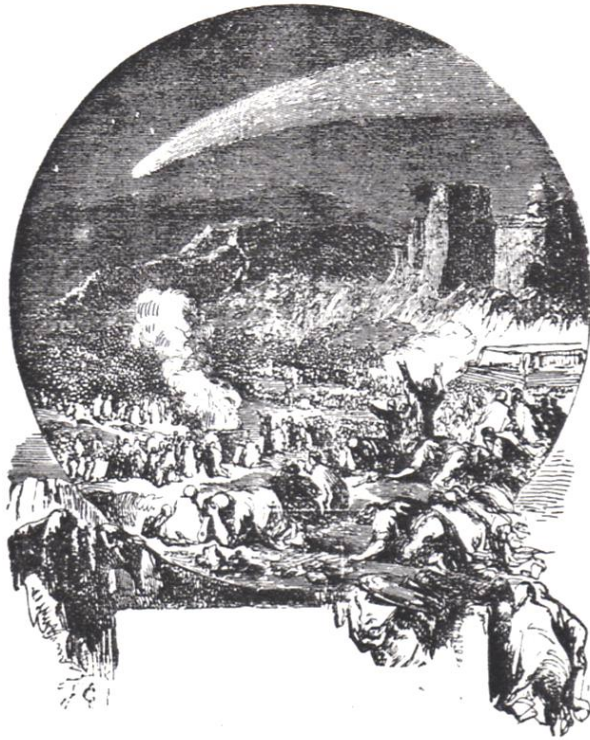


MICHEL-ALAIN COMBES



**L'HISTOIRE
COSMIQUE
DES HOMMES**

Michel-Alain COMBES

**L'HISTOIRE
COSMIQUE
DES HOMMES**

© Michel-Alain Combes, 2011

SOMMAIRE

- Chapitre 1 : *Catastrophes célestes dans l'Antiquité*, p. 7
- Chapitre 2 : *Déluge et catastrophisme biblique*, p. 21
- Chapitre 3 : *La grande époque des catastrophistes*, p. 37
- Chapitre 4 : *Impactisme et catastrophisme aujourd'hui*, p. 59
- Chapitre 5 : *Comètes et astéroïdes : la menace du ciel*, p. 75
- Chapitre 6 : *La comète brisée*, p. 99
- Chapitre 7 : *Toungouska 1908*, p. 121
- Chapitre 8 : *Les fausses pistes*, p. 141
- Chapitre 9 : *Les cataclysmes terrestres*, p. 167
- Chapitre 10 : *Les cataclysmes cosmiques*, p. 191
- Chapitre 11 : *L'inconnu, l'avenir*, p. 225
- Chapitre 12 : *Une révolution scientifique et culturelle*, p. 247
- Bibliographie, p. 259

CHAPITRE PREMIER

CATASTROPHES CÉLESTES DANS L'ANTIQUITÉ

Le souvenir obsessionnel de grands cataclysmes

L'idée que la Terre a souvent été victime de catastrophes de grande ampleur, d'origine cosmique ou terrestre, n'est pas nouvelle, loin de là. C'était un point commun à toutes les mythologies des peuples anciens, aussi loin que l'on remonte dans le temps, même si le nombre et les causes de ces cataclysmes variaient d'une mythologie à l'autre. Des concepts comme le *Chaos*, le *Déluge* ou la *chute du ciel* faisaient partie de leur histoire et de leur imaginaire.

Dans ce chapitre, il est question de certains aspects *historiques* et *mythologiques* du problème. Ce sera l'occasion de retrouver quelques grands noms de l'Antiquité qui s'intéressaient au passé et à l'avenir de la Terre, désirant percer les secrets de l'un et de l'autre, et de rappeler aussi quelques textes représentatifs explicites, textes qui ont eu la chance de parvenir jusqu'à nous, contrairement à d'autres qui sont malheureusement perdus.

Il faut noter que la notion même de catastrophisme a évolué avec le temps, au fur et à mesure des observations et des découvertes des Anciens. Et il ne faut jamais oublier que jusqu'à Anaximandre (610-547), personne n'osa envisager sérieusement une Terre autrement que plate, et jusqu'à Aristarque de Samos (310-230) autrement que le centre du monde.

Pendant très longtemps, de la préhistoire au Néolithique, le catastrophisme fut uniquement *mythologique*, avant de devenir très progressivement *astrologique* et *cyclique* quand les Anciens comprirent que la Lune et les planètes, les astres errants, reprenaient indéfiniment les mêmes positions relatives dans le ciel. On se souvient que les Grecs, enthousiasmés par la découverte du cycle de Méton (v. 430 av. J.-C.), période qui ramène les nouvelles lunes le même jour tous les dix-neuf ans, firent graver cette découverte en caractères d'or (1).

Le catastrophisme mythologique : des dieux et des légendes

Je vais d'abord rappeler quelques légendes prises dans les mythologies du monde entier, pour bien montrer le caractère universel des bouleversements et catastrophes qui ont meurtri les Anciens. J'ai été obligé, bien sûr, de choisir parmi de nombreux textes (anciens, mais aussi modernes), et ceux-ci ne sont que des textes parmi d'autres.

Mythologie aztèque : les quatre soleils

Les anciens Aztèques racontaient que quatre mondes, ou quatre soleils, ont précédé le nôtre et qu'ils furent détruits par des cataclysmes de grande ampleur.

" Quatre fois le monde fut détruit. La première fois, le soleil s'éteignit et un froid mortel s'abattit sur la terre. Seul un couple humain put s'échapper et perpétuer l'espèce. La deuxième fois, un vent magique souffla de l'ouest, et tous les hommes, sauf deux encore, furent transformés en singes. La troisième fois, ce fut le feu qui accomplit l'œuvre de destruction. Les rayons d'un soleil gigantesque firent flamber la planète, tandis que les coups de foudre répondaient aux rugissements des volcans déchaînés. Il y eut deux rescapés, et l'homme ne mourut pas. Enfin vint le quatrième cataclysme, celui de l'eau. Le ciel tomba sur la terre et ce fut le déluge. Tout disparut sous les flots, étoiles, soleils et planètes. L'obscurité s'étendit sur l'abîme. Mais l'homme survivait toujours. " (2)

Les quatre destructions quasi totales du monde furent successivement le fait du froid, du vent, du feu et de l'eau. On retrouve ces quatre agents de destruction dans de nombreuses autres mythologies. Ces quatre *âges du monde* des Aztèques s'étalent en fait sur plusieurs milliers d'années. Ils sont équivalents à ceux des autres peuples d'Amérique du Nord, d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud.

Mythologie chinoise : Kong-Kong, le dragon

En Chine, les textes anciens font allusion à de sérieux cataclysmes qui se seraient produits à l'époque des cinq empereurs semi-légendaires (Huangdi, Zhuan Xu, Diku, Yao et Shun) que l'on situe en général au III^e millénaire avant J.-C. Celui rappelé ci-dessous semble avoir eu une origine cosmique.

" Jadis, Kong-Kong disputa l'empire à Tchouan-hiu et, dans sa rage, donna un coup de corne au mont Pou-tcheou. La colonne qui soutenait le Ciel (au coin N.-O.) fut cassée, l'amarre de la Terre (au coin S.-E.) fut rompue, le Ciel se pencha vers le nord-ouest et c'est pourquoi le soleil, la lune, les étoiles se déplacent dans cette direction. La Terre eut une ouverture au sud-est, et c'est ainsi que les eaux, les rivières, le sol, la poussière se précipitent dans cette direction. " (3)

En Chine, on parle donc d'une rupture de l'axe du monde et la Terre se serait "penchée" vers le nord-ouest. Ce cataclysme pourrait être celui concernant le Déluge biblique et donc être contemporain de l'époque de Noé. Il pourrait être consécutif à l'impact d'une comète dans le Pacifique, comme je l'expliquerai dans un chapitre ultérieur.

Mythologie égyptienne : Sekhmet, la lionne en furie

Dans la mythologie égyptienne, Sekhmet était le nom de la déesse de la guerre, représentée généralement comme une lionne ou comme une femme à tête de lionne. Elle devenait parfois aussi l'œil de Rê, le dieu-soleil, et était chargée de détruire ses ennemis. Elle répandait les épidémies sur toute l'Égypte quand le dieu voulait se venger. Une légende liée à un drame cosmique (celui de la fin du XIII^e siècle av. J.-C.) racontait que sur les ordres de Rê, elle se jeta sur les hommes révoltés avec une telle frénésie et une telle méchanceté que le dieu-soleil, redoutant l'extermination de la race humaine, dut lui demander d'arrêter le carnage. Comme elle refusait obstinément d'obtempérer, il dut employer un curieux stratagème, une ruse comme seuls les dieux en avaient le secret (4) :

" Rê fit préparer des cruches de "didi", liquide colorant en rouge, qui sont mélangées à de la bière. Pendant toute la nuit, alors que Sekhmet dort, la bière rouge est versée sur toute la terre d'Égypte. A son lever, la déesse pense voir un fleuve de sang dû au massacre des hommes. Elle se mire dedans, puis commence à laper. Bientôt totalement ivre, elle oublie sa mission et s'en retourne auprès des dieux en épargnant les survivants. "

On remarque dans cette légende le fait souvent noté que le monde prit une couleur rouge à l'occasion de ce cataclysme, du fait de la pigmentation de la matière abandonnée dans l'atmosphère terrestre par la désintégration et l'émiettement des multiples fragments issus du corps céleste originel.

Il semblerait que les Égyptiens aient retenu le jour de l'année du début du cataclysme : le 12 Tybi, soit une date correspondant à la fin octobre ou au début novembre de notre calendrier moderne (5), si le cataclysme a bien eu lieu au XIII^e siècle avant J.-C. C'est une précision très importante.

" C'est le douzième jour du premier mois d'hiver qu'a eu lieu le grand massacre des hommes ; aussi le calendrier des jours fastes et néfastes note-t-il soigneusement : "Hostile, Hostile, Hostile est le 12 Tybi, évite de voir une souris en ce jour, car c'est le jour où Rê donna l'ordre à Sekhmet". " (6)

Mythologie germano-scandinave : le Ragnarök

Pour les Germains et les autres peuples du Nord, la fin du monde était symbolisée par le Ragnarök, ou *Crépuscule des dieux*. Cette catastrophe cosmique de très grande ampleur est racontée en grand détail (mythologique, pas scientifique !) dans le poème intitulé la *Voluspa* et qui fait partie du grand ensemble de l'*Edda*. De ce récit complexe qui met en place de nombreux dieux, on peut citer les extraits représentatifs suivants (7) :

" Du côté du Sud, là où commence le pays des géants du feu, Surt, le maître de ces contrées, dresse déjà son épée de flammes.

Au bord du ciel est posté Heimdall, le veilleur des dieux ; personne au monde n'a la vue aussi perçante ni l'ouïe aussi fine ; pourtant, il se laisse ravir son épée par Loki et ne commence à souffler dans son cor retentissant que lorsque les géants sont en marche. Le loup Fenrir, que les dieux avaient jadis enchaîné, rompt ses liens et s'échappe. Les secousses qu'il donne à ses entraves font trembler la terre tout entière ; le vieux frêne Yggdrasil en est ébranlé des racines jusqu'au faite. Des montagnes s'écroulent ou se fendent de haut en bas...

Au Sud apparaît Surt, que suit la troupe innombrable des géants du feu ; son épée lance des éclairs ; tout autour de lui des flammes jaillissent du sol crevassé. A son approche les rochers s'écroulent, les hommes s'affaissent sans vie. La voûte du ciel, ébranlée par le tumulte de cette armée en marche, embrasée par l'haleine de fournaise qui l'entourne, éclate en deux ; et quand les fils du feu font passer leurs chevaux sur le pont que l'arc du ciel tend de la terre au séjour des dieux, ce pont s'enflamme et s'effondre...

Les grands dieux sont morts. Et maintenant que Thor, protecteur des demeures humaines, a disparu, les hommes sont abandonnés ; il leur faut quitter leurs foyers ; la race humaine est balayée de la surface de la terre. La terre elle-même va perdre sa forme. Déjà les étoiles se détachent du ciel et tombent dans le vide béant... Le géant Surt inonde de feu la terre entière ; l'univers n'est plus qu'un brasier ; des flammes jaillissent de toutes les fentes des rochers ; la vapeur siffle de toutes parts ; toute plante, toute vie sont anéanties ; seul le sol nu subsiste...

Et voici que toutes les mers, que tous les fleuves débordent. De tous côtés les vagues pressent les vagues. Les flots, qui se gonflent en bouillonnant, recouvrent peu à peu toutes choses. La terre s'enfonce dans la mer. L'immense champ de bataille où s'étaient affrontés les maîtres de l'univers cesse d'être visible.

Tout est fini. Et maintenant tout va recommencer. Des débris du monde ancien naît un monde nouveau... "

L'épopée cosmologique du Ragnarök est très intéressante pour qui étudie les cataclysmes cosmiques de l'Antiquité. Elle est aujourd'hui associée au grand cataclysme cosmique qu'a subi la Terre et qui a eu lieu à la fin du XIII^e siècle av. J.-C. Surt, Sekhmet, Typhon, Phaéton, Absinthe, Anat et d'autres encore sont les noms différents de l'objet cométaire qui est entré en collision avec la Terre, à une époque où de nombreuses civilisations étaient déjà bien en place et prospéraient, semant tout au long de son parcours la panique, la ruine et la mort. C'est ce même cataclysme qui est associé à l'Exode des

Hébreux et aux dix plaies d'Égypte dont il sera question au chapitre 2, sous un éclairage assez différent : l'éclairage biblique.

Mythologie grecque : Typhon et Phaéton

Il s'agit de deux légendes célèbres, surtout connues par les textes classiques d'Hésiode (VIII^e siècle) (8) et d'Ovide (43 av. J.-C.-18) (9). Apparemment, elles n'ont rien à voir entre elles et sont toujours traitées séparément dans les livres de mythologie. Mais pourtant, il paraît fort probable qu'elles se rapportent toutes deux au cataclysme de la fin du XIII^e siècle qui a eu des conséquences humaines et historiques très sérieuses.

Hésiode raconte dans sa *Théogonie* qu'à la suite d'une guerre entre Zeus et les Titans, guerre qui faillit détruire l'univers, un monstre flamboyant surmonté de cent têtes et baptisé Typhon (ou Typhée) fit son apparition dans le ciel, effrayant les populations. Zeus dut intervenir une nouvelle fois pour sauver le monde.

" ... Alors une œuvre sans remède se fût accomplie en ce jour ; alors Typhon eût été roi des mortels et des Immortels, si le père des dieux et des hommes de son œil perçant soudain ne l'eût vu. Il tonna sec et fort, et la terre à l'entour retentit d'un horrible fracas, et le vaste ciel au-dessus d'elle, et la mer, et les flots d'Océan, et le Tartare souterrain, tandis que vacillait le grand Olympe sous les pieds immortels de son seigneur partant en guerre, et que le sol lui répondait en gémissant. Une ardeur régnait sur la mer allumée à la fois par les deux adversaires, par le tonnerre et l'éclair comme par le feu jaillissant du monstre, par les vents furieux autant que par la foudre flamboyante. La terre bouillonnait toute, et le ciel et la mer. De tous côtés, de hautes vagues se ruèrent vers le rivage. Un tremblement incoercible commençait : Hadès frémissait et aussi les Titans ébranlés par l'incoercible fracas et la funeste rencontre. Zeus frappa, il embrasa d'un seul coup à la ronde les prodigieuses têtes du monstre effroyable ; et, dompté par le coup dont il l'avait cinglé, Typhon mutilé, s'écroula, tandis que gémissait l'énorme terre. Mais, du seigneur foudroyé, la flamme rejaillit, au fond des âpres et noirs vallons de la montagne qui l'avait vu tomber. Sur un immense espace brûlait l'énorme terre, exhalant une vapeur prodigieuse ; elle fondait tout comme l'étain... sous l'éclat du feu flamboyant... " (Théogonie, 836-868)

Pline l'Ancien (23-79) dans le livre II de son *Histoire Naturelle* (10), au chapitre " Comètes et prodiges " parle également de Typhon. En accord avec tous les autres auteurs "scientifiques" de l'Antiquité, il le considère comme une comète.

" ... Les peuples d'Éthiopie et d'Égypte connurent une comète terrible, à laquelle Typhon, roi de ce temps-là, donna son nom :

d'apparence ignée et enroulée en forme de spirale, effrayante même à voir, c'était moins une étoile qu'un vrai nœud de flammes.
" (Histoire Naturelle, Livre II, 91, XXIII)

La légende de Phaéton est l'un des meilleurs contes d'Ovide qui en fit une des pièces maîtresses de ses *Métamorphoses*, écrites entre les années 2 et 8 de notre ère. Mais cette légende était bien antérieure à Ovide. On sait, entre autres, qu'elle fut le sujet d'une tragédie perdue d'Euripide (480-406), écrite plus de 400 ans auparavant.

Phaéton était le fils du Soleil. Pour satisfaire son orgueil, il demanda à son père de conduire son char l'espace d'une journée à travers le ciel. Entreprise démesurée qui se termina par une catastrophe cosmique, puisque le char de Phaéton quitta la route habituelle et se précipita vers la Terre. Là encore, Jupiter fut obligé d'intervenir pour sauver le monde et la race humaine.

" ... Sous l'action du feu, les nuages s'évaporent. Sur terre, les plus hauts sommets sont les premiers la proie des flammes. Le sol se fend, sillonné de crevasses et, toutes eaux taries, se dessèche. Les prés blanchissent, l'arbre est consumé avec son feuillage, et les blés desséchés fournissent eux-mêmes un aliment au feu qui les anéantit... De grandes cités périssent avec leurs murailles ; des nations entières avec leurs peuples sont, par l'incendie, réduits en cendre. Les forêts brûlent avec les montagnes... L'Etna vomit, ses feux redoublés, des flammes démesurées... Phaéton voit, de toutes part, le monde en flammes... Il ne peut plus supporter les cendres et la chaude poussière partout projetée, il est enveloppé de toutes parts d'une fumée brûlante : où va-t-il, où est-il ? dans l'obscurité de poix où il est plongé, il l'ignore, et les chevaux ailés le ballottent à leur gré. C'est alors, croit-on, que les peuples d'Éthiopie, par l'effet de leur sang attiré à la surface du corps, prirent la couleur noire. C'est alors que la Libye, toutes eaux taries par la chaleur, devint aride. Alors les nymphes pleurèrent la perte des sources et des lacs... Le Nil épouvanté s'enfuit au bout du monde, dérobant aux yeux sa source... Le sol se fend sur toute sa surface... La mer diminue de volume ; une plaine de sable sec s'étend où naguère s'étalait le flot ; les montagnes que recouvraient les eaux profondes surgissent... La Terre nourricière des êtres, avec une grande secousse qui ébranla le monde, s'affaissa un peu au-dessous de son niveau habituel... Pourquoi le niveau des mers décroît-il ? Atlas lui-même est à bout de forces, il a peine à supporter sur ses épaules le monde incandescent... Alors le père tout-puissant, ayant pris à témoin les dieux et celui-là même qui avait prêté son char, que s'il ne lui porte secours, le monde entier périrait victime d'un funeste sort, gagne au sommet du ciel le point élevé d'où il a coutume d'envelopper de nuages l'étendue des terres, d'où il met en mouvement le tonnerre et lance la foudre... Il tonne, et brandissant la foudre, il la lança sur le cocher auquel il fit perdre

du même coup la vie et l'équilibre, et de ses feux redoutables il arrêta l'incendie. Les chevaux s'abattent et d'un soubresaut tentant de se redresser, ils arrachent leur cou au joug et échappent aux sangles rompues. Ici traînent d'un côté les rênes, là l'essieu détaché du timon, ailleurs les rayons des roues brisées, et les débris du char mis en pièces sont épars au loin.

