



MARTIAL CAROFF

TERRES SINGULIÈRES

*Quinze lieux remarquables
à travers le monde*

éditions
Quæ





MARTIAL CAROFF

TERRES SINGULIÈRES

*Quinze lieux remarquables
à travers le monde*

Du même auteur aux Éditions Quæ

Où le monde minéral choisit-il ses couleurs ?
100 clés pour comprendre les roches et les minéraux
Martial Caroff,
2014, 184 p.

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles cedex
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2017
ISBN 978-2-7592-2597-2

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

SOMMAIRE

Remerciements	5
Avant-propos	7
SANTORIN (GRÈCE)	11
BRYCE CANYON (UTAH, ÉTATS-UNIS)	21
LA HAUTE-PROVENCE (FRANCE)	31
MCMURDO (ANTARCTIQUE)	39
ZAGORA (MAROC)	47
REYKJANES/PINGVELLIR (ISLANDE)	55
LE PILBARA (AUSTRALIE-OCCIDENTALE)	64
OMAN (SULTANAT D')	73
LES MONTES APENNINUS (LUNE)	81
VREDEFORT (ÉTAT-LIBRE, AFRIQUE DU SUD)	89
LES PIERRES JAUMÂTRES (CREUSE, FRANCE)	97
YELLOWSTONE (WYOMING, ÉTATS-UNIS)	107
NAZCA (PÉROU)	117
HAȚEG (ROUMANIE)	127
LES GAMBIER (POLYNÉSIE FRANÇAISE)	135
Postface	145
Pour en savoir plus	147
Crédits iconographiques	151



Image haute définition de la Terre (*Blue Marble*, 2012)

REMERCIEMENTS

Je remercie les éditions Quæ d'avoir accepté de publier cet ouvrage, et tout particulièrement Nelly Courtay, qui a soutenu le projet à bout de bras, du premier au dernier jour. Un grand merci également à Clarisse Robert de Pagissime, pour son énorme travail sur la maquette et les figures, ainsi qu'à Véronique Leclerc, pour ses judicieuses suggestions.

Cette entreprise n'aurait jamais pu aboutir sans l'amicale participation d'un grand nombre de personnes, tout spécialement :

ALAIN COUTELLE, qui a mis à ma disposition de nombreux documents et m'a permis d'utiliser de belles photographies inédites pour les sites de Bryce Canyon, d'Islande, de Vredefort et de Yellowstone ;

BERTRAND LEFEBVRE ET MURIEL VIDAL, qui m'ont fourni un dossier impressionnant sur Zagora et une excellente iconographie ;

MARCIA MAIA, avec qui j'ai passé une demi-journée à travailler sur une carte de Reykjanes ;

ARNAUD AGRANIER, qui m'a mis en contact avec :

NICOLAS FLAMENT, dont les photographies du Pilbara se sont avérées cruciales ;

FRANÇOISE BOUDIER, qui m'a donné accès à différents documents sur Oman et m'a permis d'exploiter les schémas et les photographies du laboratoire de Montpellier ;

ANTHONY PERROT, avec qui j'ai sillonné en tous sens le chaos des Pierres Jaumâtres en écoutant de drôles d'histoires ;

CRISTIAN CIOBANU, administrateur du Géoparc du pays de Hațeg (*Geoparcul Dinozaurilor – Țara Hațegului*), qui a gentiment accueilli ma fille :

CÉCILE, laquelle a réalisé un remarquable travail de reporter-géologue en Roumanie ;

