyements est-elle en rapport avec la structure géologique du sol? Il est très probable que ces deux facteurs jouent un rôle. La concentration dans la région du Säntis révèle une forte influence de la configuration géographique tandis que des récentes recherches, en particulier celles de M. Dauzère qui a constaté une prédilection marquée de la foudre pour les failles et les fissures du sol, font ressortir le rôle de la structure géologique. En outre, on a constaté une plus forte ionisation de l'air au-dessus de ces endroits préférés, probablement par suite d'une émanation radioactive du sol plus intense.

On peut donc prétendre qu'aucun endroit n'est absolument à l'abri des foudroyements de par sa situation géographique. Cependant il existe certaines zones plus fortement menacées que d'autres, où il est indiqué de munir tous les bâtiments de paratonnerres.

#### B. Enquête détaillée menée dès 1931.

##### 1<sup>o</sup> Résultats de l'enquête.

De 1931 à 1937 le secrétariat a reçu au total 1641 rapports détaillés concernant 1683 bâtiments, dont 912 furent atteints par des décharges directes, 29 par suite du voisinage d'un autre bâtiment touché, 43 par suite de foudroyements d'arbres, 696 par des surtensions d'origine atmosphériques et 3 par suite de décharge d'une masse métallique à la terre (dont 1 pour lequel la cause n'est que présumée). A cela, il faut ajouter 5 foudroyements d'arbres isolés et 1 foudroyement de bétail au pâturage.

Ces rapports détaillés n'englobant qu'une partie de tous les cas survenus au cours de ces 7 années, il n'est pas possible d'en tirer des conclusions générales quant à l'intensité des dommages causés, à l'efficacité des mesures de protection, aux points de chute. Pour cela, nous avons mené l'enquête dont les résultats sont donnés plus haut sous A).

Cependant, les questionnaires remplis dans chaque cas par les organes des assurances cantonales étant très détaillés, ils permettent de se faire une

idée sur beaucoup de points dont il n'a pas pu être tenu compte dans l'enquête générale 1925 à 1937. Pour ces quelques considérations, nous nous en tiendrons à l'ordre fixé par les questionnaires, en commençant par les 912 bâtiments touchés directement.

La situation dans le terrain ne semble pas exercer une grande influence. Tout au plus semble-t-il que les bâtiments juchés sur les hauteurs sont plus exposés que ceux logés à flanc de coteau ou dans le fond de la vallée. Quant à la nature du sol, la foudre paraît marquer une préférence pour les terrains marneux. L'influence des environs du bâtiment touché est difficile à fixer. Les renseignements obtenus ne permettent pas d'avancer que le voisinage d'un lac, d'une rivière ou d'un forêt soit à considérer comme une protection efficace qui dispense de poser un paratonnerre sur les bâtiments en question. En ce qui concerne les arbres isolés nous avons déjà vu plus haut que, loin d'être une protection, ils sont plutôt un danger pour les bâtiments qu'ils flanquent. Le nombre important de bâtiments ou d'arbres surélevés, munis ou non de paratonnerres dans le voisinage immédiat des bâtiments touchés, confirme une fois de plus le non-fondé de l'ancienne théorie du cône de protection. Le fait que plusieurs bâtiments sans masses métalliques extérieures et intérieures ont également été frappés montre que ces masses n'exercent pas grande influence sur le parcours aérien de la décharge. Par contre, elles sont déterminantes pour le chemin suivi par la décharge, lorsque celle-ci a frappé un bâtiment. Ces masses étant bonnes conductrices, elles réduisent sensiblement la résistance électrique entre le point d'impact et le sol. Cependant, elles ne sont généralement pas réunies entre elles, de sorte que la foudre doit franchir de l'une à l'autre des distances plus ou moins élevées dans l'air. C'est à ces solutions de continuité que se forment les étincelles puissantes qui mettent le feu aux matières facilement inflammables qu'elles rencontrent. Il est donc logique de relier entre elles et à la terre toutes ces masses métalliques, à l'extérieur pour permettre à la décharge de s'écouler au sol sans pénétrer dans l'immeuble (installation de paratonnerre), à l'intérieur pour éviter des étincelles et décharges latérales.

Quant aux installations électriques, 81 bâtiments n'en possédaient aucune, et parmi ceux-ci 60 n'étaient pas même à proximité d'une ligne aérienne. On pourrait en déduire que les lignes électriques aériennes diminuent dans une certaine mesure le danger de foudroyement des bâtiments qu'elles alimentent. Or, les bâtiments sans installations électriques sont tous des bâtiments isolés et de ce fait plus fortement exposés que les autres. Il n'est donc pas logique d'attribuer aux réseaux électriques aériens des propriétés protectrices qu'ils ne semblent pas posséder.

Des 912 bâtiments atteints directement, 153 étaient munis de paratonnerres système Gay-Lussac (à hautes pointes) et 108 de paratonnerres système Findeisen (sans pointes). Dans 56 cas, le bâtiment

touché avait déjà été frappé par la foudre et dans 174 cas un bâtiment voisin avait été touché antérieurement.