Quant à Phaéton, ses cheveux rutilants en proie aux flammes, il roule sur lui-même dans le gouffre, laissant dans l'air au passage une longue traînée... Loin de sa patrie, à l'autre bout du monde, le très grand Éridan le reçoit et lave son visage fumant... "

Ce texte d'Ovide, version "moderne" de textes plus anciens, est très instructif quand on y lit entre les lignes. Il nous apprend en fait plusieurs choses, bien qu'il mêle parfois le meilleur et le pire. Le pire est sans doute ce qu'il dit sur l'origine de la couleur noire des Éthiopiens ! Il nous apprend par contre que le Nil fut mis à sec, que la Libye devint aride, que le niveau de la mer baissa, que tout fut brûlé, qu'une poussière chaude empoisonna les aliments et qu'ensuite il y eut une période de ténèbres. Il signale également, comme fait associé très important, que l'Etna "*vomit des flammes démesurées*". On ne peut s'empêcher de faire le rapprochement avec ce célèbre passage de *l'Apocalypse* :

" ... une étoile était tombée du ciel sur la terre, il lui fut donné la clef du puits de l'abîme. Elle ouvrit le puits de l'abîme. Il monta du puits une fumée comme d'une grande fournaise et le soleil et l'air furent obscurcis par la fumée du puits... "

On peut se demander à la lecture de ce texte, si un fragment de Phaéton (qui s'appelait Absinthe chez les Hébreux et Sekhmet chez les Egyptiens) n'est pas tombé dans la Méditerranée, déclenchant par là même une éruption de l'Etna. Cette remarque très intéressante d'Ovide pourrait permettre de dater l'événement, sinon avec une précision scientifique, tout au moins de repérer la période concernée. Trois ou quatre sont possibles.

Quoi qu'il en soit, ces deux légendes de Typhon et Phaéton, comme celle du Ragnarök, montrent bien comment à partir d'un fait réel marquant, les auteurs de l'Antiquité ont mis sur pied leur mythologie si compliquée, avec ses dieux multiples, ses héros innombrables, ses grands thèmes, sa cosmologie si compliquée, et de plus variable pour chaque peuple de la région. Il est probable que, sous le manteau du mythe, chaque récit mythologique reprend, transforme et embellit des événements authentiques dont la signification réelle dépassait souvent de beaucoup, à l'époque de la Terre plate et centre du monde, l'entendement des peuples de l'époque.

Mais une chose est sûre, ils savaient bien quand un cataclysme était d'origine cosmique, souvent lié à l'apparition dans le ciel d'une grande comète. Les bouleversements terrestres qui en résultaient et les lourdes pertes en vies humaines étaient du concret, pas de l'imaginaire. Très tôt

dans l'Antiquité, les comètes furent considérées comme des astres mauvais, fauteurs de trouble, ce n'est pas sans raison.

Le catastrophisme astrologique : alignements et cycles cosmiques

Déjà, dans la haute Antiquité, certains savants et philosophes des grandes civilisations entretenaient le mythe de *l'éternel retour* (11) ou celui de *la Grande Année* (12) qui étaient censés ramener la régénération périodique de la vie.

Pour les Anciens, l'histoire n'était donc qu'une suite de cycles cosmiques de durée variable. Le jour, la lunaison, les saisons, l'année, le cycle de Méton, pour les cycles de durée humaine. Et surtout la Grande Année (quelques milliers d'années en général), avec une création, un épanouissement (l'Age d'or, cher aux civilisations de l'Antiquité), un épuisement et enfin une destruction. Les cataclysmes par lesquels se terminaient chez les Grecs un cycle cosmique étaient soit *le feu cosmique* (*ekpyrosis*) qui brûlait le monde, soit *le déluge* (*kataclysmos*) qui, au contraire, l'inondait.

Sénèque (4 av. J.-C.-65), dans un passage de ses *Questions naturelles* (13), a cru pouvoir donner, d'après le prêtre chaldéen Béroze (v. 330-v. 260) (14), les raisons de ces catastrophes périodiques :

" Déluge et embrasement arrivent, quand Dieu a trouvé bon de mettre fin à l'ancien monde et d'en commencer un meilleur. L'eau et le feu règnent sur les choses de la Terre. D'eux viennent également la naissance et la mort. Ainsi quand le renouvellement du monde est décidé, la mer fond d'en haut sur nos têtes, tout comme le feu fait rage, si un autre genre de catastrophe a été préféré. " (Livre III, XXVIII, 7)

" Béroze, le traducteur de Bélus, attribue aux planètes la cause de ces bouleversements. Sa certitude à cet égard va jusqu'à fixer la date de la conflagration et du déluge universels. Tout ce qui est terreux, dit-il, sera embrasé lorsque les astres qui suivent maintenant des orbites différentes se réuniront tous dans le signe du Cancer et se rangeront en file, de manière qu'une ligne droite puisse passer par les centres de toutes les sphères. Le déluge aura lieu, quand ces mêmes planètes viendront prendre place dans le Capricorne. Le solstice d'été est amené par la première de ces deux constellations, celui d'hiver par la seconde. Ce sont donc des signes d'une grande puissance, puisque leur influence se manifeste par le changement même de l'année. " (Livre III, XXIX, 1)

On sait aujourd'hui que ces super-conjonctions des sept astres errants connus des Anciens (le Soleil, la Lune, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et

Saturne) ne sont en aucune façon capables de provoquer, comme le croyaient encore les philosophes de l'Antiquité, les cataclysmes cités par Bérosee, mais celui-ci est affirmatif : leur cause est astronomique.

En fait, dès l'Antiquité, certains philosophes savaient pertinemment que la Terre est une planète parmi d'autres. Cléomède (I^{er} siècle av. J.-C.) enseignait qu' " *il y a plus de planètes que l'on en voit* " et Démocrite (460-370) et plus tard Origène (185-254) que " *les mondes périssent par collisions* " (15). Les Stoïciens étaient également persuadés que notre monde trouvera sa destruction finale en heurtant un autre monde.

Ce qu'il faut retenir principalement, c'est que cette notion de *cycles cosmiques* est universelle. Les peuples des cinq continents qui avaient une tradition millénaire ont parlé de grands bouleversements naturels, qui étaient soit d'origine cosmique, soit purement terrestres selon les cas. Nous avons vu avec les Aztèques que ces cycles s'appelaient généralement des *âges* ou des *soleils*, ou pouvaient avoir un nom particulier chez certains peuples. Leur nombre était variable, compris ordinairement entre quatre et dix.

L'universalité de cette notion de cycles cosmiques est la preuve que des catastrophes importantes, pouvant causer la mort d'une partie appréciable des populations humaines et animales, ont été le lot de toutes les parties du monde. Étonnamment, le langage est le même dans le Bassin méditerranéen, qu'en Amérique centrale, en Extrême-Orient ou en Polynésie.

Cependant, il faut bien insister sur le fait que, dans la plupart des cas, il s'agissait d'événements *régionaux* qui n'ont pu concerner l'ensemble de la planète. Les effondrements périodiques du firmament ou les pluies de feu souvent cités dans les textes et traditions orales des Anciens se rapportent à des cataclysmes cosmiques (certainement la collision de petits astéroïdes ou de comètes ou de leur explosion dans l'atmosphère) plus ou moins importants, mais surtout beaucoup plus fréquents que ce qu'on croyait jadis, et même jusqu'à récemment.

Pour les 10 000 ans qui ont précédé l'ère chrétienne, il paraît quand même très douteux qu'un seul d'entre eux ait pu avoir des conséquences vraiment *planétaires*, ou qu'il ait pu produire les effets de ce que l'on appelle de nos jours un *hiver d'impact* mondial, et plonger ainsi la planète dans l'obscurité pendant des dizaines d'années. Un hiver d'impact aurait eu des conséquences beaucoup plus graves, notamment en détruisant la chaîne alimentaire. Il n'est pas sûr alors que les peuples du Néolithique aient pu seulement survivre.

L'avertissement de Platon

Bien entendu, comme tous les philosophes de l'Antiquité ayant vécu avant et après lui, l'illustre Platon (427-347) avait son idée sur la raison des catastrophes qui dévastaient la Terre à de grands intervalles de temps. Quatre siècles avant notre ère, et s'appuyant sur une "*science blanchie*

par le temps ", c'est-à-dire qui a fait ses preuves et qui sait de quoi elle parle, il a écrit ces phrases lumineuses et inspirées dans son *Timée* (16), qu'il est bon de rappeler et surtout de méditer :

" ... Vous êtes tous jeunes d'esprit ; car vous n'avez dans l'esprit aucune opinion ancienne fondée sur une vieille tradition et aucune science blanchie par le temps. Et en voici la raison. Il y a eu souvent et il y aura encore souvent des destructions d'hommes causées de diverses manières, les plus grandes par le feu et par l'eau, et d'autres moindres par mille autres choses. Par exemple, ce qu'on raconte aussi chez vous de Phaéton, fils du Soleil, qui, ayant un jour attelé le char de son père et ne pouvant le maintenir dans la voie paternelle, embrasa tout ce qui était sur la terre et périt lui-même frappé de la foudre, a, il est vrai, l'apparence d'une fable ; mais la vérité qui s'y recèle, c'est que les corps qui circulent dans le ciel autour de la terre dévient de leur course et qu'une grande conflagration qui se produit à de grands intervalles détruit ce qui est à la surface de la terre. Alors tous ceux qui habitent dans les montagnes et dans les endroits élevés et arides périssent plutôt que ceux qui habitent au bord des fleuves et de la mer ... Quand, au contraire, les dieux submergent la terre sous les eaux pour la purifier, les habitants des montagnes, bouviers et pâtres, échappent à la mort, mais ceux qui résident dans nos villes sont emportés par les fleuves dans la mer ... " *Timée* (22b-22d)

Platon avait raison, tout au moins sur le fond, il y a vingt-quatre siècles : *des corps célestes dévient de leur course et viennent frapper la Terre*. Les érudits de son époque savaient, parce que leurs lointains prédécesseurs, qui en avaient sérieusement souffert dans leur chair, n'avaient pas omis de transmettre le message de génération en génération, que les cataclysmes d'origine cosmique étaient une réalité d'hier et de toujours. Mais selon les écoles de pensée, les théories étaient assez différentes. Certains croyaient à la destruction totale du monde, et à sa régénération, d'autres non. Platon était entre les deux : c'était un catastrophiste "modéré".

Doctrines et écrits des philosophes et scientifiques de l'Antiquité

Nous devons à Pierre Duhem (1861-1916) une œuvre incomparable par son intérêt : *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* (17), en dix volumes. Se basant lui-même sur le travail des grands historiens de l'astronomie des XVIII^e et XIX^e siècles, et en en réalisant une synthèse d'une précision acérée, il a pu détailler toutes les grandes doctrines cosmologiques des philosophes de l'Antiquité, doctrines qui souvent se chevauchaient. Car il n'y a jamais eu unanimité, et pour cause, puisqu'aucune hypothèse des Anciens ne représentait réellement la réalité.

Il faut d'abord rappeler que les derniers très grands cataclysmes physiques ayant eu des répercussions dans tout le Bassin méditerranéen remontent au II^e millénaire. Il y en a eu deux, de nature différente : *l'explosion du Santorin*, vers -1600 (18), un fantastique événement volcanique et géologique, sans doute très impressionnant pour tous les témoins du phénomène et les survivants, qui ont dû constater médusés l'anéantissement total d'une montagne, sacrée de surcroît, considérée souvent comme la demeure des dieux ; ensuite, *l'impact de la comète Sekhmet* vers -1200 (l'année pourrait être -1208), et toutes ses multiples conséquences pour les populations et les civilisations de la région et même de toutes les régions environnantes.

Il n'y eut aucun grand cataclysme durant le I^{er} millénaire, et à chaque génération, le souvenir de ces grands cataclysmes se faisait plus lointain et plus incertain. Chaos, feu du ciel, chute du ciel, déluge, après avoir été réalité avaient rejoint le mythe, et les philosophes, pour les intégrer dans leur vision globale de l'histoire du monde devaient recourir à des périodes de plus en plus longues, où le millier d'années était l'unité de base. Homère (v. 850 av. J.-C.) et Hésiode ignoraient déjà la réalité et la nature exacte, faute de documents écrits qui n'ont probablement jamais existé en Grèce, des deux grands événements, et les avaient intégrés avec plus ou moins de bonheur dans leurs récits, dans lesquels ils se bornaient à préserver *l'idée* de catastrophes.

Anaximandre, l'un des premiers grands astronomes grecs (le premier il envisagea une Terre sphérique et on lui doit la découverte de l'obliquité de l'écliptique) professait déjà l'opinion qu'au cours de l'éternité se succèdent une infinité de mondes dont chacun a une durée limitée.

" L'Infini paraît avoir en sa possession la cause totale de la génération et de la destruction de l'Univers. C'est de cet Infini que se sont séparés les cieux et tous les mondes qui, pris dans leur ensemble, sont infinis. De l'éternité infinie provient la destruction, comme la génération en était issue longtemps auparavant ; toutes ces générations et ces destructions se reproduisent d'une manière cyclique. " (19)

Comme le note Pierre Duhem :

" Nous voyons ici Anaximandre affirmer un double infini : Une étendue infinie, principe de la coexistence d'une infinité de mondes simultanés ; une éternité infinie, principe des générations et des destructions périodiques d'une infinité de mondes successifs. " (20)

Vers le milieu du I^{er} millénaire, Héraclite (540-480), comme beaucoup de philosophes de la Grèce ancienne, était encore obnubilé par la puissance du feu, souvenir déjà lointain à son époque (sept siècles s'étaient écoulés) de celui qui avait embrasé et dévasté des régions entières vers -1200 et qui avait entraîné un terrible recul de plusieurs siècles (les fameux quatre

"siècles obscurs" de la chronologie grecque compris entre -1200 et -800) pour les civilisations de la Méditerranée orientale. Héraclite considérait le feu comme l'élément essentiel d'un monde éternel dans lequel Dieu n'avait pas sa place.

" Le monde n'a été fait ni par un dieu ni par un homme ; il a toujours été, il est et il sera toujours, le feu toujours vivant, qui s'allume régulièrement et s'éteint régulièrement. "

Plus tard, dans la seconde partie du Ier millénaire avant J.-C., quatre doctrines principales tentaient d'expliquer l'histoire du monde. Celle de Démocrite et de ses disciples, parmi lesquels Épicure (341-270) et beaucoup plus tard Lucrèce (98-55), celle de Platon, celle d'Aristote (384-322) et celle de Zénon (335-264) et de l'école stoïcienne, dont Sénèque fut un lointain disciple. Pour tous ces philosophes, le dilemme se résumait à la question suivante : *" Le monde est-il éternel ou a-t-il une fin ? "*

Voyons les différents points de vue (21).

Pour Aristote, le monde est éternel, et tout signe tangible de dépérissement doit être compensé par des signes de rajeunissement d'une intensité comparable. Son monde est en équilibre. Comme il est éternel, il n'a pas été créé. Il n'a pas besoin d'un démiurge pour causer une catastrophe.

Pour les Stoïciens, le monde entier est périssable, et subit des phases alternées de destruction et de restauration. Eux aussi sont matérialistes. Les manifestations évidentes de décrépitude sont les symptômes d'une fin prochaine. Mais après la conflagration universelle qui réduit tous les éléments au feu primitif, le monde renaîtra tel qu'il fut précédemment. Il y a par conséquent un *éternel retour* des êtres et aussi des événements. C'est la fameuse tirade de Némésius d'Émèse (IV^e-V^e siècle), un lointain disciple de Platon : *" Il y aura de nouveau un Socrate, un Platon... et cette restauration ne se produira pas une fois, mais plusieurs "*. Comme chez Aristote, en fait, le monde est éternel, mais pour l'école stoïcienne, il y a renouvellement, régénération périodique. Sénèque, qui se référait volontiers à cette école dont il se sentait proche, expliquait que le monde périclame régulièrement et cycliquement par déluge et embrasement.

Pour les disciples de Démocrite, et plus tard d'Épicure, le monde périclame aussi à la suite d'une conflagration, mais il se distingue nettement de celui des Stoïciens par la place tenue par *le hasard*. Il n'y a pas retour périodique des mêmes événements. Pour eux, c'est *un monde nouveau qui démarre sur les ruines de l'ancien*. Cette vision paraît étonnamment moderne.

Platon est assez proche du catastrophisme stoïcien. La conflagration ne fait pas de doute pour lui. Mais chez lui le monde n'est pas anéanti totalement, c'est seulement l'humanité qui pâtit sérieusement du cataclysme. Le monde perdure après les grandes catastrophes de la conflagration et du déluge, comme chez son ancien élève Aristote. Mais la grosse différence avec celui-ci, c'est que pour Platon le monde est créé et détruit par Dieu. Pour lui, les

catastrophes sont des moyens choisis par Dieu pour purifier la Terre. Les historiens des sciences estiment que Platon fait la synthèse entre Aristote et Zénon, mais que c'est un auteur plus ancien (?), bien que fort perspicace nous l'avons vu, dans la mesure où il est moins bien dégagé qu'eux des mythologies aux dieux interventionnistes.