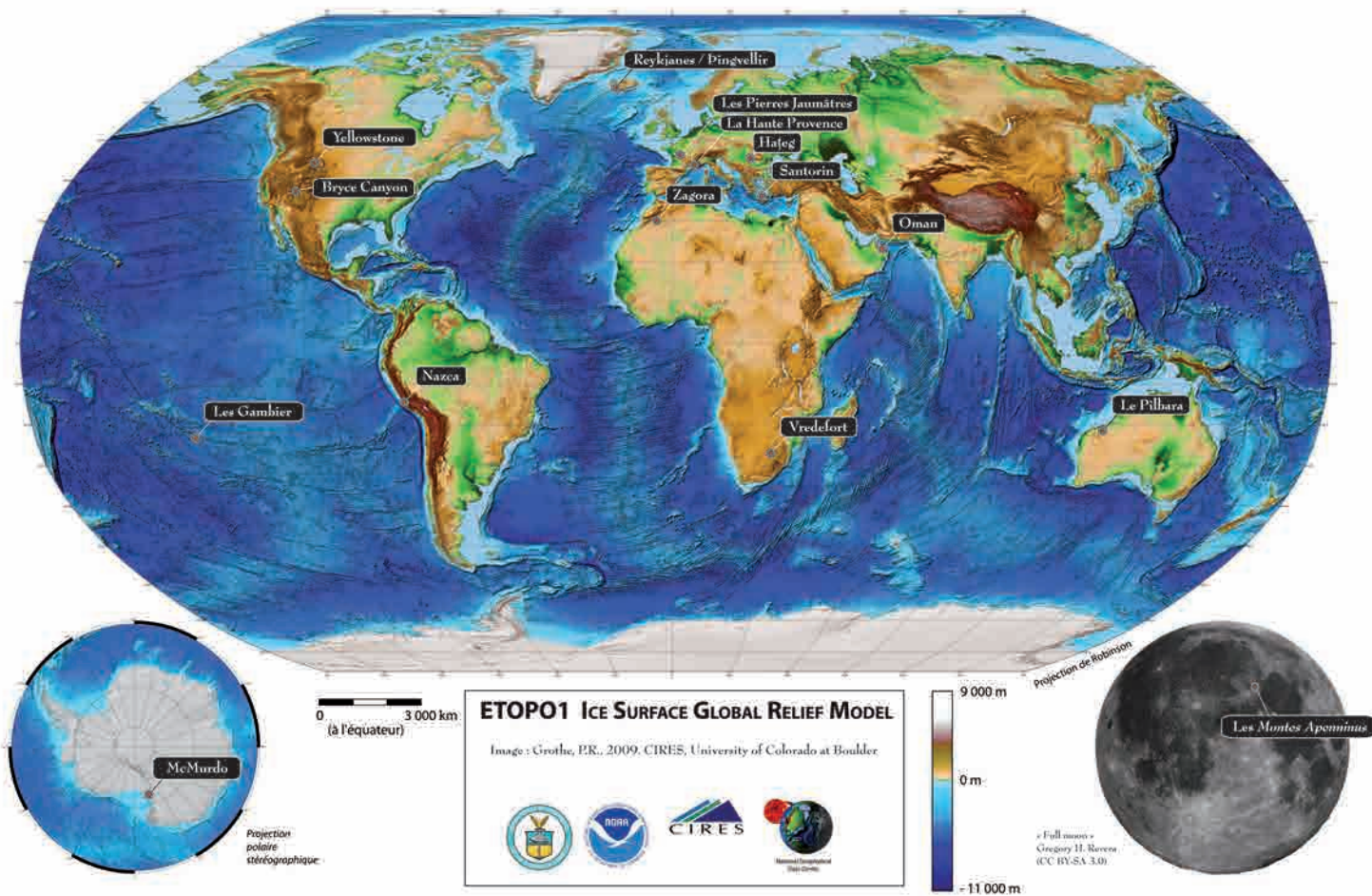
et RENÉ MAURY, grâce à qui mes anciennes diapositives des Gambier ont pu être avantageusement remplacées.

Je remercie également tous ceux qui m'ont fourni documents ou autorisations : Nelly Courtay, Pascale Desmoulins, le musée Gassendi (Digne-les-Bains), Bernard Le Gall, Emmanuel Martin, mad meg, Adolphe Nicolas, Marc-André Gutscher, Guillaume Molle, Aymeric Hermann et Chin-Long Ky.

Annie, merci pour tes conseils, tes relectures et... ta patience.

Ce travail a bénéficié du soutien financier de l'UMR n° 6538, laboratoire Géosciences Océan de l'Institut universitaire européen de la mer à l'université de Bretagne occidentale, Brest.

Merci à tous.



Carte des lieux présentés dans le livre

AVANT-PROPOS

Voici un ouvrage qui n'est sans doute pas simple à classer. Voyons d'abord ce qu'il n'est pas.

Il n'est pas un guide de voyage. Certes, feuilleter les pages suivantes, c'est un peu parcourir la planète. Les étapes proposées concernent des sites qui ne sont pas parmi les plus laids du monde. En outre, les indications touristiques ne manquent pas, au gré des chapitres. Ne serait-il pas dommage de rater un endroit pittoresque sous prétexte qu'il est en dehors du thème traité ? Pour autant, pas d'itinéraires, pas de listes d'hôtels (lesquels sont d'ailleurs peu nombreux en Antarctique ou sur la Lune).

