

COLLECTION

BULLES DE SCIENCES



CHRISTIAN BOUQUEGNEAU

Préface de Gérard Berger

Doit-on craindre la foudre ?




EDP
SCIENCES

Doit-on craindre la foudre ?

CHRISTIAN BOUQUEGNEAU

PRÉFACE DE GÉRARD BERGER

**ILLUSTRATIONS DE THOMAS HAESSING
D'APRÈS LES DESSINS DE PIERRE LECOMTE**

PHOTOS DE CHRISTIAN BOUQUEGNEAU



17, avenue du Hoggar – P.A. de Courtabœuf
B.P. 112, 91944 Les Ulis Cedex A

Conception de la maquette et de la couverture : Zoé production

Illustration de couverture : Thomas Haessing

Imprimé en France

ISBN : 2-86883-841-3

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2006

À mes chers enfants Marie-Sylvie, Barbara et Pierre-Olivier
et petits-enfants Sara et Alexandre

*La texture fine et délicate des nuages
Disparaît derrière les arbres ;
Et soudain c'est le flou qui précède un orage :
Le ciel est beau, hermétique comme un marbre.*

Michel Houellebecq, La Poursuite du Bonheur, IV. Éditions J'ai lu.

PRÉFACE

Parmi tous les phénomènes naturels qui régissent la dynamique de notre atmosphère, il n'en est aucun qui puisse surpasser la foudre dans sa puissance et la crainte qu'elle inspire aux êtres vivants. Phénomène universel, elle est à l'origine de la vie sur Terre. C'est au sein de l'atmosphère primitive de notre planète qu'elle a fabriqué les premiers acides aminés, briques élémentaires du monde organique. Sans la permanence de ses manifestations dans le quotidien de notre existence terrestre, nous n'aurions pas la capacité de survivre et de nous reproduire, tant son rôle dans l'équilibre électrique de notre atmosphère est essentiel. Nos ancêtres lointains, archaïques à nos yeux d'hommes modernes, et si éloignés de notre culture basique actuelle, ont compris l'aspect surnaturel des forces qu'elle met en jeu. Elle s'avère un embryon universel de toutes les mythologies, sur tous les continents et au fur et à mesure de notre découverte de ses représentations graphiques. Il n'y a pas de peuple qui ait pu ignorer son pouvoir thaumaturgique, tant l'échelle spatio-temporelle des orages a été et demeure surhumaine.

Christian Bouquegneau a depuis de longues années recherché, au cours d'infatigables quêtes, les traces actuelles de ces mythologies, sur tous les continents. Les représentations de la foudre sont certes diverses, mais elles n'ont en commun qu'un faible nombre de variantes, comme si la foudre était elle-même la génitrice commune de toutes les civilisations. Homme moderne de culture et d'esprit, il n'est pourtant pas éloigné de la conception de « l'Honnête Homme » du XVII^e siècle et partage avec une grande lucidité les valeurs du Siècle des Lumières, qui préfigurera l'avènement de la Révolution Française. Après des siècles d'obscurantisme et d'ignorance, un nouvel âge illuminé par la raison, la science et le respect de l'humanité était né.

La foudre n'a pas de frontières ; Christian Bouquegneau non plus. Citoyen du Monde, il a visité plus de cent pays, collectant les « fossiles » de la culture kéraunique locale afin d'enrichir ses extraordinaires conférences sur les mythologies et l'art sacré. Passionné de philosophie, il sait se préserver des traditions rétrogrades et conserver sa liberté de pensée tout en défendant avec force ses convictions personnelles.

Ce livre, fruit de son expérience de président des normes internationales de protection contre la foudre, permettra au lecteur de connaître l'état des connaissances actuelles de la physique de la foudre et de recenser les nombreux points d'interrogation qui jalonnent ces connaissances. Une mention particulière est à signaler à propos de la terminologie propre à la communauté scientifique concernant les orages et les éclairs, terminologie parfois confuse dans les esprits des scientifiques comme de ceux qui ne le sont pas. L'ouvrage est très complet et documenté, avec de nombreux encadrés qui illustrent les notions qui pourraient échapper au lecteur non spécialiste. Je souhaite que ce livre, unique dans sa forme et son propos, rencontre le large succès qu'il mérite et devienne la référence française dans le domaine auquel elle manquait cruellement.