Notes

1. En fait, on a découvert beaucoup plus tard que la période de dix-neuf ans qui caractérise le cycle lunaire avait déjà été découverte par les Chinois, 1600 ans avant Méton.
2. R. Escarpit, *Contes et légendes du Mexique* (Nathan, 1963). Citation p. 10.
3. P. Ravignand et A. Kielce, *Cosmogonies. Les grands mythes de Création du Monde* (Le Mail, 1988). Citation p. 110.
4. F. Braunstein et J.-F. Pépin, *Les grands mythes fondateurs* (Ellipse, 1995). Citation p. 40.
5. Le calendrier égyptien était basé sur une année de 365 jours seulement, d'où une dérive annuelle de 0,2422 jour par an, 6 jours pour 25 ans, 12 jours pour 50 ans, 18 jours pour 75 ans, etc. Le 12 Tybi de l'année 1321 avant J.-C. correspondait au 27 novembre de notre calendrier grégorien, le 12 Tybi de 1271 au 15 novembre, celui de 1221 au 3 novembre et celui de 1196 au 28 octobre. Il reste à trouver l'année exacte du cataclysme pour ajuster la date exacte. Si 1209 avant J.-C. (soit -1208) est la bonne année (ce n'est qu'une approximation à 10 ou 20 ans près qui dépend de la chronologie exacte des pharaons), la date de la collision cosmique serait alors voisine du 31 octobre.
6. F. Guirand et J. Schmidt, *Mythes & Mythologie. Histoire et dictionnaire* (Larousse, 1996). Le chapitre 2 (pp. 23-68), dû à J. Viau, concerne la mythologie égyptienne. Citation p. 53.
7. *Ibid.* Le chapitre 8 (pp. 291-338), dû à E. Tonnelat, concerne la mythologie germanique (Allemagne et pays scandinaves).
8. Hésiode, *Théogonie* (Les Belles Lettres, 1977 ; traduction par P. Mazon). Citation p. 62-63. Hésiode ne connaissait plus avec précision les grandes catastrophes qui avaient eu lieu au II^e millénaire. La compression du temps avait déjà joué son rôle et sa *Théogonie* regroupe sous forme de mythes des données très hétéroclites et d'époques différentes. Cela tendrait à prouver que des sources écrites sur les grands cataclysmes du passé n'ont jamais existé, tout au moins en Grèce. Cette hypothèse est confirmée par le fait que les philosophes grecs plus tardifs ne parlent jamais de l'éruption du Santorin avec un minimum de précision. Seul le bouche à oreille permit, les premiers temps, de perpétuer le souvenir de cataclysmes destructeurs.
9. Ovide, *Les métamorphoses* (Garnier-Flammarion, 1966 ; traduction par J. Chamonard). Citation p. 70-73.
10. Plin l'Ancien, *Histoire naturelle*, Livre II (Les Belles Lettres, 1950 ; traduction par J. Beaujeu). Citation p. 39-40.
11. M. Eliade, *Le mythe de l'éternel retour* (Gallimard, 1969).
12. A. Barbault, *L'astrologie mondiale* (Fayard, 1979).
13. Sénèque, *Questions naturelles* (Les Belles Lettres, 1930 ; traduction et annotations par P. Oltramare). Citations pp. 154-155. Le livre troisième dont

sont tirés ces deux extraits s'intitule " *Des eaux terrestres* ". Sénèque était un avant-gardiste qui aurait pu éclipser Ptolémée avec un peu de chance. La face du monde culturel aurait pu en être totalement changée.

14. M. Rutten, *La science des Chaldéens* (PUF, QS 893, 1970).

15. E.M. Antoniadi, *La découverte du système héliocentrique du monde en Grèce antique*, *L'Astronomie*, 41, pp. 449-458, 1927.

16. Platon, *Timée* (Garnier-Flammarion, 1969 ; traduction par E. Chambry). Citation p. 405. Ce passage du *Timée*, devenu classique, a traversé les siècles. Il est toujours aussi intéressant, même à l'époque actuelle.

17. P. Duhem, *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* (Hermann, 10 volumes, 1913-1957).

18. Il sera question de ce cataclysme au chapitre 9 consacré aux grands cataclysmes *terrestres* de la protohistoire et de l'Antiquité. En effet, certains d'entre eux ont toujours interféré avec les cataclysmes *cosmiques*. Il a fallu attendre le XX^e siècle pour les identifier avec précision.

19. *Le système du monde*, citation p. 70. Il s'agit d'un texte d'Eusèbe.

20. *Le système du monde*, citation p. 71.

21. Le lecteur intéressé par cet intéressant sujet pourra se reporter aux ouvrages spécialisés, et notamment à celui de Duhem, très explicite et très détaillé.

CHAPITRE 2

DÉLUGE ET CATASTROPHISME BIBLIQUE

La Bible, le livre incontournable

Avec l'émergence du christianisme, à partir du premier siècle de notre ère, *la Bible* s'imposa très progressivement comme un livre majeur dans les pays christianisés, et les écrits qu'elle contient devinrent *le dogme*. Au Moyen Age, la Bible était devenue LE Livre, supplantant tous les autres, notamment les grands textes des Anciens, ravalés souvent au rang de balivernes quand la Nature y primait le Créateur. Toutes les doctrines et idées mûries au cours des siècles, tous les mythes et légendes transmis scrupuleusement depuis toujours n'étaient que fadaïses à oublier. Seuls les textes sacrés qui avaient eu la chance de recevoir "l'imprimatur" (les apocryphes aussi étaient mis à l'écart) avaient force de loi. Cela explique un peu pourquoi la marge de manœuvre des rares érudits du Moyen Age était si étroite. A certaines époques, il n'était pas facile de jouer les francs-tireurs sans hypothéquer sa propre sécurité. Inutile de dire que tout cela n'est pas bon pour l'évolution des idées.

Cette triste réalité rappelée, il n'en demeure pas moins que la Bible est un recueil de textes dont certains sont très intéressants pour qui étudie le catastrophisme d'origine cosmique. La Bible n'est pas avare de catastrophes voulues par Dieu pour punir les humains récalcitrants et pêcheurs invétérés. Dans ce chapitre il est question des textes et des idées, dans les chapitres 9 et 10 il sera question de l'interprétation scientifique que l'on se fait aujourd'hui de ces catastrophes.

Il faut savoir, en effet, que le XX^e siècle a permis de faire sur plusieurs points importants le tri entre réalité et légende, et même parfois d'obtenir des résultats incontestables sur certains sujets que l'on pensait être des énigmes à jamais indéchiffrables. La possibilité de datations précises, notamment, a été un progrès extraordinaire qui a permis de préciser le calendrier d'événements distincts totalement imbriqués (à tort) les uns dans les autres, car "écrasés" par le temps.

Le Déluge biblique, le premier grand fléau

Quelle définition peut-on réellement donner du Déluge biblique ? Dans son monumental *Dictionnaire de la Bible*, André-Marie Gerard (1918-1989), donne parmi beaucoup d'autres les renseignements suivants (1) :

" Cataclysmes où, selon le texte biblique et les plus anciennes traditions d'Orient, périrent sous les eaux l'ensemble des vivants

répandus sur la terre ; seuls échappèrent par la faveur divine à cette destruction un homme et sa famille, géniteurs d'une humanité nouvelle, et les spécimens des autres espèces qu'ils avaient sauvés avec eux afin d'assurer le renouvellement de toute la vie terrestre au terme de l'inondation...

Dans la forme que nous lui connaissons, le récit apparaît comme la combinaison de deux documents rédigés au X^e ou IX^e siècle et au VI^e siècle av. J.-C., à partir de la tradition orale et écrite d'Israël...

Il n'est pas impossible que la monstrueuse inondation dont les archéologues ont par exemple relevé les traces dans la région d'Our ait été "le Déluge" dont fait état la tradition des peuples de Mésopotamie : une couche alluvionnaire de trois mètres d'épaisseur environ, vide de tout vestige de l'industrie humaine, sépare des couches riches en débris révélateurs de deux civilisations de niveaux très différents ; sa formation daterait du début du quatrième millénaire. "

A noter surtout le fait que la rédaction du texte biblique concernant le Déluge date du I^{er} millénaire avant J.-C. Autant dire qu'on ne sait rien de concret sur ce qui s'est vraiment passé, même si les chercheurs actuels essaient de démêler et de comprendre les différents aspects du problème (2).

Si l'on se réfère au *Livre de la Genèse*, placé en tête des cinq livres du *Pentateuque* et donc le premier de la Bible elle-même (3), le Déluge est présenté de la manière suivante, étant bien entendu qu'il s'agit d'une "punition" infligée par Dieu aux humains :

" L'an six cent de la vie de Noé, le deuxième mois, le dix-septième jour du mois, en ce jour-là, se fendirent toutes les fontaines du grand Abîme et s'ouvrirent les écluses des cieux. Il y eut averse sur la terre quarante jours et quarante nuits...

Les eaux grandirent et s'accrurent beaucoup, beaucoup, au-dessus de la terre et toutes les hautes montagnes qui existent sous tous les cieux furent recouvertes. Les eaux avaient grandi de quinze coudées de haut et les montagnes avaient été recouvertes. Alors expira toute chair qui remue sur la terre : oiseaux, bestiaux, animaux, toute la pullulation qui pullulait sur la terre, ainsi que tous les hommes. Tout ce qui avait en ses narines une haleine d'esprit de vie, parmi tout ce qui existait sur la terre ferme, tout mourut. Ainsi furent supprimés tous êtres qui se trouvaient à la surface du sol depuis les hommes jusqu'aux bestiaux, jusqu'aux reptiles et jusqu'aux oiseaux des cieux. Ils furent supprimés de la terre, il ne resta que Noé et ceux qui étaient avec lui dans l'arche. Et les eaux grandirent au-dessus de la terre durant cent cinquante jours. "

La Genèse date le Déluge en l'an 600 de la vie de Noé, le patriarche biblique acteur de l'événement. La chronologie des divers patriarches bibliques étant connue, tout au moins approximativement, les exégètes de la Bible ont situé en général le cataclysme en l'année 1657 de la création du monde, que l'on apparente à *l'année 2349 avant notre ère*. Le Déluge biblique serait donc un événement ayant eu lieu durant le III^e millénaire, à une période où plusieurs civilisations avancées étaient déjà en place et furent, sinon les témoins directs, tout au moins indirects par les témoignages qu'ils eurent à connaître de leurs voisins.

L'origine de la catastrophe reste bien sûr imprécise, plusieurs possibilités acceptables étant en concurrence pour l'expliquer. Parmi les hypothèses possibles, on pense notamment à une inondation géante résultant d'un séisme très important dans le golfe Persique qui aurait entraîné une transformation des fonds marins (peu profonds), et à l'impact d'un astéroïde ou d'une comète dans l'océan Pacifique (l'océan Oriental des Anciens).

Sodome et Gomorrhe, la vengeance de Dieu

La Bible raconte que, à l'époque d'Abraham (XIX^e siècle avant J.-C.), quatre villes proches de la mer Morte : Sodome, Gomorrhe, Adma et Seboïm furent détruites par "le feu et le soufre venant du ciel", une cinquième, Soar, étant épargnée par Dieu. La raison invoquée de cette destruction est l'impiété de leurs habitants et la perversité de leurs mœurs.

Dans l'article " Sodome " de son *Dictionnaire de la Bible*, A.-M. Gerard explique :

" Malgré l'intercession d'Abraham à qui Dieu avait révélé son dessein, deux anges se rendirent à Sodome pour détruire la ville. Seuls Lot et les siens furent épargnés : "Yahvé fit pleuvoir sur Sodome et sur Gomorrhe du soufre et du feu venant du ciel ". Les géologues et les archéologues ont épilogué sur ce déluge "de soufre et de feu" : on a même parlé de bombe atomique. Il semble qu'une nuée ardente ou un phénomène volcanique analogue à celui qui a anéanti Pompéi ait pu se produire vers l'an 2000 avant J.-C., dans la fosse géologique qui représente la mer Morte et qui date de l'ère tertiaire. Selon certains, les villes maudites auraient été situées au nord de la mer Morte, où une exploration menée en 1930 par l'Institut pontifical biblique a relevé une grande masse de cendres ; plus nombreux sont les spécialistes qui les situent au sud, là où un fond récent n'est immergé que d'une douzaine de mètres, et où s'élève aujourd'hui le djebel Usdum, dont le nom semble avoir conservé le souvenir de Sodome et dont la contexture, du sel gemme, évoque la transformation de la femme de Lot, lors de la fuite de Lot et des siens devant l'imminence du fléau, en châtiment de sa curiosité. "

Ce deuxième grand cataclysme raconté dans la Bible date de l'époque d'Abraham et est plus récent de plusieurs siècles que le Déluge biblique. Les scientifiques actuels croient, en général, qu'il fut probablement dû à un événement sismique. Cependant, certains astronomes catastrophistes pensent qu'il pourrait s'agir de la chute d'un noyau cométaire sur la Terre.

Les dix plaies d'Égypte

Ces *Plaies d'Égypte* sont contemporaines de Moïse (XIII^e siècle avant J.-C.) et de la sortie d'Égypte. Elles datent donc de la fin du XIII^e siècle. Certains chercheurs pensent aujourd'hui qu'elles sont liées à un très important cataclysme *d'origine cosmique* : l'impact sur la Terre de la comète Sekhmet des Égyptiens, rebaptisée Absinthe par les Hébreux et Phaéton par les Grecs. C'est la fameuse comète dont parle Pline (la "*comète terrible*" qui faisait frissonner rétrospectivement les Anciens) et qui a donné lieu à certaines légendes rappelées au chapitre 1. On sait que ces *Plaies* correspondent assez bien aux conséquences "normales" d'un impact cométaire avec les eaux changées en sang, la pullulation des grenouilles, de la vermine et des insectes, la mort du bétail, les ulcères et les pustules, la grêle et le tonnerre, l'invasion des sauterelles, les trois jours de ténèbres et même la mort des nouveaux-nés (après la catastrophe), comme je l'expliquerai au chapitre 10.

Les catastrophistes actuels sont en mesure de dater avec une bonne précision ce drame cosmique dont les répercussions ont été immenses, mais totalement ignorées, étonnamment, par les historiens qui n'aiment pas que des scientifiques viennent "empiéter leurs plates-bandes". Ces historiens, comme d'autres intellectuels, sont victimes du fameux verrou psychologique dont il sera question à plusieurs reprises dans ce livre. Mais il faut savoir que les *causes astronomiques* du drame, mises en évidence depuis un quart de siècle seulement, ne pouvaient être appréhendées avec précision que par des astronomes spécialistes des comètes et des astéroïdes.

La chute de pierres et le "miracle" de l'époque de Josué

On connaît par la Bible la relation d'une importante chute de pierres qui eut lieu à l'époque de Josué (XIII^e-XII^e siècle av. J.-C.) dans les environs de Gabaon en Judée. Elle figure au verset XI, chapitre X, du livre de Josué :

" ... Il advint, comme ils [les Amorrhéens] fuyaient devant Israël et qu'ils étaient à la descente de Beth-Horon, que Iahvé lança des cieux contre eux de grandes pierres jusqu'à Azéquah et ils en moururent. Ceux qui moururent par les pierres de grêle furent plus nombreux que ceux que les fils d'Israël tuèrent par l'épée. "

A cette chute de pierres, sans doute importante puisqu'elle frappa l'imagination de plusieurs peuples de l'Asie mineure qui en conservèrent simultanément dans leurs traditions et leurs écrits, est lié le fameux pseudo-

miracle, dit "*miracle de Josué*", du nom du célèbre chef hébreu qui, soi-disant, arrêta la course du Soleil dans le ciel. Les versets XII à XIV, suite du précédent, racontent cet événement extraordinaire :

*" C'est alors, au jour où Iahvé livra l'Amorrhéen à la merci des fils d'Israël, que Josué parla à Iahvé et dit, sous les yeux d'Israël :
" Soleil, arrête-toi sur Gabaon et, Lune sur la vallée d'Ayalon ".
Et le Soleil s'arrêta et la Lune stationna, jusqu'à ce que la nation se fût vengée de ses ennemis. Est-ce que ceci n'est pas écrit dans le Livre du Juste ? : " Le Soleil stationna au milieu des cieux et il ne se hâta point de se coucher, presque un jour entier. Et il n'y eut pas de jour comme celui-là ni avant, ni après lui. "... "*

Les commentateurs de la Bible et les savants objectifs se sont souvent demandé quel avait bien pu être le phénomène capable de provoquer cette prolongation du jour. La première réponse satisfaisante fut celle donnée par l'astronome français Jean Bosler (1878-1973) en 1943 (4). Celui-ci a noté que si l'on se reporte au passage biblique en question, il ne semble pas qu'il y ait eu un arrêt effectif du Soleil sur la sphère céleste, phénomène qui eut impliqué une interruption de la rotation terrestre, mais plutôt *une simple prolongation du jour* nécessaire à l'achèvement de la victoire de Josué. La Bible raconte qu'auparavant, il y eut la fameuse *chute de pierres* qui fit de nombreuses victimes, mais sans voir une relation d'aucune sorte entre les deux événements. D'après Bosler, ceux-ci étaient liés génétiquement, et il avait raison. On sait que ces chutes de pierres s'accompagnent parfois de nuits claires, c'est-à-dire d'une prolongation inaccoutumée de la durée du jour, due à la diffusion dans la haute atmosphère de poussières solides entraînées par l'essaim ou soulevées par la catastrophe.

Les astronomes catastrophistes pensent de nos jours que le "*miracle de Josué*" a été causé par la désintégration dans l'atmosphère d'un petit astéroïde d'origine cométaire de quelques dizaines de mètres de diamètre, c'est-à-dire un fragment de noyau de comète dégazée. Après sa rupture totale, ce fragment cométaire, qui se composait probablement de glace, de gaz gelés, de matière météoritique et de poussières, a provoqué la diffusion de ces poussières dans l'atmosphère. D'autre part, suite à la fragmentation complète de la matière solide sous forme de pierres plus ou moins grosses, il a été la cause de l'essaim météoritique qui décima les ennemis d'Israël.

Un vrai astéroïde aurait seulement pu causer la chute de pierres célestes, mais pas le "miracle". Inversement, une importante éruption volcanique, phénomène parfois évoqué, aurait pu illuminer l'atmosphère et prolonger la durée du jour d'une manière acceptable, mais pas causer la chute de pierres. L'explosion dans l'atmosphère d'un petit noyau cométaire au-dessus de la Judée est le phénomène le plus adéquat pour expliquer valablement cet intéressant passage biblique. Passage qui a fait couler beaucoup d'encre depuis plus de 3000 ans, notamment du côté des religieux qui, pendant des siècles, ont à toute force voulu croire à *l'impossible* miracle que constitue l'arrêt réel du Soleil sur sa trajectoire céleste.