Ce n'est pas un ouvrage de photographe. L'auteur n'exerce pas cette profession. Les images de diverses sources qui illustrent les chapitres sont néanmoins pour la plupart inédites ou peu communes.

Ce n'est pas une œuvre littéraire. Les citations sont toutefois nombreuses, ainsi que les références à des auteurs célèbres qui sont passés par les lieux présentés ou qui ont été inspirés par eux.

Ce n'est pas vraiment un livre scientifique. Il y est question de science, de géologie plus précisément, mais inutile d'avoir suivi un long cursus universitaire pour en apprécier le contenu. Un peu de curiosité suffit. Et, surtout, l'envie de découvrir — ou de redécouvrir — des endroits singuliers, célèbres ou non, avec un regard original. Cela n'empêche pas que soit proposé pour chaque site un état actualisé des connaissances scientifiques. Des schémas originaux, inspirés de publications récentes, montrent de manière simple et claire comment se sont formés les différents ensembles naturels présentés.

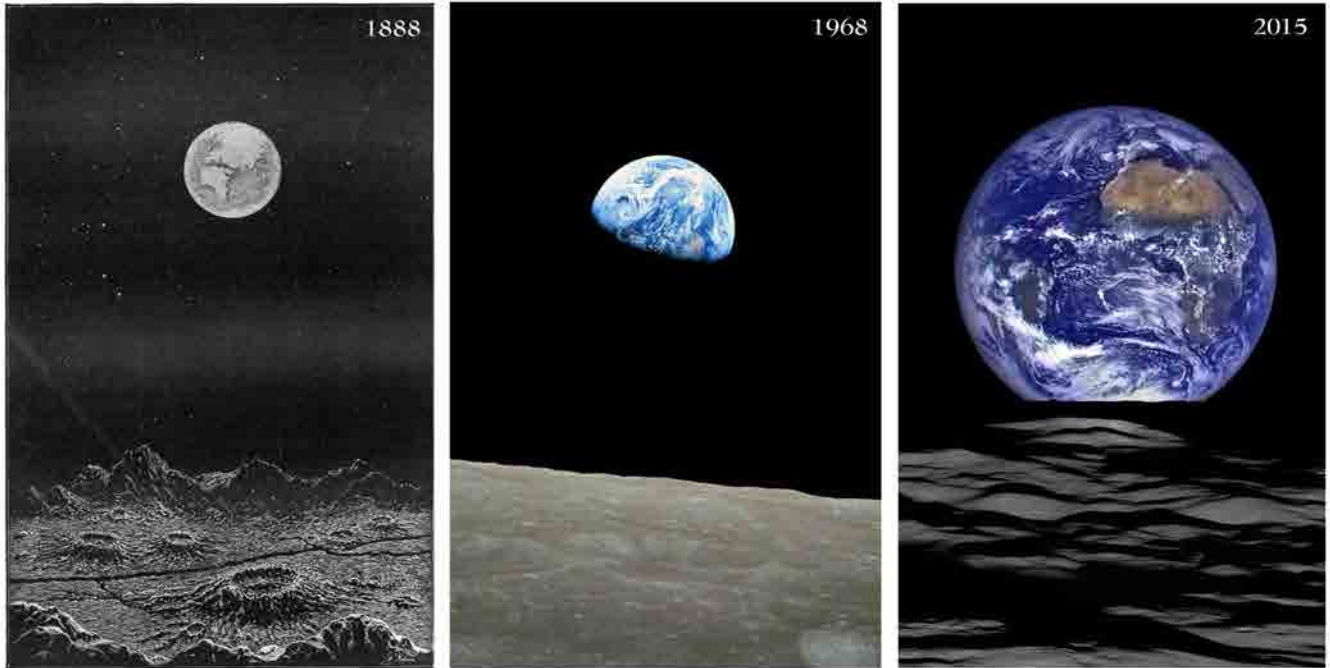
Voici ce que pourrait être l'objet que vous tenez entre les mains : une carte d'invitation, un sentier documentaire ou un recueil d'histoires. Il peut en effet être vu comme une convocation aux voyages, réels ou imaginaires, par le biais de la photographie, de la littérature et de la science. C'est aussi un sentier virtuel qui mène discrètement au cœur de 15 lieux singuliers, terrestres et lunaire, et permet de les aborder avec un angle de vue insolite : celui de la géologie. Qu'il soit célèbre (Yellowstone) ou peu connu (Haçeg), grand comme un pays (Oman) ou de la taille d'un hameau (les Pierres Jaumâtres), très accessible (La Haute-Provence) ou pas du tout (McMurdo), épouvantable (les *Montes Apenninus*) ou paradisiaque (les Gambier), chaque site traité a des choses passionnantes à raconter, qui couvrent un large spectre des sciences de la Terre et de l'univers.