Gérard BERGER

Directeur de Recherche au CNRS

SOMMAIRE

Préface de Gérard Berger	5
Présentation de l'ouvrage	9
Partie I : Introduction : historique et mythologies	
La Foudre, encore mystérieuse ?.....	13
Chapitre 1. La Foudre et les mythologies	17
Chapitre 2. Bref Historique	35
Partie II : Que nous dit la science ?	
Chapitre 3. Qu'est-ce qu'un nuage orageux ?.....	53
Chapitre 4. Éclairs à la terre.....	65
Chapitre 5. Où frappe la foudre ?.....	89
Partie III : Les effets de la foudre	
Chapitre 6. Effets physiques et physiologiques	101
Chapitre 7. Coups indirects et dégâts dus à la foudre	109
Partie IV : La protection contre la foudre	
Chapitre 8. Interception et protection externe	123
Chapitre 9. Au-delà de la protection externe	139
Conclusion	
Chapitre 10. Et l'avenir ?	151
Annexe :	
Notions physiques sur les décharges électriques dans l'air	163
Remerciements	173
Glossaire	175

PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

La foudre mystérieuse nourrit l'esprit humain depuis ses origines. Il est intéressant de constater qu'elle est présente dans la plupart des mythologies (*cf. chapitre 1*), de tout temps et sous toutes les latitudes. Mythologies et Histoire se confondent jusqu'au Siècle des Lumières lorsque l'École française et Benjamin Franklin situent enfin ce phénomène naturel dans une approche scientifique (*cf. chapitre 2*), bien qu'il fallut attendre le *xx^e* siècle pour mieux la cerner.

Que nous dit la science aujourd'hui? La réponse fait l'objet des chapitres 3 à 5, consacrés à la phénoménologie de la foudre: description des nuages orageux, rôle important joué par l'ionosphère, les différentes formes et caractéristiques des éclairs et des courants qu'ils véhiculent, sévérité orageuse sur notre Terre... Certaines autres planètes du système solaire connaissent aussi la foudre, souvent sous d'autres formes que celles rencontrées chez nous. Enfin, la foudre artificielle, déclenchée par des petites fusées lancées vers les nuages orageux, a permis aux scientifiques de substantiels progrès dans la connaissance de la décharge atmosphérique.

Au chapitre 6, nous étudions les effets physiques et physiologiques de la foudre. Ceux-ci n'ont plus rien de mystérieux. Les effets de la foudre sont les effets de tout courant électrique traversant un milieu déterminé, mais il faut toujours garder à l'esprit qu'il s'agit d'un

courant impulsionnel (et non continu ou alternatif!) très intense et de très courte durée n'excédant généralement pas quelques dixièmes de secondes. Ces effets sont électriques, électrodynamiques, thermiques, électromagnétiques, électrochimiques, acoustiques (le tonnerre!) et surtout physiologiques car la foudre atteint tous les êtres vivants. Nous introduisons, au chapitre 7, les effets dus aux coups indirects ainsi que les règles élémentaires de protection et terminons en commentant quelques dégâts typiques occasionnés par la foudre.

La protection contre la foudre est un domaine qui a beaucoup évolué ces dernières années. En effet, les mécanismes d'interception sont toujours à l'étude (*cf. chapitre 8*) et seul un *modèle électrogéométrique* rudimentaire est actuellement utilisé avec confiance. Les nombreux essais en laboratoire à haute tension et sur site favorisent la recherche d'installations caprices idéales et évacuatrices des courants de foudre vers la terre. La protection externe (*cf. chapitre 8*) et la protection interne (*cf. chapitre 9*) des bâtiments et des autres structures sont étudiées séparément. La prévention et l'analyse des risques sont aussi largement commentées, à la lumière de la publication récente (2006) d'une norme internationale (CEI 62305) tout à fait contingente.

Enfin, au chapitre 10, nous projetons l'avenir et critiquons les études les plus récentes dans différents domaines: foudre supérieure (entre l'enclume du nuage orageux et l'ionosphère), foudre déclenchée, recherches actuelles en laboratoire et *in situ*...

Pour une meilleure compréhension des phénomènes électriques, quelques encadrés figurent dans le texte et une annexe propose des notions physiques plus avancées sur les décharges dans l'air, à l'intention du lecteur qui voudrait approfondir cette matière.

PARTIE I :

**INTRODUCTION, HISTORIQUE
ET MYTHOLOGIES**

La Foudre, encore mystérieuse ?