L'Apocalypse de Saint Jean

Les *apocalypses* étaient un genre littéraire très répandu chez les auteurs de l'Antiquité, dont le but principal était de faire allusion à des personnages ou à des événements historiques passés et présents, mais en même temps, évidemment, de présager l'avenir sous un aspect cataclysmique.

L'*Apocalypse* de Saint Jean (I^{er} siècle), écrite vers la fin du I^{er} siècle, constitue le dernier livre du *Nouveau Testament* (5). Sa place dans le livre religieux des Chrétiens lui a permis de traverser les siècles sans encombre, et toutes les générations de théologiens l'ont étudié en détail sans en saisir l'un des sens cachés : la réalité de l'impactisme terrestre dans les millénaires précédant l'époque de Saint Jean (6).

Car toutes ces *apocalypses* des auteurs anciens se répétaient l'une l'autre au fil des siècles, chaque auteur, sur un canevas de base, brodant selon ses fantasmes et ses convictions religieuses. Saint Jean n'échappe pas à la règle, il explique la fin du monde à venir, voulue par Dieu, avec de nombreuses allusions à des phénomènes d'origine cosmique, inexplicables selon lui sans la permission de l'Être divin. N'ayant pas été lui-même témoin d'une telle catastrophe, il s'inspire de textes plus anciens qui, eux, se référaient à des événements authentiques d'un lointain passé.

Certaines de ces catastrophes seront analysées aux chapitres 9 et 10, à la lumière des connaissances actuelles, mais il est intéressant de rappeler quelques-unes des citations du prophète, telles qu'elles figurent dans son *Apocalypse*.

ouverture du sixième sceau

" ... il se produisit un grand tremblement de terre : le soleil devint noir comme un sac de crin, la lune devint toute comme du sang, les étoiles du ciel tombèrent sur la terre, comme les figues vertes tombent du figuier secoué par un grand vent ; le ciel se retira comme un livre qu'on roule ; toutes les montagnes et les îles furent changées de place, et les rois de la terre, les grands, les chefs, les riches, les puissants, les esclaves et les hommes libres se cachèrent dans les grottes et les rochers des montagnes..."
(*Apocalypse*, VI, 12, 13, 14, 15)

les sept trompettes, qui sont autant de fléaux

" ... l'ange prit l'encensoir et le remplit du feu de l'autel qu'il jeta sur la terre. Et il y eut des tonnerres, des voix, des éclairs et un tremblement de terre..." (*Apocalypse*, VIII, 5)
" ... il y eut de la grêle et du feu mêlés de sang qui tombèrent sur la terre, le tiers de la terre fut brûlé, ainsi que le tiers des arbres et de toute herbe verte..." (Première trompette, *Apocalypse*, VIII, 7)

" ... il tomba dans la mer comme une grande montagne embrasée : le tiers de la mer devint du sang, il mourut le tiers des êtres qui étaient dans la mer et le tiers des navires périt... " (Seconde trompette, Apocalypse, VIII, 8, 9)

" ... il tomba du ciel une grande étoile, ardente comme un flambeau ; elle tomba sur le tiers des fleuves et sur les sources des eaux. Et l'étoile s'appelait Absinthe. Et le tiers des eaux se changea en absinthe et beaucoup d'hommes moururent de ces eaux pour être devenues amères... " (Troisième trompette, Apocalypse, VIII, 10, 11)

" ... le tiers du soleil fut atteint, ainsi que le tiers de la lune et le tiers des étoiles, en sorte que ces astres furent obscurcis d'un tiers et que le jour perdit un tiers de sa clarté et la nuit de même... " (Quatrième trompette, Apocalypse, VIII, 12)

" ... une étoile était tombée du ciel sur la terre, il lui fut donné la clef du puits de l'abîme. Elle ouvrit le puits de l'abîme. Il monta du puits une fumée comme d'une grande fournaise et le soleil et l'air furent obscurcis par la fumée du puits. De la fumée, sortirent sur la terre des sauterelles... Il leur fut donné non de tuer les hommes mais de les tourmenter pendant cinq mois... " (Cinquième trompette, Apocalypse, IX, 1, 2, 3, 5, 11)

" ... le tiers des hommes périt par ces trois fléaux, à savoir le feu, la fumée et le soufre... " (Sixième trompette, Apocalypse, IX, 18)

" le temple de Dieu s'ouvrit dans le ciel... il y eut des éclairs, des voix, des tonnerres, un tremblement de terre et une forte grêle... " (Septième trompette, Apocalypse, XI, 19)

les sept signes

" ... un signe parut dans le ciel : c'était un grand dragon rouge... il balayait le tiers des étoiles du ciel et les jetait sur la terre... il y eut un combat dans le ciel... malheur à la terre et à la mer, car le diable est descendu chez vous, en grande fureur... " (Premier signe, Apocalypse, XII, 3, 4, 7, 12)

" ... la bête de la terre opère de grands prodiges, jusqu'à faire descendre le feu du ciel en terre aux yeux des hommes... " (Troisième signe, Apocalypse, XIII, 13)

les sept coupes de la colère de Dieu

" ... un ulcère malin et pernicieux frappa les hommes... " (Première coupe, Apocalypse, XVI, 2)

" ... la mer devint comme du sang de cadavre et tous les êtres de la mer périrent... " (Seconde coupe, Apocalypse, XVI, 3)

" ... les fleuves et les sources se changèrent en sang... " (Troisième coupe, Apocalypse, XVI, 4)

" ... il fut donné au soleil de brûler les hommes par le feu ; et les hommes furent brûlés dans une grande chaleur... " (Quatrième coupe, Apocalypse, XVI, 8, 9)

" ... le royaume de la bête fut plongé dans les ténèbres et les hommes se mordaient la langue de douleur... " (Cinquième coupe, *Apocalypse*, XVI, 10)

" ... le grand fleuve de l'Euphrate dont les eaux séchèrent pour livrer passage aux rois de l'Orient... " (Sixième coupe, *Apocalypse*, XVI, 12)

" ... il y eut des éclairs, des voix et des tonnerres, ainsi qu'un grand tremblement de terre, tel qu'il n'y en a jamais eu d'aussi grand depuis qu'il y a des hommes sur terre... les villes des nations s'effondrèrent... toutes les îles s'enfuirent et les montagnes disparurent. Et des grêlons énormes, comme des talents, s'abattirent du ciel sur les hommes... " (Septième coupe, *Apocalypse*, XVI, 18, 19, 20, 21)

L'Apocalypse de Saint Jean est généralement considérée comme un texte dénué de fondement sérieux par les commentateurs objectifs. Mais pour les spécialistes du catastrophisme d'origine cosmique, certains passages sont fort intéressants et utiles, car ils sont caractéristiques d'un des sujets favoris des auteurs anciens.

Contrairement aux auteurs "matérialistes" de l'Antiquité qui voyaient dans la chute d'étoiles sur la Terre un événement purement physique, Saint Jean et les auteurs "déistes" la considéraient, au contraire, comme un moyen de punir les humains choisi par Dieu, seul capable d'après eux de provoquer un tel cataclysme, absolument extraordinaire pour les gens de cette époque. Les citations de *L'Apocalypse* rappelées ci-dessus semblent correspondre à un agglomérat de catastrophes provenant d'au moins *trois événements* de nature différente qui se sont produits durant le second millénaire avant J.-C. dans le bassin oriental de la Méditerranée.

Whiston et les comètes instruments de Dieu

La Bible s'est rapidement imposée comme LE Livre dans le monde christianisé, s'avérant totalement incontournable et extraordinairement dogmatique. Il s'ensuivit une autocensure quasiment obligatoire pour les savants qui auraient eu des velléités de critique, voire des propositions raisonnables pour expliquer certains phénomènes observables plus adéquates que celles fournies par le livre sacré. On comprend mieux alors qu'il fallut attendre certaines dissidences locales au niveau de la religion pour que quelques savants puissent faire connaître leur "autonomie intellectuelle" et proposer des solutions nouvelles.

Le fait que la "dissidence" (toute partielle) vienne d'Angleterre ne doit donc pas étonner, puisque ce pays avait déjà pris ses distances vis-à-vis de la hiérarchie de Rome. Dissidence partielle, simplement parce que certains esprits tout à fait révolutionnaires pour l'époque essayèrent de *moderniser* la Bible sans la repousser totalement, proposition totalement incongrue mais rendue nécessaire par le fossé qui déjà se creusait d'une façon criante entre la "vérité dogmatique" et la réalité des observations.

William Whiston (1667-1747) était un ecclésiastique (il débuta comme simple curé), théologien et mathématicien anglais, contemporain et ami de Edmond Halley (1656-1742) et de Isaac Newton (1642-1727), à qui il succéda à la chaire de mathématiques de Cambridge. Il n'avait que 29 ans en 1696 quand il publia un livre remarquable intitulé : *A new theory of the Earth* (7), qui eut un grand retentissement à l'époque et durant le XVIII^e siècle par son approche tout à fait nouvelle, révolutionnaire même, et surtout quasiment impensable venant d'un homme d'église. On peut le considérer comme le premier ouvrage théologico-cosmogonique.

Dès qu'il fut évident, à la suite des travaux historiques de Newton sur la gravitation, que les comètes étaient des membres permanents du Système solaire, au même titre que les planètes, Whiston fut persuadé que Dieu avait utilisé ces composantes du Système solaire *comme instruments* pour ses divers desseins. L'une de ces comètes avait dû être utilisée pour *la création du monde* et plus tard une autre pour *le Déluge*. Enfin, Whiston pensait que Dieu en utilisera une troisième dans l'avenir pour *détruire le monde*, quand il jugera que l'heure de l'Apocalypse a sonné. Il était d'autre part persuadé que les comètes sont des planètes en train de se former et qu'ainsi toutes les planètes connues sont des anciennes comètes.

Dans son livre, Whiston expliquait ainsi l'origine de la Terre créée par Dieu :

" ... La comète venait de passer en son périhélie fort près du soleil : son noyau avait contracté une chaleur brûlante, c'est la cause de la chaleur centrale, qui subsiste encore aujourd'hui. Il plut au Souverain Maître de l'univers de faire de cette comète une terre habitable ; il diminua la force centrifuge ou tangentielle de la comète, son orbite s'inclina vers le soleil, d'extrêmement excentrique qu'elle était primitivement, elle devenait médiocrement excentrique ; la comète devint planète ; sa révolution autour du soleil fut limitée à un an... L'atmosphère terrestre, ayant dix à onze fois plus de diamètre que le noyau, était composée de deux sortes de parties ; l'une contenait un petit nombre de particules sèches, solides et terreuses, avec une quantité plus petite encore de particules aqueuses et aériennes ; l'autre était un fluide dense et pesant : tout cela était confusément mêlé et formait un vrai chaos. Mais aussitôt que la terre fut devenue planète, toutes ses parties s'affaissèrent proportionnellement à leur gravité spécifique ; ce fluide dense et épais descendit en premier et environna le noyau. L'air, l'eau, les parties terreuses, encore mêlées ensemble, interceptèrent pour quelque temps les rayons solaires ; mais enfin la plus grande partie de la terre et de l'eau s'étant affaissée, comme une croûte sur le fluide dense, l'air devenu moins hétérogène permit le passage aux rayons solaires ; la lumière parut d'abord, telle que nous la voyons lorsque le ciel est couvert de nuages et enfin l'air continuant à s'épurer, le soleil se montra... "

Halley qui étudiait à la même époque, et à la lumière de la nouvelle théorie de la gravitation de Newton, les mouvements de toutes les comètes du passé, constata peu après avec surprise que quatre grandes comètes, celles de 1680, 1106, 531 et 43 avant J.-C. étaient espacées entre elles d'environ 575 ans. Halley crut pouvoir conclure qu'il s'agissait du même astre. Whiston remarqua alors que si l'on multiplie par 4 cette période de 575 ans, on obtient 2300 ans et que compte tenu que la première apparition connue datait de 43 avant J.-C., *cette comète avait dû faire une approche à la Terre en 2343 avant notre ère, soit à six ans près la date présumée du Déluge biblique*. Ces six années d'écart ne posaient pas vraiment de problème, car elles pouvaient être dues à une période un tout petit peu plus forte (575 ans et demi) ou à des perturbations planétaires. N'oublions pas que Whiston était aussi un mathématicien éminent. On sait depuis longtemps que ces quatre comètes sont en fait des objets distincts et que la pseudo-période de 575 ans n'était qu'une simple coïncidence, mais à l'époque, ni Halley, ni Whiston, ni même Newton qui étaient tous les trois des calculateurs émérites ne doutaient de sa réalité.

Camille Flammarion (1842-1925), dans son *Astronomie populaire* de 1880 raconte fort bien la suite de cette histoire incroyable. Relisons-le (8) :

" ... Whiston se proposait d'expliquer par l'action d'une comète les révolutions géologiques et les événements du récit de la Genèse. Sa théorie était d'abord entièrement hypothétique, ne s'appliquant à aucune comète particulière, mais quand Halley eut assigné à la fameuse comète de 1680 une orbite elliptique parcourue en 575 ans, et que Whiston, remontant dans l'histoire, eut trouvé pour dates de ses apparitions anciennes l'une des époques fixées par les chronologistes pour celle du déluge mosaïque, le théologien astronome n'hésita plus ; il précisa sa théorie et donna à la comète de 1680, non seulement le rôle d'exterminatrice du genre humain par l'eau, mais encore celui d'incendiaire pour l'avenir.

*" Lorsque l'homme eut péché, dit-il, une petite comète passa très près de la Terre, et, coupant obliquement le plan de son orbite, lui imprima un mouvement de rotation. Dieu avait prévu que l'homme pécherait, et que ses crimes, parvenus à leur comble, demanderaient une punition terrible ; en conséquence, il avait préparé dès l'instant de la création une comète qui devait être l'instrument de ses vengeances. Cette comète est celle de 1680 ".
Comment se fit la catastrophe ? Le voici :*

Soit le vendredi 28 novembre de l'an de péché 2349, soit le 2 décembre 2926, la comète coupa le plan de l'écliptique de la Terre en un point dont notre globe n'était éloigné que de 3614 lieues. La conjonction arriva lorsqu'on comptait midi sous le méridien de Pékin, où Noé, paraît-il, demeurait avant le déluge. Maintenant, quel fut l'effet de cette rencontre ? Une marée prodigieuse s'exerça non seulement sur les eaux des mers, mais

aussi sur celles qui se trouvaient au-dessous de la croûte solide. Les chaînes des montagnes d'Arménie, les monts Gordiens, qui se trouvaient les plus voisins de la comète au moment de la conjonction, furent ébranlés et s'entrouvrirent. Et ainsi " furent rompues les sources du grand abîme ". Là ne s'arrêta pas le désastre. L'atmosphère et la queue de la comète atteignant la Terre et sa propre atmosphère, y précipitèrent des torrents, qui tombèrent pendant quarante jours ; et ainsi " furent ouvertes toutes les cataractes du ciel ". La profondeur des eaux du déluge fut, selon Whiston, de près de dix mille mètres...

Maintenant, comment cette comète, qui a noyé une première fois le genre humain, pourra-t-elle nous incendier à une seconde rencontre ? Whiston n'est point embarrassé : elle arrivera derrière nous, retardera le mouvement de notre globe, changera son orbite presque circulaire en une ellipse très excentrique. " La Terre sera emportée près du Soleil ; elle y éprouvera une chaleur d'une extrême intensité ; elle entrera en combustion. Enfin, après que les saints auront régné pendant mille ans sur la Terre régénérée par le feu, et rendue de nouveau habitable par la volonté divine, une dernière comète viendra heurter la Terre, l'orbite terrestre s'allongera excessivement, et la Terre, redevenue comète, cessera d'être habitable. "

On ne peut plus dire après cela que les comètes ne servent à rien ! "

On peut se moquer aujourd'hui de Whiston, qui a certes un peu extrapolé avec ses fameuses comètes de la création du monde, du Déluge et de l'Apocalypse. Il est considéré aujourd'hui, à juste titre, comme un rouage important de l'histoire des idées catastrophistes. Il ne faut pas oublier qu'à l'époque de Newton, Halley et Whiston, la Bible était encore un livre absolument intouchable. Et elle allait le rester encore quasiment pendant deux siècles. Mais certains savants clairvoyants, et surtout ceux qui étaient en même temps théologiens, comme Whiston et aussi Newton (9), avaient bien compris qu'il était devenu nécessaire de lui donner un petit côté scientifique *capable de sauver des apparences*, difficilement acceptables parfois, et ainsi de *sauvegarder sa crédibilité*. Les créationnistes scientifiques ne font pas autre chose aujourd'hui, en s'appuyant sur les dernières découvertes de l'astrophysique pour faire perdurer, en le mettant au goût du jour, le dogme de la Création.

Whiston, qui était en avance sur son temps, quoi qu'on dise, et qui désirait surtout "moderniser" la Bible en la rendant compatible avec des événements scientifiquement reconnus, allait être vilipendé par tous ceux qui ne voulaient même pas penser que cette Bible pût être en erreur ou trop imprécise sur certains points. On connaît la célèbre réprimande de Buffon (1707-1788) qui en 1749, un demi-siècle plus tard, écrivit dans son *Histoire naturelle*, à l'adresse principalement de Whiston (10) :

" Toutes les fois qu'on sera assez téméraire pour vouloir expliquer par des raisons physiques les vérités théologiques, qu'on se permettra d'interpréter dans des vues purement humaines le texte divin des livres sacrés, et que l'on voudra raisonner sur les volontés du Très-Haut et sur l'exécution de ses décrets, on tombera nécessairement dans les ténèbres et dans le chaos où est tombé l'auteur de ce système. "

On voit que Buffon n'hésitait pas, chaque fois qu'il le pouvait, en chargeant les autres à bon compte, à montrer sa (pseudo) loyauté envers le clergé, souvent suspicieux à son égard (la Faculté de Théologie de la Sorbonne l'obligea à se rétracter pour avoir "dépassé les bornes" avec sa *Théorie de la Terre*), pour mieux cacher ses propres contradictions avec le texte biblique, et notamment l'âge de la Terre qui lui posait (à juste titre) de gros problèmes.

La survivance moderne : le créationnisme

Pour bien comprendre le créationnisme sous sa forme primaire, mais que les créationnistes eux-mêmes appellent fondamentaliste, il suffit d'ouvrir l'un des nombreux livres de propagande publiés par le "lobby créationniste" et de lire quelques affirmations glanées au fil des pages (11) .

" Il devient de plus en plus évident que l'homme ne parvient pas à éliminer les effets de la dégénérescence consécutive à la rébellion d'Adam.