Quinze hauts-lieux. Mais pourquoi ce nombre ? Et surtout, pourquoi ces sites ? À la première question, il est aisé de répondre que le format de l'ouvrage conditionne le volume du contenu. Pour la seconde, c'est plus compliqué. Il y aura sans

doute des lecteurs qui se demanderont : « Pourquoi ici plutôt que là ? ». Ou qui remarqueront que tel secteur du globe est peu représenté ou bien qu'il est peu question de telle spécialité des sciences de la Terre ou de telle autre. L'auteur a pourtant essayé de couvrir la plupart des grands thèmes de la géologie et de présenter des endroits à la fois spectaculaires et très différents les uns des autres. Il a couvert tous les continents. Mais avec la volonté de surprendre, de mélanger des sites incontournables avec d'autres beaucoup plus improbables, bref, de ne pas être là où on l'attend. Liberté rime avec subjectivité ...

Avant de lacer ses chaussures de marche pour arpenter quatorze sites terrestres, puis de monter dans une fusée à destination d'une montagne lunaire, voici, pour s'ouvrir l'appétit, un triple panorama de la Terre vue de son satellite naturel. Nous vivons tout de même sur une belle planète, n'est-ce pas ? Sa très longue histoire, depuis la séparation de la Lune jusqu'aux péripéties actuelles, est tatouée dans sa chair. Chutes de météorites, cataclysmes volcaniques, mise en place de granites, sédimentation, fossilisation, déformation, érosion, tout cela se déchiffre, se voit, se lit. Il suffit de comprendre ce que disent les pierres.

Finalement, ce livre, qu'est-il, sinon un manuel de lecture illustré ?



La Terre vue de la Lune en 1888 (gravure extraite de *La Terre et le Ciel* par Amédée Guillemin), en 1968 (photo prise d'*Apollo 8* en orbite lunaire) et en 2015 (image composite obtenue par les caméras de la sonde *Lunar Reconnaissance Orbiter* de la NASA).

Maisons aux murs chaulés d'Oia, perchées en bordure de caldeira,
à une hauteur de plus d'une centaine de mètres (nord de l'île principale Théra).



SANTORIN

(GRÈCE)

TERRE DE FEU

KALLISTÈ

Cet ouvrage s'ouvre sur un site ensoleillé, il se refermera de même. Santorin — ou Théra — est le nom à la fois d'un archipel circulaire, situé dans les Cyclades au cœur de la mer Égée, et de son île principale. Cet ensemble insulaire, de 20 kilomètres de long du sud au nord et de 76 kilomètres carrés de superficie, est l'une des principales destinations touristiques de Grèce. Il s'appelait dans l'antiquité Kallisté, « la très belle ». Son nom actuel lui a été attribué au XIII^e siècle par les Vénitiens, en hommage à sainte Irène ou *Santa Irini*.

L'archipel est constitué des restes d'un ancien volcan, partiellement détruit lors de la grande éruption dite « minoenne », datant du milieu du II^e millénaire avant J.-C. Ce cataclysme majeur a provoqué l'effondrement et l'enneigement d'une vaste zone circulaire dans la partie centrale de l'édifice. Cette dépression profonde de 300 à 400 mètres porte le nom de caldeira. L'île principale actuelle, qui en est l'une de ses bordures, présente une forme de croissant concave vers l'ouest et une forte dissymétrie morphologique : son littoral occidental est formé de falaises abruptes, tandis que sa côte orientale est en pente douce.

La deuxième plus grande île, Thirassía, ainsi que l'îlot inhabité d'Aspronisi, sont également des vestiges de l'ancienne Théra, en bordure de la caldeira. En revanche, les deux îles centrales des Kaméni sont postérieures à l'événement minoen. La plus ancienne, Paléa Kaméni, a commencé à surgir des flots lors d'un épisode volcanique daté de 197 avant J.-C. Quant à l'îlot de Néa Kaméni, son histoire a débuté par une première émergence au cours de l'éruption de 1570-1573. Un deuxième édifice est sorti des eaux à proximité au début du XVIII^e siècle. Les deux îles se sont connectées lors des éruptions de 1925-1928. Le dernier épisode volcanique de Néa Kaméni date de 1950. Aujourd'hui, son cratère sommital culmine à environ 150 mètres d'altitude.