Depuis les origines, la foudre a tellement fasciné l'homme qu'il en a fait un attribut de la puissance divine. Ce phénomène naturel fantastique nous réjouit parfois, mais nous effraie surtout non seulement à cause de ses effets destructeurs mais aussi par le mystère qui continue à l'entourer. Aujourd'hui, nous commençons à la cerner et à mieux comprendre ses moyens d'action.

Sait-on que la foudre est bienfaitrice grâce à son pouvoir fertilisant et qu'elle est indispensable à notre survie ? En effet, elle agit comme une machine électrostatique naturelle capable de recharger la couche ionosphérique, partie de l'atmosphère ionisée située à plus de 60 km d'altitude. Afin de nous protéger des rayons solaires et des rayons cosmiques, l'ionosphère joue le rôle d'immense armature de condensateur qui doit maintenir un équilibre électrique entre elle et la surface de la Terre dans l'air, un diélectrique (ou isolant) qui remplit l'espace intermédiaire.

De plus, la foudre est probablement à l'origine de la vie sur Terre. Dès 1924, le biochimiste soviétique Alexandre Oparine publie sur l'origine de la vie. Il fait l'hypothèse selon laquelle des éclairs de foudre auraient permis la synthèse du mélange gazeux réducteur simple prébiotique, présent il y a quatre milliards d'années sur notre Terre primitive.

En 1953, le jeune chimiste américain Stanley Miller, travaillant dans le laboratoire de Harold Urey à l'Université de Chicago, confirme expérimentalement cette hypothèse en appliquant un grand nombre de décharges électriques à haute tension dans un mélange composé de méthane, d'ammoniac, d'hydrogène et d'eau, molécules qui constituaient l'atmosphère prébiotique, et obtient non seulement plusieurs acides aminés mais aussi des composés organiques typiquement biologiques. Un pas essentiel était franchi dans l'Histoire de la Biologie.

Même si l'hydrothermalisme (à partir des fonds océaniques) et les sources extraterrestres de poussières interstellaires produites dans des étoiles riches en carbone figurent parmi les trois candidats potentiels à l'origine de la vie, l'hypothèse d'Oparine et l'expérience de Miller/Urey continuent à séduire la plupart des scientifiques.

**Probablement à l'origine de la vie sur Terre,
la foudre est aussi bienfaitrice**

tant par ses effets fertilisateurs que par son action indispensable à la survie des êtres vivants, puisqu'elle agit comme la seule machine électrostatique capable de reconstituer la couche ionosphérique qui nous protège des rayons solaires et cosmiques mortifères !

Hélas, la foudre provoque terreur et catastrophes. Si elle ne pardonne guère plus aujourd'hui, nous savons mieux dans quelles circonstances et pour quelles raisons elle constitue un danger à éviter. Car s'il n'y a généralement aucun problème de protection à l'intérieur d'un bâtiment formant une *cage de Faraday*, il n'en va pas de même dans une maison isolée surtout en montagne.

Comment s'en protéger efficacement ? C'est parfois difficile, mais tout à fait possible à l'heure actuelle en appliquant certaines règles normalisées de prévention et de protection.

Certes il n'existe encore aucun appareil ni aucune méthode capables d'inhiber les décharges électriques de foudre. Et avant tout, notre connaissance du phénomène est loin d'être achevée.

Les décharges électriques « nuage-sol » directes ou au voisinage des structures peuvent endommager celles-ci, atteindre les personnes présentes ainsi que les installations et les équipements qu'elles contiennent. Dès lors, il y a lieu d'appliquer des mesures efficaces de protection contre la foudre en termes d'évaluation et de gestion des risques.

1

La Foudre et les mythologies

FOUDRE BIENFAITRICE OU FOUORE PUNITIVE ? DE TOUT TEMPS, SOUS TOUTES LES LATITUDES...

Aux temps préhistoriques, la foudre allumait des branches sèches fournissant lumière et chaleur aux premiers hommes longtemps avant que ceux-ci n'aient appris à faire eux-mêmes du feu. Suivant de nombreuses mythologies, seuls les dieux possédaient ce feu.

Les premiers contes imaginés par l'homme lui furent inspirés par le spectacle des phénomènes naturels, dont il ne parvenait pas à saisir le sens mais qu'il souhaitait interpréter pour apaiser sa frayeur ou justifier sa terreur.