Tous les faits acquis à la science confirment la Bible, qui parle de la dégénérescence de l'homme. La Bible déclare en effet que l'homme fut créé parfait, mais qu'à cause de sa rébellion contre son Créateur, il a commencé à dégénérer. Son péché marqua le début d'une période de 6000 années de déclin moral et physique. La gravité de cette dégradation peut se mesurer aujourd'hui à l'état dépravé de la société actuelle. Et la situation ne s'améliore pas, tant s'en faut.

Bientôt, Dieu ne permettra plus à Satan d'être le chef invisible du monde. Un cataclysme approche à coup sûr ! L'histoire de l'homme est sur le point de prendre un tournant décisif. "

On voit le niveau intellectuel de ce genre de littérature ! Sous cette forme, le créationnisme ne cherche pas à évoluer, il s'appuie uniquement sur le texte biblique, vérité intangible. Le Déluge est toujours une certitude. Il est sûr que toute découverte qui dérange est systématiquement écartée et remplacée par le leitmotiv " *Tous les faits acquis à la science confirment la Bible* " (12). Plus que les découvertes astronomiques d'ailleurs, c'est le problème de l'évolution qui désespère les créationnistes. Admettre que l'homme descend du singe est un crève-cœur pour eux, une éventualité satanique tout à fait inacceptable (13).

Le lobby créationniste en Amérique fait un forcing incroyable pour tenter de prouver que la théorie de l'évolution est un mythe sans fondement, inventé de toutes pièces par les ennemis de la religion, et exiger devant les tribunaux américains que les établissements scolaires enseignent également la théorie de *la Création biblique* (14).

Les créationnistes rejoignent par certains côtés les millénaristes (obnubilés, eux, par des problèmes de calendrier qu'ils se créent de toute pièce) et attendent (espèrent ?) un cataclysme prochain, comme celui prévu par Whiston jadis, ou comme celui carrément annoncé (!) pour 1843 par le prophète américain William Miller (1782-1849), créateur de la secte fondamentaliste des *Millerites*.

C'est pour pallier ce côté passéiste, rétrograde même, qui en fin de compte nuit sérieusement à la religion que les créationnistes sont censés préserver et même promouvoir, que certains savants croyants, plus pragmatiques et plus modernes, ont mis au point une parade réellement scientifique : la *science de la Création*. Ces savants, ne considérant plus la Bible que comme une allégorie et *une source d'inspiration*, veulent la remettre au goût du jour, la relifter très sérieusement, en intégrant toutes les découvertes scientifiques modernes au fur et à mesure qu'elles sont acceptées par la communauté scientifique. En présentant leur science de la Création comme une "*Bible moderne*", nettement plus acceptable, le libre arbitre de chacun des nombreux chercheurs qui ont fait le choix de croire en Dieu est ainsi sauvegardé par cette nouvelle approche plus crédible, qui est alors du ressort de la métaphysique, à défaut d'être scientifique.

Nous allons voir l'argumentation de ces rénovateurs dans la dernière section de ce chapitre, une argumentation souvent savamment étayée et qui s'articule principalement selon le schéma biblique des "*sept jours de la Création*".

Le dogme renouvelé, ou la science de la Création

Loin des idées fondamentalistes accrochées à un passé définitivement obsolète, la science de la Création se veut moderne, apte à "digérer" toute nouveauté scientifique. Et il faut dire qu'elle y réussit assez bien, moyennant une "gymnastique intellectuelle" pas toujours évidente. C'est la branche la plus acceptable de l' *Intelligent Design*. Le résultat est choix personnel, *métaphysique* et non pas scientifique. Car la science de la Création ne prouve rien, elle tente seulement d'expliquer d'une manière acceptable, dans une optique religieuse, des faits scientifiques prouvés ou des théories et hypothèses plausibles ou en gestation. Ce qui n'est pas la même chose.

Où la science de la Création est la mieux placée, permettant aux yeux de certains le retour de Dieu dans la science (15), c'est l'explication difficile de

la naissance de l'Univers à partir de rien (16). Le *Big Bang*, sous sa forme imaginée par Georges Lemaître (1894-1966), qui était mathématicien mais aussi abbé à l'époque de sa théorie sur l'expansion de l'Univers établie en 1927, a été un bain de jouvence extraordinaire pour le dogme de la Création qui avait perdu toute crédibilité scientifique dans sa version biblique traditionnelle écrite il y a 2500 ans.

Par la suite, pratiquement chaque science a été mise à contribution pour régénérer quelque peu le dogme biblique, comme l'a fort bien expliqué le physicien israélien Nathan Aviezer dans son livre *Au commencement. Création : la Bible et la science* (17). En particulier, les difficiles problèmes d'évolution, qui restent totalement incompatibles pour les créationnistes purs et durs, ont été très habilement contournés par les scientifiques de la Création. Pour eux, *Homo sapiens* descend bien de son prédécesseur direct, *l'homme de Néandertal*, mais il a bénéficié "de dons apparus de façon soudaine " qui lui ont permis de " faire preuve immédiatement d'une inventivité technologique et culturelle extraordinaire ". Pas de problème de filiation particulier, le singe a été une étape nécessaire voulue et programmée par Dieu pour arriver à l'homme. Le fait que Dieu ait été obligé de donner quelques nécessaires coups de pouce depuis l'origine des êtres vivants pour arriver à l'homme ne semble pas les déranger.

Ces scientifiques de la Création ont la voie totalement libre pour régénérer la religion qui en avait bien besoin. Tous les problèmes de cataclysmes sont assimilés très facilement en liaison avec les théories scientifiques actuelles. Ainsi la vie terrestre est issue d'une vie extérieure *inséminée* par des molécules biologiques venues de l'espace (là les fundamentalistes doivent hurler !), l'évolution des différentes espèces et leur montée vers la complexité sont liées aux impacts cosmiques qui se sont succédé au cours des dernières centaines de millions d'années sur la Terre (les 6000 ans de l'évêque Ussher font désormais partie du folklore biblique !).

Enfin, le Déluge, le cataclysme incontournable de la Bible, a été causé par l'impact d'un astéroïde ou plus probablement d'une comète, il y a quelques milliers d'années. La date de 2349 avant J.-C. (à quelques années près) pourrait être confirmée par les découvertes dendrochronologiques récentes, ce qui serait pour la science de la Création une formidable opportunité pour confirmer sa crédibilité.

Il n'y a pas grand chose à ajouter sur ce sujet. Du créationnisme étroit, obtus, éculé, passéiste, les croyants peuvent, s'ils le désirent et s'ils se sentent près à franchir le pas, évoluer sans problème vers la science de la Création, moderne, inventive, tournée sans complexe vers l'avenir. C'est très bien ainsi, à chacun son choix, mais il faut savoir quand même que science tout court et science de la Création sont deux approches totalement différentes. Chacun trouvera dans l'une ou/et dans l'autre ce qu'il cherche. On peut être surpris quand même que de nombreux scientifiques acceptent la science de la Création comme une "possibilité".

Notes

1. A.-M. Gerard, *Dictionnaire de la Bible* (Robert Laffont, coll. Bouquins, avec la collaboration de A. Nordon-Gerard et P. Tollu, 1989). Ce dictionnaire de 1500 pages, qui contient 2300 entrées et plus de 50 000 références, est un monument d'érudition, somme de vingt ans de travail pour André-Marie Gerard. Il contient l'essentiel des connaissances sur le sujet accumulées par des générations de chercheurs, théologiens ou autres.
2. *Le Déluge. La science face au mythe biblique* (Les Cahiers de Science & Vie, n° 72, décembre 2002).
3. *La Bible. Ancien Testament* (Gallimard, 1956). Cette édition de la Bibliothèque de la Pléiade a été publiée sous la direction de E. Dhorme. Introduction par E. Dhorme ; traductions et notes par E. Dhorme, F. Michaëli et A. Guillaumont.
4. J. Bosler, *Sur une averse de météorites mentionnée dans la Bible*, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 216, p. 597, 1943.
5. *Le Nouveau Testament* (Éditions de l'École, 1957 ; traduction sur le texte grec et annotations par le Père Buzy).
6. Césaire d'Arles, *L'Apocalypse* (Desclée de Brouwer, 1989 ; traduction par J. Courreau). Ce livre est publié dans la collection " les Pères dans la foi ", c'est dire qu'il présente l'Apocalypse comme un livre religieux. Césaire d'Arles a vécu autour de l'an 500 de notre ère. On voit avec cet auteur que la notion d'*apocalypse*, nom commun, relative à la prédiction d'événements de nature physique, telle qu'elle était admise au temps des Grecs, a totalement évolué et changé de nature pour devenir *l'Apocalypse*, nom propre, événement religieux annoncé, événement unique. Après Saint Jean, *l'Apocalypse* est devenu un livre symbolique et très longtemps dogmatique étudié par tous les théologiens.
7. W. Whiston, *A new theory of the Earth* (1696). Dans son livre *La foire aux dinosaures* (Seuil, 1993 ; titre original : *Bully for brontosaurus*, 1991), Stephen Jay Gould, consacre un essai (le n° 25) à Whiston, intitulé *Le parrain de la catastrophe*, dans lequel il entreprend de le réhabiliter.
8. C. Flammarion, *Astronomie populaire* (1880). Cette édition a été publiée en deux tomes. Le livre cinquième (tome 2) est consacré aux comètes et aux étoiles filantes (pp. 193-272). Le passage cité figure pp. 202-203. Dans l'édition refondue de 1955, Fernand Baldet a conservé le texte de Flammarion (pp. 336-337). Ainsi Whiston et sa comète traversent les siècles. Il est le premier astronome catastrophiste de l'époque moderne.
9. I. Newton, *Ecrits sur la religion* (Gallimard, 1996 ; traduction, présentation et notes de J.-F. Baillon). Ce livre présente l'un des aspects les plus mal connus de l'œuvre de Newton : ses écrits religieux. Parallèlement à son activité scientifique, connue et disséquée depuis longtemps, Newton tout au long de sa vie a développé une réflexion théologique. Ses vues étaient proches de celles de Whiston, plus jeune d'un quart de siècle et qui fut pour lui un aiguillon. Il semble bien que Newton était favorable à l'idée maîtresse de Whiston : les comètes "instruments" de Dieu.
10. Buffon, *Histoire naturelle. Théorie de la terre* (1749). Cette diatribe envers Whiston figure au chapitre *Preuves de la Théorie de la terre*, article II : Du système de M. Whiston.

11. *L'homme est-il le produit de l'évolution ou de la création ?* (Watchtower Bible and Tract Society of New York, 1969). Titre original : *Did man get here by evolution or by creation* (1967). Les citations retenues figurent aux pages 115 et 172. Ce livre s'appuie sur 248 références soigneusement choisies et provenant principalement de la presse scientifique américaine.

12. En fait, tous ces livres, revues et sites internet procréationnistes retiennent uniquement les informations qui les arrangent, ignorant toutes les autres. C'est logique dans la mesure où ce sont des livres de propagande.

13. D. Lecourt, *L'Amérique entre la Bible et Darwin* (PUF, 1992). Ce livre, paru dans la collection Science, Histoire et Société, explique fort bien les raisons du renouveau des idées créationnistes en Amérique, lié selon Dominique Lecourt "à une contre-offensive du fondamentalisme protestant jugée nécessaire pour prendre le dessus sur les idéaux progressistes et libertaires des années 1960 ". Une lecture passionnante et un peu inquiétante quand même, qui montre clairement que l'évolution des idées est loin d'être linéaire et admise par tous.

14. P.E. Johnson, *Le darwinisme en question. Science ou métaphysique ?* (Pierre d'Angle, 1996). Titre original : *Darwin on trial* (1991). Ce livre, écrit par un juriste américain spécialisé dans les controverses sur l'enseignement du darwinisme en Amérique, s'efforce de démontrer que le darwinisme est une "religion" et qu'il ne repose en fait sur aucune base scientifique sérieuse. L'évolution darwinienne est la bête noire des créationnistes américains (il leur est insupportable que l'homme puisse descendre du singe !), d'autant plus qu'ils ont décelé des faiblesses dans la théorie plus que centenaire de Darwin.

15. Dossier " *Comment Dieu a créé le monde* ", Valeurs Actuelles, n° 3030, décembre 1994.

16. M. Cassé, *Du vide et de la création* (Odile Jacob, 1993).

17. N. Aviezer, *Au commencement. Création : la Bible et la science* (MJR, 1994). Edition originale en langue anglaise parue en 1990 sous le titre : *In the Beginning : Biblical Creation and Science* (éditeur : Ktav Publishing House). Un livre magistral et une mine d'or inespérée pour les scientifiques de la Création. Nathan Aviezer est un physicien israélien très intéressé par les problèmes scientifiques et religieux qu'il essaie de réconcilier. Il est devenu un maître à penser pour les croyants qui ne veulent pas ignorer les réalités scientifiques.

CHAPITRE 3

LA GRANDE ÉPOQUE DES CATASTROPHISTES

Kepler, Newton et Halley domptent les astres

Avec la disparition de Claude Ptolémée (v. 90-168), dernier héritier de la tradition scientifique grecque, commença une très longue période de ténèbres, pour ne pas dire d'obscurantisme, dominée par une religion omniprésente et inflexible, et durant laquelle les progrès dans le domaine des idées furent quasi nuls. Les quelques rares érudits qui survolèrent cette époque n'avaient pas la voix assez forte pour se faire entendre ! Ce n'est qu'à la Renaissance qu'apparurent enfin quelques "phares" qui permirent de faire éclater un univers médiéval désespérant de médiocrité intellectuelle (1/2).

Nicolas Copernic (1473-1543), d'abord, qui enleva la Terre du centre du monde pour y installer le Soleil (très longtemps après Aristarque de Samos). Tycho Brahe (1546-1601), ensuite, qui observa la fameuse supernova de 1572 et qui montra avec la grande comète de 1577 que les comètes ne faisaient pas partie du monde sublunaire (très longtemps après Sénèque). Et surtout, Johannes Kepler (1571-1630), premier géant de la pensée, génial, complexe et mystique (3) qui mit à mal le dogme du mouvement circulaire pour les planètes et démontra avec ses trois lois immortelles que les astres du Système solaire sont liés à leur Soleil, autour duquel ils décrivent des ellipses. Galilée (1564-1642), fondateur de la mécanique moderne et premier utilisateur de la lunette astronomique découvrit, lui, les quatre satellites principaux de Jupiter et les cratères lunaires, qui dès 1610 auraient pu lui permettre de comprendre la réalité de l'impactisme planétaire.

Ces cratères lunaires furent les premiers témoins de tous ces cataclysmes du passé dont disposèrent les astronomes. En 1647, Johann Hevelius (1611-1687), brasseur et astronome allemand, publia sa *Sélénographie*, première cartographie de la surface lunaire, et en 1668, dans sa *Cométographie*, il suggéra que les comètes décrivent des trajectoires paraboliques ou hyperboliques autour du Soleil. Vers la même époque, Christiaan Huygens (1629-1695) découvrit la vraie nature de l'anneau de Saturne, autre vestige d'un drame cosmique, issu de la désintégration d'un satellite s'étant approché trop près de sa planète mère.

Mais c'est, bien sûr, Isaac Newton (1642-1727), "l'architecte des forces cosmiques", avec ses travaux sur la gravitation et ses trois lois (le principe d'inertie, la loi d'accélération et la loi d'action-réaction) qui fut le point culminant de cette révolution des idées entamée avec Copernic, puisqu'il fut en mesure de relier la dynamique et l'astronomie. Ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, publiés en 1687, lui permirent

définitivement de dompter les astres, explicitant les trois lois de Kepler d'une façon lumineuse, et de montrer que les comètes sont bien des composants réguliers du Système solaire au même titre que les planètes.

Son contemporain et ami Edmond Halley (1656-1742) se signala surtout par ses travaux sur les comètes. Dans son *Synopsis d'astronomie cométaire*, paru en 1705, il indiqua pour la première fois que les comètes apparues en 1531, 1607 et 1682 (cette dernière observée par lui) étaient trois passages différents d'une même comète périodique dont il calcula l'orbite et prédit le retour pour 1758. Cette découverte essentielle lui permit de rendre son nom immortel, et "sa" comète, la fameuse entre toutes comète P/Halley, devint un objet d'étude pour tous les spécialistes ultérieurs.

C'est à la même époque qu'apparut le premier astronome catastrophiste, William Whiston (1667-1752), qui s'appuya sur les travaux de Newton et Halley. Tout était désormais en place pour une nouvelle génération de savants désireux d'étudier d'une manière plus scientifique l'origine de la Terre et ses rapports avec l'Univers environnant.

Ainsi, en un peu plus d'un siècle et demi, grâce à quelques scientifiques de haute lignée, l'image du monde fut à jamais transformée. La Terre perdit sa place au centre de la Création, pour ne plus devenir qu'une planète parmi d'autres, au grand dam des Églises, qui comprirent vite que chaque idée vraiment nouvelle représentait une menace pour le pouvoir établi, en l'occurrence celui de l'omniprésente religion. Chaque fois qu'elles furent en mesure de le faire, ces Églises tentèrent de mettre le holà à toute forme de dissidence caractérisée (4). On connaît surtout la navrante histoire de Giordano Bruno (1548-1600), qui voulut prôner à travers toute l'Europe l'infinité de l'Univers et la pluralité des mondes planétaires, et qui fut arrêté par l'Inquisition en 1593 et brûlé vif sept ans plus tard comme hérétique. Mais d'autres furent menacés, à commencer par Galilée.

Théories de la Terre, Déluge et catastrophisme

Les *théories de la Terre* ont été nombreuses au XVII^e et XVIII^e siècles, écrites par des savants essayant progressivement de percer les secrets de la création ou de la nature, selon que leur objectif principal était d'expliquer l'œuvre de Dieu, d'analyser et de comprendre les mécanismes de la nature, ou même de tenter une synthèse des deux, synthèse qui sera tentée à plusieurs reprises.

On en compte une bonne trentaine, certaines ayant plus ou moins surnagé figurent dans les livres sur l'histoire de la géologie, alors que d'autres n'ont pas survécu à leurs auteurs. Bien sûr, aucune n'était parfaite, mais globalement ce genre mi-littéraire/mi-scientifique est intéressant sur le plan historique, au même titre que les *apocalypses* de l'Antiquité. Ces théories de la Terre, vues sous des angles parfois très différents, ont permis le brassage de nombreuses idées, parfois remarquables et novatrices, mais parfois aussi démentielles et dénuées de tout fondement (5/6).