Vue de la bordure de caldeira
de l'île principale, Théra.
Les formations anciennes de l'île
sont coiffées par des niveaux
de projections minoennes



Vue aérienne de l'archipel de Santorin.

À droite : île de Théra ; à gauche : île de Thirassía ; au premier plan : l'îlot d'Aspronisi ;
au centre : Paléa Kaméni (premier plan) et Néa Kaméni (second plan)





Extrémité nord de Théra, l'île principale de l'archipel de Santorin. Au fond : ville d'Oïa

De Santorin à Pompéi : de Strabon à Pline le Jeune

Personne n'ignore que la fameuse éruption du Vésuve de 79, à l'origine de la disparition des villes de Pompéi et d'Herculanum, a eu un témoin oculaire de premier ordre en la personne de Pline le Jeune ($\approx 61 - \approx 114$), lequel a laissé pour la postérité à son ami Tacite une lettre d'un très grand intérêt scientifique. Santorin, souvent appelée « la Pompéi de la mer Égée », a également eu son historien « volcanologue », en la personne du géographe Strabon ($\approx - 63 - \approx 25$). Celui-ci a en effet relaté l'éruption de 197 avant J.-C., à partir de sources perdues de témoins directs.

« Entre Théra et Thirassía, on vit jaillir du sein des flots, quatre jours durant — si bien que la mer bouillait à gros bouillons et que toute sa surface en paraissait embrasée — des flammes, dont l'effort, comparable à celui d'un levier, souleva peu à peu hors de l'abîme une île toute formée de matières ignées, et qui pouvait bien mesurer douze stades de circuit. L'éruption une fois calmée, les Rhodiens (c'était le temps où leur marine dominait dans ces parages) s'aventurèrent les premiers sur cette terre nouvelle et y construisirent même un temple en l'honneur de Neptune. » (Strabon, *Géographie*, livre I ; trad. A. Tardieu).

Cet événement eut lieu en 197 avant J.-C. Le nouvel îlot prit le nom de Hiéra. Par agrandissement successif lors des épisodes éruptifs qui ont eu lieu au cours des siècles, il devint l'île actuelle de Paléa Kaméni.

Douze stades correspondent à une longueur d'environ 2,2 kilomètres.



Rocher de Skaros,
culminant à 298 mètres
(Imerovigli, Théra).
Le piton rocheux est constitué
de lave dont l'âge est compris
entre 80 000 et 50 000 ans.
À l'arrière-plan, à droite :
île de Thirassía ; à gauche :
île de Néa Kaméni

LA GRANDE ÉRUPTION DU II^e MILLÉNAIRE AVANT J.-C.

Le principal événement volcanique qui a façonné l'île de Santorin est la grande éruption dite minoenne. Ce cataclysme a eu lieu au milieu du II^e millénaire avant J.-C. Il correspond à un dynamisme de type ultraplinien (nom forgé à partir de celui de Pline le Jeune). À l'exception de l'activité des supervolcans, dont on ne connaît aucun exemple historique (*voir Yellowstone*), ce genre d'éruptions présente l'intensité explosive maximale que l'on peut attendre d'un édifice volcanique. Les spécialistes ont attribué à l'événement de Santorin un indice de 7 sur l'échelle d'explosivité volcanique VEI (*Volcanic Explosivity Index*), qui en compte 8, une valeur atteinte uniquement par les supervolcans. L'éruption minoenne serait la deuxième plus grande catastrophe volcanique des temps historiques, après celle de Tambora (Indonésie) en 1815, qui a été à l'origine d'une année sans été en 1816 dans l'hémisphère Nord.

Plus de 100 kilomètres cubes d'éjectas — majoritairement des ponces rhyolitiques (équivalent volcanique des granites) — auraient été projetés dans l'atmosphère en quatre phases éruptives qui ont duré quelques jours. La première étape aurait produit une colonne de ponces et de cendres de plus de trente kilomètres de haut, atteignant ainsi la stratosphère. Les phases suivantes ont été caractérisées par l'apparition de coulées pyroclastiques (violentes projections latérales de