Si les mythes se ressemblent quelles que soient les civilisations qui les ont vu naître, ce n'est pas par similitude d'origine, ni par interpénétration des peuples, mais parce que la pensée émerge d'idées et d'images qui sont les mêmes partout sur Terre.

Ignorant l'ordre de la Nature, les premiers hommes voyaient en l'éclair et le tonnerre le déchaînement des forces surnaturelles qu'ils retrouvaient dans la stabilité des roches ou dans le cours régulier des

astres. Partout on vit éclore des récits mythiques faisant appel aux pouvoirs mirifiques des dieux : foudre punitive, tonnerre grondant et terrifiant, foudre fertilisante et fécondante associée aux pluies ou foudre apprivoisée, source d'énergie.

MYTHOLOGIES LES PLUS ANCIENNES

En Asie Mineure, les panthéons d'Anatolie avaient tous à leur tête une parédrie : un dieu de l'orage, émanation de la montagne, figuré par le taureau, son animal fétiche, et une déesse de la fécondité, incarnation de l'eau vive, source ou rivière, le premier fécondant la seconde. On y trouve les plus anciennes représentations de dieux de la foudre, tel **Enlil-Bel** sur un sceau-cylindre akkadien (Louvre à Paris, British Museum à Londres) de la première période babylonienne (vers 2200 avant notre ère) : un dieu gouvernant les météores brandit un fouet ; son char est tiré par un animal mythique, une véritable chimère ; une divinité féminine brandit des éclairs, feux du ciel.

En Anatolie hittite, ce dieu tonnante est le grand vainqueur, **Tarhunt** ou **Tarhunda-du-Ciel**, armé d'une massue, dressé sur le taureau au sommet d'une montagne. Le dieu de l'orage vainc les puissances aveugles de la magie et de l'irrationnel. Il est l'homologue du dieu akkadien **Adad** en Mésopotamie sémitique, du dieu sumérien **Ishkur**, du dieu **Martu** chez les Sumériens nomades de l'Ouest, d'**Amurru** chez les Sémites, des dieux **Hadad** et **Reshef** chez les Sémites de l'Ouest et du dieu **Baal** chez les Cananéens (Syrie) où il occupe une place de premier plan dans la mythologie d'Ougarit. Baal est souvent représenté sous la forme d'un archer juvénile, brandissant la massue et tenant en laisse un jeune taureau, son animal-attribut. Tous ont la même origine et les mêmes attributs que le dieu hourrite **Teshub** : taureau, foudre, massue ou maillet. Comme roi des dieux, Teshub n'a rien de cosmique ; il est le symbole de la royauté humaine, premier dieu paternel et patricien, chef de famille, entouré d'une cour et d'une domesticité.

En Égypte pharaonique, l'Univers fonctionne sous l'action contradictoire d'**Osiris** qui maintient la force de renouvellement dans la

REMERCIEMENTS

J'ai trouvé à EDP Sciences, particulièrement auprès de France Citrini, l'excellent accueil et l'appui permanent dont ce livre avait besoin.

Et je dois beaucoup à ceux qui m'ont aidé, qui dans la réalisation des figures, qui dans la recherche de documents sur les mythologies, en particulier l'infatigable Pierre Lecomte et l'exceptionnel Hendrik Theys (Heleblitz).

Toute ma gratitude à Henri Malcorps, Directeur général de l'IRM (Institut Royal Météorologique de Belgique), à son collaborateur Michel Crabbé, à Pierre Depasse, mon ancien assistant, aux collègues Jacques Trécat et Jacques Lobry, à Michel Bauvois, fidèle compagnon de notre laboratoire à haute tension, au Dr Foray du Centre hospitalier de Chamonix, aux Dr Fagot et Weyens, médecins vétérinaires, et au jeune photographe Peter Vancoillie.

Sincères remerciements à mes proches qui m'ont sans cesse encouragé : mes trois enfants Marie-Sylvie, Barbara et Pierre-Olivier, ma sœur Anne-Marie et son époux Jean-Marie, ainsi que mon frère Jean-Marie (en souvenir de notre agréable mission au Bénin).

Enfin, Gérard Berger, Directeur de Recherche au CNRS, compagnon de route scientifique et culturelle, a accepté de rédiger la préface. Qu'il trouve ici les marques de ma profonde reconnaissance.