C'est René Descartes (1596-1650) qui tenta le premier de rendre compte par des lois physiques de la formation de la Terre, dans son livre *Le Monde*, écrit en 1633 (7), mais qui ne parut qu'après sa mort en 1664, et dans les troisième et quatrième parties de ses *Principes philosophiques* parus en 1644. Descartes a surtout eu le mérite d'introduire *l'idée d'évolution*, progrès fondamental par rapport à *l'ancien monde éternel* qui avait force de loi depuis la fin de l'Antiquité. Evolution pour lui voulait bien dire que *tous les objets de l'Univers naissent, vivent et meurent*. On connaît sa théorie et ses célèbres tourbillons. Pour lui, la Terre était un soleil devenu obscur qui avait connu une évolution catastrophiste. Les historiens de la géologie considèrent son système comme étant la première théorie de la Terre, à laquelle allaient se référer, ou s'inspirer, nombre de savants ultérieurs.

Le monde de 6000 ans de l'archevêque Ussher

Peu de temps après la mort de Descartes, se produisit un événement qui aurait pu rester anecdotique, mais qui allait prendre une importance considérable. C'est la publication en 1658 du livre *The annals of the world*, par l'archevêque irlandais James Ussher (1581-1656), dans lequel il annonçait tout simplement que Dieu avait créé la Terre le 22 octobre 4004 av. J.-C. Ussher était parvenu à ce résultat à la suite d'une étude complète des dates puisées aux différentes chronologies de l'Ancien Testament.

Cette affirmation toute personnelle de Ussher plut à l'éditeur de la version "*King James*" de la Bible qui l'inséra comme note marginale dans les éditions ultérieures. Cette circonstance fit accepter la date de 4004 av. J.-C. comme faisant corps avec le dogme religieux et elle devint quasiment la date "officielle" de la Création, à laquelle tout le monde, scientifiques y compris, était obligé de se référer sous peine d'être accusé d'hérésie, avec tous les désagréments que cela pouvait comporter.

Dès cette époque, les géologues furent donc, eux aussi, obligés de se plier à la nouvelle orthodoxie religieuse et à son corollaire difficilement soutenable : faire entrer l'histoire physique du monde en 6000 ans seulement, ce qui était vraiment bien court. C'est cette difficulté bien inutile qui allait déboucher sur une *chronologie courte* que toutes les observations sur le terrain semblaient pourtant contredire. Mais aux XVII^e et XVIII^e siècles, on ne pouvait éluder facilement le dogme de la Création et les géologues durent faire avec, redoublant d'ingéniosité pour vivre avec ce redoutable "fil à la patte" que leur avait passé l'archevêque Ussher. Ingéniosité tournée par la suite un peu facilement en dérision par des successeurs d'une autre époque, débarrassés à tout jamais d'Ussher et de son monde de 6000 ans, et devenue " naïveté, fable, fantaisie débridée, élucubration grotesque, idolâtrie biblique " et autres qualificatifs du même genre sous la plume d'auteurs imbus de modernisme et toujours persuadés de détenir LA vérité (en fait leur vérité !).

Bible et science : une difficile cohabitation

C'est le révérend (un ecclésiastique donc) Thomas Burnet (1635-1715), qui fut le premier de ces géologues à proposer une théorie de la Terre dans son célèbre ouvrage en latin et en quatre volumes *Telluris theoria sacra* (8), paru entre 1680 et 1689. Stephen Jay Gould (1941-2002) lui a consacré une partie entière de son livre *Aux racines du temps* (9) pour faire connaître son œuvre et surtout le réhabiliter. Dans ce livre, Burnet, qui s'inspirait fortement de Descartes dont il était en fait un disciple, essayait de réinterpréter l'enseignement de la Bible avec des arguments rationalistes, notamment le récit de la Genèse. Il proposa une version "scientifique" du Déluge et devint ainsi le premier des *diluvianistes*, qui allaient être vilipendés par leurs successeurs qui se considéraient comme plus modernes et qui refusaient "de faire de la science un roman". Pour Burnet, le Déluge fut à la fois un phénomène physique et un châtement divin, envoyé par Dieu pour punir une humanité corrompue. Burnet fut un véritable novateur et il fit rapidement des émules.

Son compatriote Whiston lui emboîta le pas, en 1696, avec *A new theory of the Earth*, en faisant des comètes *les instruments de Dieu*. Pour lui, les comètes étaient en mesure de tout faire : la Terre elle-même était une ancienne comète, une autre avait causé le Déluge et dans l'avenir (proche pour Whiston) elle détruira la vie sur la Terre. Son idée fut reprise souvent par la suite jusqu'au XIX^e siècle, principalement par les créationnistes, pour expliquer le Déluge.

A la même époque que Whiston, Gottfried Leibniz (1646-1716) terminait son *Protogée* (10), qui ne fut publié que beaucoup plus tard (en 1749). On sait que chez l'illustre philosophe et mathématicien, les idées du savant, du métaphysicien et du théologien étaient trois aspects différents d'une même pensée. Pour lui, le Créateur a créé le monde selon un modèle cohérent fondé sur une harmonie préétablie et notre histoire humaine n'est que *le développement d'un projet divin*. Leibniz innovait, dans la mesure où il considérait que toutes les catastrophes subies par la Terre et l'humanité n'étaient pas des actes négatifs (!), elles s'inséraient simplement dans un projet d'ensemble, obligatoirement positif à long terme, puisque voulu et programmé par Dieu. L'épisode du Déluge était un événement parmi d'autres, venu à son heure quand Dieu l'avait jugé nécessaire. On peut rire de Leibniz. Là encore, il n'empêche qu'il avait compris bien avant les autres que les catastrophes ne sont pas obligatoirement négatives à long terme. On ne dit pas autre chose aujourd'hui, trois siècles plus tard, puisque l'on sait que les catastrophes sont souvent *des forces de création*, dans la mesure où elles peuvent libérer des niches écologiques, et qu'elles sont parfois une source majeure de l'évolution des espèces.

Un autre diluvianiste, suisse celui-là, Johann-Jakob Scheuchzer (1672-1733) (11) proposa "d'éclairer la Bible par la science". Son gros ouvrage : *Physica sacra* (huit volumes entre 1730 et 1735), paru en français sous le titre *Physique sacrée ou Histoire naturelle de la Bible*, s'annonçait

ouvertement comme une approche théologique des phénomènes naturels. Vaste programme, à une époque où, au contraire, commençait à se tracer une frontière entre le savoir scientifique, basé uniquement sur l'observation et l'analyse, et l'exégèse religieuse, beaucoup plus crispée sur sa doctrine intangible. Scheuchzer considérait les fossiles comme des "reliques du Déluge" et sa collection était connue de tous les spécialistes européens. D'après lui, seul un déluge pouvait expliquer la distribution des fossiles que l'on trouvait parfois au sommet des montagnes. Avant la théorie de la tectonique des plaques qui explique parfaitement ce phénomène, une telle présence restait totalement inexplicable en dehors de l'appoint d'un déluge qui aurait recouvert provisoirement l'ensemble de la planète, montagnes comprises.

La Terre, une planète vieille

Buffon (1707-1788) reste l'un des grands noms de l'histoire des sciences de la nature (12). On le considère souvent comme l'un des pères de la théorie catastrophiste et également comme l'un des premiers évolutionnistes de renom. En fait, il fut uniquement catastrophiste pour ce qui concerne *la formation* de la Terre. Pour ce qui est de son évolution ultérieure, il était résolument transformiste, c'est-à-dire partisan des causes actuelles, et ne croyait pas aux catastrophes, comme d'autres savants de l'époque.

En 1749, dans son *Histoire naturelle*, il émit l'hypothèse que le Soleil avait été heurté dans le passé par une comète géante qui lui avait arraché un important filament de matière, à partir duquel se seraient formées ultérieurement les planètes du Système solaire dont la Terre, qui serait âgée, d'après lui, de près de 80 000 ans. Buffon parlait aussi de l'origine de la vie et de ses idées transformistes (13).

Heureusement, sous l'impulsion des *Encyclopédistes*, et notamment celle du baron d'Holbach (1723-1789), matérialiste militant bien connu, qui fit campagne pour démontrer que "*la religion était l'ennemie de la science*", les choses s'améliorèrent sensiblement, au grand bénéfice de l'évolution des idées. Bon gré, mal gré, l'Église accepta de desserrer quelque peu le carcan dogmatique qui empêchait la science de respirer.

Cela permit à Buffon, en 1778, à une époque nettement plus favorable, de revenir sans crainte de censure intempestive, sur ses deux sujets d'étude favoris qu'étaient la Terre et la vie qu'elle abrite. Dans *Les époques de la nature* (14), son livre le plus achevé, réflexion d'une longue carrière de naturaliste éclectique, il présenta un système géologique complet, mais qui est considéré aujourd'hui par les historiens de la géologie "*davantage comme une synthèse du passé que comme une contribution à la science de l'avenir*".

Pour finir ce survol sur les théories de la Terre, il faut citer le géologue écossais James Hutton (1726-1797), considéré souvent comme le fondateur de la géologie, et qui posa le premier les bases de *l'uniformitarisme*. Dans sa *Theory of the Earth*, parue en 1788, il montra, preuves à l'appui, que la Terre

était une planète vieille. Une étude sur le terrain durant des années l'avait conforté dans son idée que les causes des événements du passé étaient les mêmes que celles qui agissaient encore de nos jours. Ce concept allait être repris longtemps après et développé par Lyell. Mais à l'époque de Hutton, la majorité des savants n'étaient pas encore prêts à les accepter. Au contraire, l'ère du catastrophisme commençait, grâce surtout à un événement unique, imprévu, qui allait faire évoluer radicalement les mentalités : l'approche très serrée d'une comète à la Terre. Cet événement est un jalon important dans l'évolution des idées catastrophistes.

La comète de Lexell, une révélation

L'histoire de cette comète (15) est révélatrice de la montée en puissance des idées catastrophistes au siècle des Lumières, et elle fut un jalon important dans la connaissance des comètes venant à proximité immédiate de la Terre. On sait qu'elle impressionna fortement des scientifiques du calibre de Laplace et de Cuvier.

D/Lexell (= 1770 L1) fut en fait découverte par Charles Messier (1730-1817), l'infatigable "chasseur de comètes", le 14 juin 1770. Le 1er juillet, elle passa à 2,3 millions de kilomètres de la Terre. Elle était très brillante et très rapide dans le ciel, du fait de sa proximité, caractéristiques qui en firent un astre terrifiant pour la population, toujours apeurée dès qu'il se présente un phénomène céleste sortant de l'ordinaire.

Cette comète fut un casse-tête pour les spécialistes de mécanique céleste, habitués à calculer pour ce type d'astres des orbites paraboliques qui, en règle générale, donnaient de bons résultats sur la partie de l'arc proche du Soleil. Rien de tel avec D/Lexell qui se montrait rétive à tout calcul. C'est l'astronome suédois Anders Lexell (1740-1784) qui trouva la raison de cette difficulté imprévue : pour la première fois, on se trouvait en présence d'une comète à courte période pour laquelle un traitement différent était nécessaire. Les astronomes se posèrent alors la question : "*Comment se fait-il qu'on ne l'ait jamais observée auparavant ?*" On sait aujourd'hui que cette comète fut propulsée dans le Système solaire intérieur peu de temps avant son apparition, suite à une très forte approche à Jupiter.

D/Lexell fut utilisée pour la première fois pour calculer la masse des comètes qui était jusque-là totalement indéterminée. Les perturbations causées à la Terre furent tout à fait insignifiantes (elles furent même nulles, on le sait aujourd'hui). Laplace en conclut que la masse de cette comète était au plus égale à 5/1000 de celle de la Terre (en réalité, elle était beaucoup moins massive que cela). Les comètes n'étaient donc pas des planètes de masse comparable à la nôtre, en dépit de leur éclat parfois impressionnant, comme le pensaient encore Buffon et certains astronomes de l'époque, mais des corps célestes beaucoup plus petits. Leur danger n'en était cependant pas nul, loin de là même, si leur taille était kilométrique, car le *facteur vitesse* était un élément important à prendre en compte. Leur vitesse à la distance de la Terre se chiffre très souvent à plus de 30 km/s, et même plus

du double en cas d'orbite rétrograde. Le danger des comètes, présent dans l'esprit des foules incultes depuis toujours, entraînait dans celui des astronomes et des mathématiciens, et plus généralement dans celui des autres scientifiques et des érudits non scientifiques. Tous se demandèrent avec un peu d'appréhension et d'intérêt scientifique aussi : "*Et si Whiston avait raison ? Et si le Déluge avait bien été causé par une comète ?*"

Le catastrophisme cométaire, avec l'approche à la Terre de D/Lexell, allait prendre son véritable démarrage, sous une forme plus élaborée, pluridisciplinaire. Mais les créationnistes y trouvaient également leur compte, car comme l'avait expliqué Whiston, les comètes pouvaient être l'instrument de Dieu, pour exécuter certains de ses desseins destructeurs (Déluge, Apocalypse). Leibniz l'avait fort bien rappelé dans ses écrits : nous vivons dans un monde programmé par Dieu, et des catastrophes intermédiaires sont indispensables pour conduire à la perfection finale.

Laplace, un grand astronome catastrophiste

Le premier retour calculé de la comète de Halley, qui passa au périhélie le 12 mars 1759, eut un retentissement extraordinaire parmi les astronomes de l'époque. Pierre-Simon Laplace (1749-1827), en particulier, enfant à l'époque des calculs d'Alexis Clairaut (1713-1765), le mathématicien qui mit le problème en équations, fut impressionné par la précision et l'importance de la prédiction, qui mettait fin à des siècles d'obscurantisme. Dans son *Exposition du système du monde*, Laplace rappelle ce qui a changé (16) :

" Remarquons à l'avantage des progrès de l'esprit humain, que cette comète qui dans le dernier siècle, a excité le plus vif intérêt parmi les géomètres et les astronomes, avait été vue d'une manière bien différente, quatre révolutions auparavant, en 1456. La longue queue qu'elle traînait après elle, répandit la terreur dans l'Europe déjà consternée par les succès rapides des Turcs qui venaient de renverser le Bas-Empire ; et le pape Calixte ordonna des prières publiques, dans lesquelles on conjurait la comète et les Turcs. On était loin de penser, dans ces temps d'ignorance, que la nature obéit toujours à des lois immuables. Suivant que les phénomènes arrivaient et se succédaient avec régularité, ou sans ordre apparent, on les faisait dépendre des causes finales, ou du hasard ; et lorsqu'ils offraient quelque chose d'extraordinaire et semblaient contrarier l'ordre naturel, on les regardait comme autant de signes de la colère céleste. "

Onze ans après le passage de P/Halley, se produisit l'approche record de D/Lexell à la Terre. Comme tous les astronomes de l'époque, Laplace fut très impressionné par la faiblesse de la distance entre les deux astres, car on ignorait encore à l'époque la faible masse des comètes, en aucune mesure comparable à celle des planètes. Il comprit qu'à l'échelle astronomique, des collisions entre la Terre et des comètes étaient inévitables. Laplace devint un

catastrophiste convaincu, mais en prenant bien soin de considérer le *facteur temps* comme un paramètre essentiel :

" Aux frayeurs qu'inspirait alors l'apparition des comètes, a succédé la crainte que dans le grand nombre de celles qui traversent dans tous les sens le système planétaire, l'une d'elles ne bouleverse la Terre. Elles passent si rapidement près de nous, que les effets de leur attraction ne sont point à redouter : ce n'est qu'en choquant la Terre qu'elles peuvent y produire de funestes ravages. Mais ce choc, quoique possible, est si peu vraisemblable dans le cours d'un siècle ; il faudrait un hasard si extraordinaire, pour la rencontre de deux corps aussi petits relativement à l'immensité de l'espace dans lequel ils se meuvent, que l'on ne peut concevoir, à cet égard, aucune crainte raisonnable. Cependant, la petite probabilité d'une pareille rencontre peut, en s'accumulant pendant une longue suite de siècles, devenir très grande. "

Laplace fut un modèle et un inspirateur pour tous les catastrophistes qui allaient suivre, notamment Cuvier et ses disciples. On ne peut être plus clair que dans ce texte célèbre de Laplace qui fait suite au précédent :

" Il est facile de se représenter les effets de ce choc avec la Terre. L'axe et le mouvement de rotation changés ; les mers abandonnant leur ancienne position pour se précipiter vers le nouvel équateur ; une grande partie des hommes et des animaux, noyés par ce déluge universel, ou détruits par la violente secousse imprimée au globe terrestre ; des espèces entières anéanties ; tous les monuments de l'industrie humaine, renversés ; tels sont les désastres que le choc d'une comète a dû produire, si sa masse a été comparable à celle de la Terre. On voit alors pourquoi l'Océan a recouvert de hautes montagnes, sur lesquelles il a laissé des marques incontestables de son séjour ; on voit comment les animaux et les plantes du midi ont pu exister dans les climats du nord où l'on retrouve leurs dépouilles et leurs empreintes ; enfin, on explique la nouveauté du monde moral dont les monuments certains ne remontent pas au-delà de cinq mille ans. L'espèce humaine réduite à un petit nombre d'individus et à l'état le plus déplorable, uniquement occupée pendant très longtemps du soin de se conserver, a dû perdre entièrement le souvenir des sciences et des arts ; et quand les progrès de la civilisation en ont fait sentir de nouveau les besoins, il a fallu tout recommencer, comme si les hommes eussent été placés nouvellement sur la Terre. Quoiqu'il en soit de cette cause assignée par quelques philosophes, à ces phénomènes, je le répète, on doit être rassuré sur un aussi terrible événement, pendant le court intervalle de la vie, d'autant plus qu'il paraît que les masses des comètes sont d'une petitesse extrême, et qu'ainsi leur choc ne produirait que des révolutions locales. Mais l'homme est tellement disposé de recevoir

l'impression de la crainte, que l'on a vu en 1773 la plus vive frayeur se répandre dans Paris, et de là se communiquer dans toute la France, sur la simple annonce d'un mémoire dans lequel Lalande déterminait celles des comètes observées, qui peuvent le plus approcher de la Terre ; tant il est vrai que les erreurs, les superstitions, les vaines terreurs et tous les maux qu'entraîne l'ignorance, se reproduiraient promptement, si la lumière des sciences venait à s'éteindre. "

Cette approche de D/Lexell, qui reste à ce jour l'approche record, aura été le premier véritable détonateur sur la réalité possible d'un impactisme et d'un catastrophisme cométaires, si bien popularisés par Laplace, dont l'influence intellectuelle et scientifique était grande à la fin du XVIII^e siècle. D'autres astronomes contemporains de Laplace, comme Jean Sylvain Bailly (1736-1793) (17) et Jérôme Lalande (1732-1807), partageaient des idées assez identiques aux siennes, même s'ils étaient obligés de mettre une sourdine à leurs opinions exprimées. Comme le rappelle le texte de Laplace ci-dessus, Lalande fut ouvertement accusé de faire peur aux gens et de provoquer la panique par ses écrits (!), alors qu'il ne faisait que publier quelques données chiffrées bien réelles (18).