Les *surtensions d'origine atmosphérique* ont atteint 696 bâtiments, dont 213 étaient munis de paratonnerres. De ces 696 bâtiments, 24 seulement étaient raccordés au réseau par un câble souterrain, tandis que les 672 autres possédaient une introduction aérienne. La majeure partie des surtensions parviennent donc dans les maisons par les lignes aériennes. Les quelques rares cas à introduction par câble témoignent en faveur de ce mode de raccordement qui réduit sensiblement le danger des surtensions. Dans 37 cas, intéressant 56 bâtiments, la foudre a frappé directement la ligne aérienne, généralement un ou plusieurs poteaux. Dans 39 autres cas, la foudre a frappé un bâtiment ou un arbre, engendrant de la sorte dans le réseau des surtensions qui atteignirent 70 bâtiments. Dans tous les autres cas, ou le point de chute n'a pas pu être déterminé, ou il s'agit de simples surtensions engendrées par induction ou par influence.

#### 2° *Problème des prises de terre.*

L'étude attentive des questionnaires et des descriptions qui les accompagnent conduit à l'examen d'un problème auquel on n'a jusqu'à présent pas accordé toute l'attention qu'il mérite. C'est le problème des *terres* qui est, à notre avis, d'importance capitale pour la protection des bâtiments contre la foudre. Dès que la décharge a touché un paratonnerre, c'est principalement de la qualité de la terre que dépend son écoulement correct au sol. Ce fait est confirmé non seulement par les nombreuses observations pratiques, mais aussi par les expériences de laboratoire et surtout par les expériences faites ces dernières années dans l'exploitation des lignes électriques à haute tension. Le courant de la décharge est si intense (10 à 100 kA) que la chute de tension engendrée dans la résistance de passage au sol peut porter les parties supérieures du paratonnerre à un potentiel très élevé par rapport à d'autres masses métalliques du bâtiment encore au potentiel de terre, parce qu'indépendantes du paratonnerre. De ce fait, des décharges secondaires ou latérales atteignant plusieurs mètres de longueur peuvent se produire du paratonnerre vers ces masses, à l'intérieur du bâtiment. Pour réduire ces différences de potentiel, il est nécessaire de donner à la terre une résistance de passage aussi faible que possible, et de réunir entre elles toutes les terres du paratonnerre. En outre, il faut relier au paratonnerre le sommet des masses métalliques verticales importantes s'étendant jusqu'au toit ou dépassant

celui-ci, en plus de la mise à la terre commune dans le bas. Une prise de terre qui répond aux conditions émises plus haut, est le raccordement à une conduite d'eau, métallique et n'offrant aucune solution de continuité électrique (joints isolants) sur quelques centaines de mètres au moins. A défaut de conduite d'eau, on obtiendra un résultat quelque peu satisfaisant par une terre circulaire avec ramifications au voisinage des descentes. On fera bien, en outre, de relier entre elles, dans le sol, toutes les terres du bâtiment (paratonnerre, courant fort, téléphone, radio, etc.).

### III. Conclusions.

En résumé on peut tirer de cet exposé les conclusions suivantes:

1° L'efficacité des paratonnerres est prouvée par les chiffres malgré les dires de certains milieux. Cependant, pour qu'une installation de protection remplisse son but, il faut qu'elle réponde à certaines conditions minimum, fixées par les directives de l'ASE pour la protection des bâtiments contre la foudre.

2° Aucun bâtiment n'est absolument à l'abri des décharges de par sa situation géographique.

3° Les arbres qui flanquent les habitations, surtout à la campagne, n'ont pas l'effet protecteur qu'on leur attribue souvent. Le bâtiment doit être muni d'un paratonnerre, éventuellement aussi le ou les arbres.

4° Les paratonnerres ne peuvent, de par leurs fonctions, pas empêcher les surtensions de pénétrer dans les bâtiments par les lignes électriques aériennes. Pour cela, on dispose aujourd'hui d'autres moyens efficaces (parasurtensions, disposition judicieuse des installations intérieures, etc.).

5° On ne peut assez insister sur l'importance d'une bonne terre. C'est de la qualité de la prise de terre que dépend en premier lieu l'écoulement correct d'une décharge au sol. La meilleure terre est un raccordement à une canalisation d'eau, métallique et sans solution de continuité (joints isolants) sur quelques centaines de mètres au moins.

6° Un autre point capital est la répartition du potentiel. Pour éviter les décharges secondaires ou latérales, on tendra à relier dans le sol entre elles et à la conduite d'eau s'il y en a une, toutes les terres du paratonnerre et les autres terres du bâtiment; on mettra les grosses masses métalliques intérieures à la terre et, si elles s'étendent dans le sens vertical jusqu'au toit ou si elles en émergent, on en reliera en outre le sommet au paratonnerre.