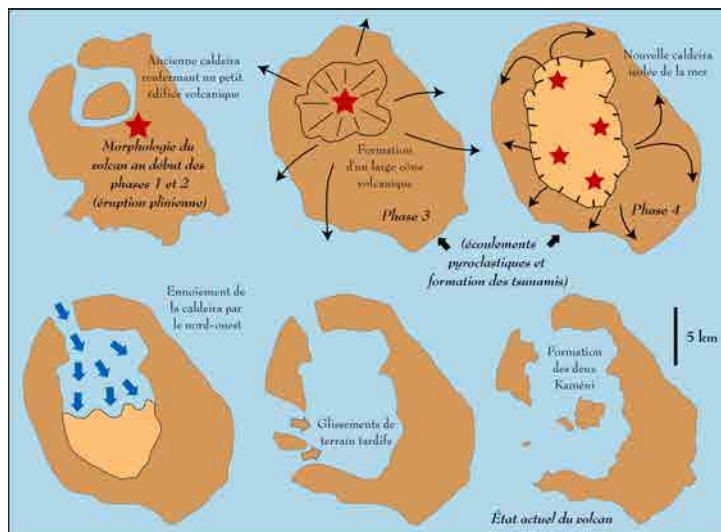
blocs et de cendres). La caldeira actuelle résulte de cette éruption. L'entrée de l'eau de mer dans la dépression nouvellement formée aurait été empêchée dans un premier temps par des dépôts volcaniques. L'inondation de la caldeira n'aurait eu lieu qu'après l'éruption, une fois ces barrières détruites par des glissements de terrain. Le déplacement des eaux dû aux écoulements pyroclastiques a généré de formidables tsunamis en Méditerranée orientale. Dans les modèles actuels, on envisage l'apparition d'une série de vagues, dont la plus grande aurait eu une hauteur supérieure à trente mètres près du volcan et de l'ordre de neuf mètres sur la côte nord-est de la Crète.

Des archéologues et des volcanologues ont émis la théorie selon laquelle les tsunamis résultant de l'éruption de Santorin seraient la cause de la disparition de la culture minoenne, dont l'épanouissement a débuté sur les îles de Crète et des Cyclades vers 2700 avant J.-C. Le déclin de cette brillante civilisation, en plusieurs phases, s'est conclu par un effondrement vers 1450 avant J.-C. Le premier à avoir fait le lien, en 1939, entre l'éruption et la disparition des Minoens a été Spyridon Marinatos, le découvreur du site d'Akrotiri à Santorin. Le problème est qu'on ne connaît pas l'âge précis de l'éruption. La datation traditionnelle basée sur l'étude comparative des céramiques donne un âge compris entre 1550 et 1500 avant J.-C. Le carbone 14 et l'étude de croissance des arbres fossiles ont fourni une fourchette chronologique entre 1650 et 1600 avant J.-C. Cependant, la fiabilité de ces dernières datations a été récemment mise en cause.



Kokkini Paralia, la célèbre plage rouge d'Akrotiri, au sud de Théra, à 500 mètres du site archéologique.

La falaise expose le flanc d'un cône volcanique formé entre 530 000 et 350 000 ans. La couleur rouge des projections de scories et de cendres est due à l'oxydation du fer à chaud



Évolution de la morphologie du volcan de Santorin au cours de l'éruption minoenne.

Les étoiles rouges correspondent aux principaux événements éruptifs ; les flèches noires indiquent le déplacement des écoulements pyroclastiques, responsables des tsunamis

tsunamis ont également eu des effets dévastateurs sur les côtes nord et est de la Crète, situées à une distance d'environ 120 kilomètres de Théra. Une partie de la population crétoise de l'époque, qui vivait près du rivage, a probablement été anéantie et la civilisation a dû être extrêmement fragilisée. Cependant, l'effondrement définitif, plus tardif, n'est pas directement relié à cet événement. Il serait associé à des incendies attribués à une invasion mycénienne.

Par conséquent, on peut raisonnablement considérer que l'éruption a eu lieu entre 1600 et 1500 avant J.-C. La catastrophe a donc précédé l'effondrement de la civilisation minoenne de 50 à 150 ans. Pourtant, les découvertes d'impressionnants dépôts de tsunamis localisés plusieurs mètres au-dessus du niveau de la mer à Palaikastro, sur la côte est de la Crète, ainsi qu'à Mallia, sur la côte nord, montrent que les effets du cataclysme de Santorin ont dû être considérables sur cette île.

Que peut-on conclure de ces faits ? Il est clair que l'éruption a détruit l'avant-poste de la culture minoenne qui se trouvait sur l'île de Santorin, comme en témoignent les magnifiques ruines d'Akrotiri. Selon toutes probabilités, les

Projections de ponces, de blocs et de cendres de l'éruption minoenne ; limite entre deux phases éruptives (près d'Akrotiri)