En cette fin de XVIII^e siècle, période révolutionnaire s'il en fût, le "danger extérieur", qui longtemps avait eu une base purement affective, due essentiellement à la peur ancestrale des comètes et à un obscurantisme larvé mais omniprésent, prenait forme et consistance (avec la détermination des causes et des conséquences possibles) grâce à l'appui de quelques scientifiques de renom. D'autant plus, comme nous allons le voir, qu'après des décennies de doute, et même d'une certaine manière de recul par rapport aux opinions précédentes, la réalité des chutes de météorites allait s'imposer d'une manière irréversible.

Les météorites, des pierres tombées du ciel

Il est utile de parler ici des circonstances qui ont permis de les reconnaître comme une réalité. Un progrès très important, décisif même, qui fut très longtemps contesté et même nié avec véhémence par des savants de grande envergure. Deux noms sont liés historiquement à cette reconnaissance, ceux de Chladni et de Biot, mais on pourrait leur ajouter celui de Pallas qui les précéda dans l'identification d'un objet extraterrestre.

Le refus de croire à une réalité millénaire

Avec l'arrivée du siècle des Lumières, le récit sans cesse renouvelé et actualisé de nombreuses chutes de pierres postérieures à celle, fameuse entre toutes, d'Ensisheim de 1492, devint vite "obscurantisme moyenâgeux" pour tous ces esprits éclairés, philosophes et scientifiques, qui voulaient "refaire le monde", et pour qui il était devenu quasiment indispensable de dénigrer systématiquement toutes les survivances d'un passé obsolète pour paraître moderne.

" Fables de paysans que ces récits, fruit de la superstition, ne cesse-t-on de répéter au XVIIIe siècle ! En 1771, Johann Wolfgang Goethe (1749-1832), qui étudiait le droit à Strasbourg, fit le voyage d'Ensisheim pour examiner la fameuse pierre et couvrit de sarcasmes la "crédulité du genre humain". Il refusa d'y voir autre chose qu'une pierre ordinaire. " (19)

Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, les savants nièrent d'une façon obtuse l'évidence, en maudissant à l'instar de Goethe cette " *crédulité du genre humain* ". Cette étroitesse d'esprit des savants de l'époque sur ce sujet précis (le siècle des Lumières a heureusement donné lieu à des progrès incontestables dans d'autres domaines) paraît absurde de nos jours, quand on sait que plusieurs dizaines de chutes de météorites ont été recensées pour ce seul XVIII^e siècle (20), dont plusieurs en France (Carpentras en 1738, Nicorps en 1750, Luponnas en 1753, Lucé en 1768, Aire-sur-la-Lys en 1769, Barbotan en 1790 et Salles en 1798). Pourtant, en 1792, dans un rapport à l'Académie des Sciences, le chimiste Lavoisier (1743-1794) affirmait encore, sans aucun complexe, que les aérolithes n'étaient rien d'autre que des pierres ordinaires altérées par la foudre.

Heureusement, des voix discordantes se firent jour. Quelques chercheurs un peu plus clairvoyants se démarquèrent de ce satisfecit quasi général de "modernisme" que se décernaient, un peu facilement, les érudits des Lumières. Ils voulaient rester, eux, sur le strict terrain de l'observation et de l'analyse scientifique, et ne se satisfaisaient pas du credo pseudo-scientifique expliquant que la chute de pierres venant du cosmos (et non pas de l'atmosphère) était une impossibilité physique.

Le premier, le naturaliste d'origine allemande Pierre-Simon Pallas (1741-1811), qui a donné à juste titre son nom aux *pallasites*, décrivit la célèbre météorite, découverte en 1749 au sud de Krasnojarsk en Sibérie, et dont la masse avoisinait les 700 kg. En 1772, il la fit transporter, non sans mal on s'en doute, de Sibérie à Saint-Petersbourg. Il comprit vite que cette superbe "éponge de fer" comme il l'appela ne pouvait être que d'origine cosmique.

Un verrou psychologique difficile à briser

En 1794, le physicien allemand Ernst Chladni (1756-1827), après avoir examiné plusieurs rapports concernant notamment la pallasite sibérienne et la sidérite argentine de Campo del Cielo, publia en allemand son fameux petit livre (21), révolutionnaire pour l'époque, dans lequel il apportait les premières preuves chimiques et minéralogiques du caractère exotique (c'est-à-dire extraterrestre) des spécimens étudiés.

La même année, le 16 juin 1794, à 19 heures, succédant à une violente détonation dans l'atmosphère, tombait à Sienne en Toscane, une pluie de petites pierres observée par de nombreux témoins. Là encore l'évidence était flagrante, mais les scientifiques se bouchèrent les yeux. Quatre ans plus tard, le 19 décembre 1798, à 20 heures, c'était au tour de la région de

Bénarès, en Inde, d'être le point de chute d'une nouvelle pluie de pierres, faisant suite à l'apparition d'un brillant météore et de détonations dans l'atmosphère, les trois phases ayant des centaines de témoins.

En 1802, le jeune chimiste anglais Edward Howard (1774-1816) (22), après avoir examiné à son tour plusieurs nouveaux objets tombés du ciel (notamment des spécimens de la chute de Bénarès) et mis pour la première fois en évidence la présence de chondres (qui donneront leur nom aux *chondrites*), confirma que les météorites étaient chimiquement des pierres terrestres et étaient donc d'origine cosmique.

En 1803, trois scientifiques français, Laplace, Jean-Baptiste Biot (1774-1862) et Denis Poisson (1781-1840), c'est-à-dire un ancien, catastrophiste convaincu comme nous l'avons vu, et deux jeunes sans complexes, conscients qu'il était plus que l'heure de prendre le train en marche, proposèrent une nouvelle hypothèse : ces pierres venues du ciel seraient en fait des éjectas de volcans lunaires qui auraient pu échapper à l'attraction de notre satellite. Cette hypothèse restrictive eut un certain succès et concurrença l'hypothèse purement cosmique au cours de la première moitié du XIX^e siècle.

Mais malgré toutes ces observations indiscutables et sans cesse renouvelées, et le réveil bien tardif de quelques-uns, secoués heureusement par la génération montante, la communauté scientifique dans sa grande majorité restait hermétique à cette "révolution des idées" indispensable. Le verrou psychologique anti-météorites aura été l'un des plus difficiles à faire sauter, résistant près d'un siècle aux preuves les plus flagrantes, alors que de nombreuses découvertes importantes, comme celles notamment de la septième planète, Uranus, en 1781, par William Herschel (1738-1822), et de la huitième, Cérès, en 1801, par Giuseppe Piazzi (1746-1826) (23), avaient pourtant montré que le dogme millénaire et intangible des six planètes (les astres errants) n'était rien d'autre qu'un mythe, et que le ciel était en fait beaucoup plus complexe que celui prévu par les Anciens.

1803 : la chute de pierres de L'Aigle, le tournant décisif

Le tournant décisif est associé à la fameuse pluie de pierres de L'Aigle dans le département de l'Orne, en Normandie. C'est elle qui permit enfin la reconnaissance "officielle" des chutes de pierres par la communauté scientifique de l'époque, hostile dans sa grande majorité. Elle eut lieu le 26 avril 1803, à 13 heures. Devant plusieurs centaines de témoins éberlués mais nullement incrédules, 2000 à 3000 pierres tombèrent du ciel, dans une zone elliptique de 11 x 4 km. La plus grosse d'entre elles pesait environ 9 kg, alors que le poids total des fragments récupérés n'excédait pas 37 kg. La majorité des pierres était donc de tout petits fragments, dont beaucoup furent ramassés par les témoins tout de suite après la chute, "*alors qu'ils étaient encore chauds et sentaient le soufre*", comme ils le racontèrent à Jean-Baptiste Biot.

C'est ce physicien français, âgé de 29 ans seulement à l'époque, et qui venait juste d'être nommé membre titulaire de l'Académie des sciences, qui fut officiellement chargé par le gouvernement de l'époque, dirigé par Jean Chaptal (1756-1832), qui était avant tout un chimiste et qui s'intéressa personnellement à l'affaire, d'aller enquêter sur place, suite à la chute de pierres, dont l'écho et quelques spécimens étaient parvenus très vite à Paris.

Dans un rapport célèbre (24), publié en 1806 seulement, et constamment utilisé depuis lors par tous les auteurs qui ont traité du sujet, il a raconté en grand détail tout ce qu'il a appris des multiples témoins qu'il a lui-même interrogés et par son enquête minutieuse sur le terrain. Il visita plus de vingt hameaux dispersés dans la zone d'impact et entendit partout la même histoire.

" Le mardi 6 floréal an 11 [26 avril 1803] vers une heure après-midi, le temps étant serein, on aperçut de Caen, de Pont-Audemer et des environs d'Alençon, de Falaise et de Verneuil, un globe enflammé d'un éclat très brillant, et qui se mouvait dans l'atmosphère avec beaucoup de rapidité.

Quelques instants après on entendit à L'Aigle et autour de cette ville, dans un arrondissement de plus de trente lieues de rayon, une explosion violente qui dura cinq ou six minutes.

Ce furent d'abord trois ou quatre coups semblables à des coups de canon, suivis d'une espèce de décharge qui ressemblait à une fusillade ; après quoi on entendit comme un épouvantable roulement de tambour. L'air était tranquille et le ciel serein, à l'exception de quelques nuages, comme on en voit fréquemment.

Ce bruit partait d'un petit nuage qui avait la forme d'un rectangle, et dont le plus grand côté était dirigé est-ouest. Il parut immobile pendant tout le temps que dura le phénomène ; seulement les vapeurs qui le composaient s'écartaient momentanément de différents côtés par l'effet des explosions successives. Ce nuage se trouva à peu près à une demi-lieue au nord-nord-ouest de la ville de L'Aigle : il était très élevé dans l'atmosphère ; car les habitants de la Vassolerie et de Boislaville, hameaux situés à plus d'une lieue de distance l'un de l'autre, l'observèrent en même temps au-dessus de leurs têtes. Dans tout le canton sur lequel ce nuage planait on entendit des sifflements semblables à ceux d'une pierre lancée par une fronde, et l'on vit en même temps tomber une multitude de masses solides exactement semblables à celles que l'on a désignées sous le nom de pierres météoriques...

Les plus grosses pierres sont tombées à l'extrémité sud-est du grand axe de l'ellipse, du côté de Fontenil et de la Vassolerie ; les plus petites sont tombées à l'autre extrémité, et les moyennes

entre ces deux points. D'après ces considérations précédemment rapportées, les plus grosses paraîtraient être tombées les premières !

La plus grosse de toutes celles que l'on a trouvées pesait 8,5 kg (17 livres ½), au moment où elle tomba ; la plus petite que j'ai vue et que j'ai rapportée avec moi, ne pèse que 7 ou 8 grammes (environ 2 gros) ; cette dernière est donc environ mille fois plus petite que la précédente. Le nombre de toutes celles qui sont tombées peut être évalué à deux ou trois mois mille...

On en conclura sans le moindre doute que le fait sur lequel ces preuves se réunissent est réellement arrivé, et qu'il est tombé des pierres aux environs de L'Aigle le 6 floréal an 11... "

Biot terminait ainsi son rapport :

" Je me suis borné dans cette relation à un simple exposé des faits ; j'ai tâché de les voir comme tout autre les aurait vus, et j'ai mis tous mes soins à les présenter avec exactitude. Je laisse à la sagacité des physiciens les nombreuses conséquences que l'on en peut déduire, et je m'estimerai heureux s'ils trouvent que j'ai réussi à mettre hors de doute un des plus étonnants phénomènes que les hommes aient jamais observés. "

Biot restait assez prudent dans son rapport. Pour lui, en fait, L'Aigle ne changeait rien, puisqu'il s'était déjà récemment reconverti et penchait avec Laplace et Poisson pour une origine lunaire des météorites. Jeune académicien, il voulait sans doute éviter de se mettre à dos les autres membres plus anciens, et surtout beaucoup plus conservateurs, de l'Académie des sciences qui, eux, avaient déjà fait connaître à maintes reprises leur opinion définitive sur le sujet : "*Les météorites ne peuvent pas exister car il n'y a pas de pierres dans le ciel*". Bon gré, mal gré, tous finirent quand même par accepter ce qui ne pouvait plus être nié sans tomber dans le ridicule : la réalité de la chute de pierres sur la Terre. L'Aigle marque, à cet égard, un tournant décisif.

Il faut savoir que cette pluie de pierres, somme toute banale, hormis son importance historique et épistémologique considérable, concernait des chondrites ordinaires de type L6, c'est-à-dire des pierres qui ne pouvaient être différenciées des pierres terrestres que par des spécialistes. Les pierres du ciel ressemblaient comme des sœurs à celles qui jonchent notre planète !

Cuvier, catastrophiste et fixiste

Georges Cuvier (1769-1832), l'un des fondateurs de la paléontologie, est également le plus célèbre représentant de la théorie des catastrophes (on l'a baptisé le "*prophète du catastrophisme absolu* ") et, avec le naturaliste suédois Carl von Linné (1707-1778), le plus célèbre représentant du *fixisme*

(ou fixité des espèces). Du fait d'une éducation religieuse stricte (il était protestant), Cuvier croyait à la véracité du texte biblique qui excluait toute évolution des espèces. Dès ses premiers écrits, en 1795, alors qu'il avait 26 ans, il fut un partisan convaincu de la doctrine des catastrophes successives, sous l'influence du naturaliste allemand Johann Blumenbach (1752-1840), l'un de ses professeurs à Stuttgart, qui enseignait déjà la théorie des catastrophes en liaison avec celle des "espèces perdues". Cuvier ne fut donc pas le premier, loin de là, à soutenir des idées catastrophistes, mais c'est à lui qu'il revint de donner à cette théorie nouvelle une dimension planétaire.

Il s'inspira également des idées de certains de ses devanciers, notamment de celles de Buffon et surtout de Laplace. Pour étayer sa conception catastrophiste des créations multiples, il dut avoir recours à des "révolutions du globe" au cours desquelles toute vie était supprimée.

" Chacune de ces créations, disait Cuvier, a dû trouver une fin abrupte dans un cataclysme universel. A la suite de sa théorie, Cuvier devait évidemment recourir à une nouvelle échelle des temps géologiques, car 6000 ans c'était bien insuffisant pour une nouvelle création, à plus forte raison pour trois. Heureusement, il trouva une nouvelle échelle qui lui convenait, celle de son compatriote Buffon. Cuvier devait être enchanté de la trouver suffisamment longue pour inclure facilement ses trois créations additionnelles et les cataclysmes qui avaient mis fin à celles-ci.

En substance, la théorie de Cuvier déclarait que Dieu avait créé le monde il y a environ 80 000 ans et le peupla d'animaux de la première création, principalement des poissons et autres habitants des mers et nombre d'amphibiens primitifs. Après le premier cataclysme, une seconde création eut lieu, principalement des reptiles. Mais Dieu n'en fut pas plus satisfait que de la première et, après un second cataclysme, une troisième création eut lieu, consacrée celle-là aux mammifères exclusivement. Finalement, un troisième cataclysme, suivi de la création biblique, amena l'apparition du premier homme et des divers types de plantes et d'animaux que nous connaissons aujourd'hui. Ces derniers étaient destinés à rester sous la domination de l'homme jusqu'à ce que Dieu en sa sagesse décide de répéter l'œuvre de liquidation.

Sans presque s'en douter, Cuvier venait d'établir la théorie des ères géologiques et d'ouvrir la voie aux synthèses qui allaient suivre. Cette tâche fut achevée peu de temps après sa mort par deux hommes parmi les plus illustres dans l'histoire des sciences naturelles, le géologue Charles Lyell et le naturaliste Charles Darwin. " (25)

Ainsi Cuvier recensait quatre créations différentes, en liaison avec les quatre grandes ères géologiques qui avaient été mises en évidence progressivement par les géologues à la suite d'études nombreuses sur le terrain. Dans son livre classique, *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (26/27), Cuvier a montré que ces "révolutions" ont été nombreuses et subites. Il faut citer quelques extraits, car même si certaines données sont un peu dépassées, le fond reste d'actualité et mérite d'être rappelé.

"...Les changements dans la hauteur des eaux n'ont pas consisté seulement dans une retraite plus ou moins graduelle, plus ou moins générale ; il s'est fait diverses irruptions et retraites successives, dont le résultat définitif a été cependant une diminution universelle de niveau..."

Ces retraites répétées n'ont point toutes été lentes, ne se sont point toutes faites par degrés ; au contraire, la plupart des catastrophes qui les ont amenées ont été subites ; et cela est surtout facile à prouver pour la dernière de ces catastrophes, pour celle qui par un double mouvement a inondé et ensuite remis à sec nos continents actuels, ou du moins une grande partie du sol qui les forme aujourd'hui. Elle a laissé encore dans les pays du Nord des cadavres de grands quadrupèdes que la glace a saisis, et qui se sont conservés jusqu'à nos jours avec leur peau, leur poil et leur chair. S'ils n'eussent été gelés aussitôt que tués, la putréfaction les aurait décomposés. Et d'un autre côté, cette gelée éternelle n'occupait pas auparavant les lieux où ils ont été saisis ; car ils n'auraient pas pu vivre sous une pareille température. C'est donc le même instant qui a fait périr les animaux et qui a rendu glacial le pays qu'ils habitaient. Cet événement a été subit, instantané, sans aucune gradation, et ce qui est si clairement démontré pour cette dernière catastrophe ne l'est guère moins pour celles qui l'ont précédée. Les déchirements, les redressements, les renversements des couches plus anciennes ne laissent pas douter que des causes subites et violentes ne les aient mises en l'état où nous les voyons ; et même la force des mouvements qu'éprouva la masse des eaux est encore attestée par les amas de débris et de cailloux roulés qui s'interposent en beaucoup d'endroits entre les couches solides. La vie a donc été souvent troublée sur cette Terre par des événements effroyables. Des êtres vivants sans nombre ont été victimes de ces catastrophes : les uns, habitants de la terre sèche, se sont vus engloutis par des déluges ; les autres, qui peuplaient le sein des eaux, ont été mis à sec avec le fond des mers subitement relevé ; leurs races même ont fini pour jamais, et ne laissent dans le monde que quelques débris à peine reconnaissables pour le naturaliste..." (Chapitre : Preuves que ces révolutions ont été subites).

Cuvier n'a jamais voulu varier de sa ligne de conduite, décidée dès la fin de ses études. On se doute bien que cette rigidité intangible masquait mal certaines observations indiscutables contraires à sa théorie et on comprend facilement que le naturaliste Lamarck (1744-1829), son grand rival, adepte du *transformisme*, qui travaillait, lui, sur les Invertébrés, finit par l'emporter dans leur combat scientifique qui marqua l'histoire des sciences de la première partie du XIX^e siècle. Cuvier qui avait en partie raison, sur le volet catastrophisme, s'est fourvoyé lui-même en imposant parallèlement un créationnisme totalement dénué de fondement.

Cette position rigide de Cuvier, son fixisme et le créationnisme qui en découle ont fait beaucoup de tort au catastrophisme, à tel point que le terme même de catastrophisme, qui a collé à la peau de Cuvier pendant 150 ans, doit passer par une période de réhabilitation, que les découvertes actuelles, heureusement, vont permettre de raccourcir au minimum.

Les disciples de Cuvier et les créations multiples

On sait que Cuvier est resté dans le vague (on comprend pourquoi) au sujet des mécanismes qui déterminent l'apparition de nouvelles espèces. Dans certains cas, il suggéra des migrations pour des catastrophes partielles, mais il ne put échapper au processus de *créations nouvelles*, nécessitant donc une intervention divine, bien qu'il n'ait rien écrit à ce sujet.

Certains de ses disciples franchirent le pas, comme Alcide d'Orbigny (1802-1857), le plus célèbre d'entre eux, qui n'hésita pas à parler de 27 créations indépendantes et successives, correspondant aux 28 étages stratigraphiques qu'il avait mis en évidence à l'occasion de ses travaux géologiques (28). Il considérait qu'à la fin de chacune de ces périodes, la faune existante avait été anéantie par le mouvement prolongé des eaux qui avaient recouvert la Terre.

Ces créations multiples, on s'en doute, posaient des problèmes, comme l'a bien noté l'historien de la géologie Gabriel Gohau (29) :

" L'idée même de ces créations dérangeait tout le monde. Les incroyants, bien sûr, n'acceptaient pas ces actes divins renouvelés. Mais les chrétiens stricts n'étaient pas moins gênés, car on ne voyait pas bien Dieu s'y reprenant à plusieurs fois. D'autant que comme le remarque Marcel de Serres, paléontologue et géologue montpelliérain, si l'on admet, d'une part, que les créations sont de plus en plus parfaites, et, d'autre part, qu'elles se poursuivront dans l'avenir, il en résulte que l'homme n'est pas " le terme et le chef-d'œuvre " de la Création divine. "

La religion, dont n'ont jamais voulu s'affranchir des chercheurs du calibre de Cuvier et d'Orbigny, et aussi beaucoup d'autres moins en pointe, a été un

fléau qui empêche d'apprécier dans toute leur richesse le travail scientifique de ces savants. En particulier, d'Orbigny est toujours ridiculisé aujourd'hui avec ses 27 créations successives, il est même devenu le prototype du fixiste borné. Mais quand on regarde plus objectivement, en parallèle, ses "créations" avec les étages géologiques correspondants, on se rend compte qu'il avait fort bien compris le problème des discontinuités dans l'histoire de la Terre et la disparition des faunes et des espèces à chacune d'entre elles.

En voulant rajouter un volet religieux à son travail, d'autant plus superflu que totalement dénué de fondement, il a perdu une place honorable dans l'histoire des sciences et a, en contrepartie, gagné malheureusement cette connotation de dérision attachée à son nom pour les siècles futurs. Bonne raison, pour les savants d'aujourd'hui, d'y regarder à deux fois avant d'introduire inconsidérément une divinité quelconque dans leurs travaux. Quand ils sont bons, ces travaux se suffisent largement à eux-mêmes. Le cas de ce pauvre d'Orbigny devrait servir d'exemple.

Parmi les disciples et successeurs importants de Cuvier, il convient de citer également le géologue écossais Roderick Murchison (1792-1871) qui s'intéressa particulièrement aux débuts de l'histoire de la vie. Il découvrit que tous les groupes importants étaient apparus quasi simultanément au début de la période cambrienne. En créationniste convaincu, il pensait que c'était le moment où Dieu avait décidé de peupler la Terre.

Le recul des idées catastrophistes

Le triomphe de l'uniformitarisme

Quoi qu'il en soit, les excès des successeurs et disciples de Cuvier, après ceux de Cuvier lui-même, et leur manque manifeste de discernement, firent un tort terrible à la doctrine du catastrophisme qui perdit rapidement du terrain face à la doctrine concurrente de l'*uniformitarisme*. Du coup, le catastrophisme, délaissé par les scientifiques, fut récupéré par les milieux religieux, notamment par les fondamentalistes ravis de l'aubaine, pour redonner un peu de tonus et de crédibilité au dogme (au mythe en fait) de la Création. C'est la raison pour laquelle, le catastrophisme avait si mauvaise presse pour les savants de la première moitié du XX^e siècle qui ne le considéraient plus que comme un concept religieux et non comme une théorie scientifique. Ce n'est que durant le dernier quart du XX^e siècle, qu'il a pu, très progressivement, grâce aux travaux concordants de multiples chercheurs des diverses disciplines concernées, retrouver une connotation réellement scientifique.

On doit à Charles Lyell (1797-1875), le géologue écossais considéré comme l'un des plus grands noms de la géologie, la reconnaissance définitive du temps profond, c'est-à-dire la prise en compte de l'immensité du temps géologique (et astronomique), et qui en définit le concept dans son grand ouvrage classique *Principles of geology* (3 volumes de 1830 à 1833). C'est la fameuse théorie de l'uniformitarisme. Il postulait sur la base d'observations

incontestables que les événements du passé étaient dus aux mêmes causes que celles qui opèrent actuellement, principalement sous l'action d'agents tels que l'eau, le vent et le Soleil. Comme Hutton l'avait laissé entendre quarante ans plus tôt, Lyell affirmait donc que les événements du passé expliquent ceux d'aujourd'hui et que les catastrophes préconisées par Cuvier et d'autres n'ont pas leur place dans l'histoire de la nature et qu'elles n'y ont joué aucun rôle majeur. Il fut le fossoyeur du catastrophisme en tant que théorie scientifique.

Comme l'a rappelé Stephen Jay Gould (1941-2002) dans son livre *Aux racines du temps* (30) :

" Avec cette magistrale somme de données sur la vitesse et le mode de déroulement des phénomènes géologiques normaux, Lyell fera triompher ses idées et démontrera que l'action lente et continue des causes présentes pouvait, étendue sur une immense durée, produire l'ensemble des événements géologiques (de la formation du Grand Canyon aux extinctions massives). Désormais, ceux qui étudiaient la Terre pouvaient répudier les agents miraculeux rendus indispensables par la compression chronologique de la Bible. La découverte du temps profond dans cette thèse consacre l'une des grandes victoires de l'observation et de l'objectivité sur l'idée préconçue et l'irrationnel. "

La grande victoire de l'observation dont parle Gould n'était en fait que celle dont disposaient les chercheurs de l'époque, c'est-à-dire une observation extraordinairement parcellaire. Quant aux "agents miraculeux", il suffit de comparer les quatre astéroïdes connus à l'époque de Lyell : Cérès, Pallas, Vesta et Junon circulant sagement entre Mars et Jupiter, avec les 5000 géocroiseurs connus en 2011 qui croisent l'orbite terrestre, et dont certains "frôlent" réellement notre planète. C'est aussi cela la relativité du temps. Rejeter le catastrophisme, comme Lyell l'a fait (bien légèrement) pour imposer pour plus d'un siècle un uniformitarisme triomphant, mais qui ne représente qu'un aspect d'un problème beaucoup plus complexe, a fait retarder considérablement la connaissance du monde physique dans lequel nous vivons (il s'était passé la même chose avec le triomphe du géocentrisme de Ptolémée qui a éclipsé pour plus de 1500 ans l'héliocentrisme d'Aristarque de Samos).

Pousser aux oubliettes des données qui paraissent erronées est aujourd'hui encore chose courante. Mais gare au retour de bâton que ne manqueront pas de nous asséner les scientifiques des siècles futurs !

L'irrationnel dont Gould semble accuser les catastrophistes était en fait l'appui malheureux sur la Bible et la théologie dont se prévalaient plus ou moins ouvertement certains chercheurs. Mais leur vision d'un monde discontinu était bien le reflet d'une réalité objective, malheureusement noyée dans un galimatias religieux (fixisme, créations, etc.) associé à l'époque.

Le catastrophisme récupéré par les sectes religieuses

L'abandon relativement progressif, mais irréversible, du catastrophisme par les scientifiques (31), après la victoire de Lyell et de son uniformitarisme, permit à l'irrationnel religieux de marquer des points sérieux, notamment aux Etats-Unis. Les sectes fondamentalistes ont toujours été nombreuses dans ce pays, s'appuyant sur le texte biblique "pur et dur", c'est-à-dire avec une Création datant de 6000 ans, le Déluge et une fin du monde à venir.

L'une des plus célèbres de ces sectes au XIX^e siècle fut celle des *Millerites* (32), du nom de son fondateur et animateur William Miller (1782-1849). Celui-ci s'était persuadé que le Christ devait revenir sur Terre en 1843 (!). Il prêcha la fin du monde à partir de 1831, liée à une comète, reprenant en cela l'idée de Whiston. Il eut de la chance puisque dès 1833, dans la nuit du 12 au 13 novembre, eut lieu l'extraordinaire averse météorique des *Léonides* (33/34), durant laquelle plus de 200 000 météores furent dénombrés en quelques heures seulement. Il présenta cet inoubliable événement comme un signe avant-coureur, adressé aux hommes par Dieu, du Jour du Jugement dernier attendu pour dix ans plus tard. En 1843 justement, parut une formidable comète dans le ciel et qui frôla le Soleil (35), la fameuse *Grande comète de Mars*, qui fut visible à l'œil nu en plein jour. Miller triomphait déjà (un peu trop vite !), persuadé que cette comète était celle du Jugement dernier. Malheureusement pour lui, à aucun moment cette belle comète ne s'approcha de la Terre. La fin du monde était encore repoussée à plus tard !

L'exemple des *Millerites* montre comment les créationnistes purent récupérer à leur profit une théorie abandonnée par les scientifiques eux-mêmes. On comprend mieux pourquoi la notion même de catastrophisme a encore si mauvaise presse.

Notes

1. J.-R. Roy, *L'astronomie et son histoire* (Masson, 1982).
2. L.M. Celnikier, *Histoire de l'astronomie* (Lavoisier, 1996).
3. J. Kepler, *Le secret du monde* (Gallimard, 1984 ; traduction et notes de A. Segonds). Il suffit de lire ce livre de jeunesse de Kepler : le *Mysterium cosmographicum*, écrit en 1595, à l'âge de 24 ans, et paru l'année suivante à Tübingen, pour comprendre son génie et son anticonformisme. L'histoire des sciences a peu connu de savants du calibre de Kepler.
4. J. Gapaillard, *Et pourtant, elle tourne ! Le mouvement de la Terre* (Seuil, 1993).
5. G. Gohau, *Histoire de la géologie* (La découverte, 1987).
6. J. Roger, *Pour une histoire des sciences à part entière* (Albin Michel, 1995 ; texte établi par C. Blankaert, avant-propos de M.-L. Roger et postface de J. Gayon).
7. La condamnation de Galilée par l'Inquisition en 1633 poussa Descartes à repousser la publication de sa théorie, qui ne pouvait que déplaire à l'Église. Descartes ne se sentait pas l'âme d'un martyr, on le comprend !

8. T. Burnet, *Telluris theoria sacra* (Théorie sacrée de la Terre) (1680-1689). Cet ouvrage en latin fut publié en quatre volumes. Le premier était consacré au déluge, le deuxième au paradis originel, le troisième à la consommation du monde par le feu dans les temps à venir et le quatrième aux nouveaux cioux et à la nouvelle Terre. En 1691, il parut une version en anglais de cet ouvrage, sous le titre *Sacred theory of the Earth*.
9. S.J. Gould, *Aux racines du temps* (Grasset, 1990). Titre original : *Time's arrow, time's cycle* (1987).
10. G.W. Leibniz, *Protogaea* (Presses universitaires du Mirail, 1993 ; traduction de B. de Saint-Germain ; édition, introduction et notes J.-M. Barrande). Cette édition moderne du texte de Leibniz a comme sous-titre : " *De l'aspect primitif de la terre et des traces d'une histoire très ancienne que renferment les monuments mêmes de la nature* ". Ce texte écrit en 1690-91 ne fut publié qu'en 1749.
11. C. Cohen, *Le destin du mammouth* (Seuil, 1994).
12. G. Gohau, *Les sciences de la Terre aux XVII^e et XVIII^e siècles. Naissance de la géologie* (Albin Michel, 1990).
13. Tout cela valut à Buffon un sévère rappel à l'ordre de la Faculté de Théologie de la Sorbonne, qui l'obligea à une rétractation. Comme Descartes, un siècle plus tôt, il ne se sentait nullement une âme de martyr, et redoutait surtout en insistant de perdre le bénéfice d'une vie dorée à laquelle, semble-t-il, il était fort attaché. Après cette alerte, Buffon opéra lui-même pour sa sécurité une autocensure de ses écrits pendant plus d'un quart de siècle.
14. J. Roger, *Buffon - Les époques de la nature* (Editions du Muséum, 1988).
15. D.K. Yeomans, *Comets. A chronological history of observation, science, myth, and folklore* (John Wiley & Sons, 1991).
16. P.-S. Laplace, *Exposition du système du monde* (Fayard, 1984 ; collection Corpus des œuvres de philosophie en langue française). Cette réédition du classique de Pierre-Simon Laplace est conforme à l'édition de 1835.
17. Jean-Sylvain Bailly (1736-1793), est surtout connu comme homme politique, mêlé de près à la Révolution. Il fut le premier maire de Paris et finit sur l'échafaud. Il fut aussi un remarquable astronome qui a écrit plusieurs livres sur l'histoire de l'astronomie. Il croyait fermement aux grands cataclysmes du passé (notamment à celui qui aurait détruit l'Atlantide) et il peut être considéré comme un des grands catastrophistes du XVIII^e siècle. Cuvier l'avait en grande estime.
18. J. Lalande, *Réflexions sur les comètes qui peuvent s'approcher de la Terre*, 1772.
19. Texte du philosophe Dominique Lecourt dans l'Introduction (p. 12) du livre du météoricien français Michel Maurette, *Chasseurs d'étoiles* (Hachette - La Villette, 1993).
20. M.H. Hey, *Catalogue of meteorites*, third edition (British Museum, 1966).
21. E.F.F. Chladni, *Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlicher Eisenmassen* (1794).
22. J.G. Burke, *Cosmic debris. Meteorites in history* (University of California Press, 1986).
23. En fait, cette huitième planète, la fameuse *planète 28* prévue par la loi de Titius-Bode, baptisée Cérés, ne s'avéra n'être qu'un astéroïde, le premier d'une série qui n'aura jamais de fin (plus de 500 000 sont connus en 2011).

On sait aujourd'hui qu'une planète unique entre Mars et Jupiter n'a jamais pu exister, les perturbations dues à la planète géante interdisant une concentration de matière unique. Quelques mini-planètes (des astéroïdes dits primaires) ont existé mais toutes, sauf Cérès, Pallas et Vesta, ont subi des fracturations sévères, desquelles ont résulté des familles d'astéroïdes.

24. J.-B. Biot, *Relation d'un voyage fait dans le département de l'Orne, pour constater la réalité d'un météore observé à l'Aigle le 6 floréal an 11* (Mémoires de la classe des sciences, mathématique et physique, Institut National de France, pp. 224-266, 1806). La lecture de ce document, tout au moins dans une forme préliminaire, avait été faite dès 1803 (le 17 juillet) à l'Académie des sciences. Il semble bien que Biot n'était pas très pressé de publier son rapport, qui obligatoirement allait être diffusé dans le monde entier, puisque celui-ci n'a paru imprimé qu'en 1807 seulement.

25. R. Cunningham, *Histoire de la Terre* (Payot, 1956). Titre original : *A guide to Earth history*. Citation pp. 72-73.

26. Ce grand classique du catastrophisme est paru, dès 1812, comme introduction à l'ouvrage de Cuvier sur les ossements fossiles, sous le titre : "*Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes. Discours préliminaire*". Il est paru sous sa forme définitive, en 1825 seulement, sous le titre : "*Discours sur les révolutions de la surface du globe et sur les changements qu'elles ont produits dans le monde animal*". Ces deux versions distantes de treize ans sont en fait assez différentes dans la forme. Sur le fond, elles sont quasiment identiques. On sait que Cuvier n'a jamais changé dans sa doctrine jusqu'à sa mort en 1832.

27. Deux rééditions françaises ont traité, l'une de la première version (1812), l'autre de la version définitive (1825). Ce sont respectivement : 1. G. Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes. Discours préliminaire* (GF-Flammarion, 1992 ; présentation, notes et chronologie par P. Pellegrin) et 2. G. Cuvier, *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (Christian Bourgois, 1985 ; préface de H. Thomas et postface de G. Laurent).

28. A. d'Orbigny, *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique* (1849-1852).

29. G. Gohau, *Histoire de la géologie*, op. cit., citation p. 171.

30. S.J. Gould, *Aux racines du temps*, op. cit., citation p. 20.

31. C. Babin, *Autour du catastrophisme* (Vuibert - Adapt, 2005).

32. B.E. Schaeffer, *Comets that changed the world*, Sky and Telescope, pp. 46-51, may 1997.

33. R. Sanderson, *The night of raining fire*, Sky and Telescope, pp. 30-36, november 1998.

34. M. Littmann, *The heavens on fire : the great Leonid meteor storms* (Cambridge University Press, 1998).

35. *La Grande Comète de Mars* est liée au groupe de Kreutz. Cette famille de comètes est particulièrement caractéristique de la rapide désintégration d'une comète de grande taille, brisée pour s'être approchée trop près du Soleil, et qui en quelques millénaires peut générer plusieurs dizaines de milliers de fragments de toute taille. En une dizaine d'années seulement, la sonde *SOHO* en a déjà repéré plus d'un millier, tous issus de la même comète mère, connue sous le nom de *comète d'Aristote*.

CHAPITRE 4

IMPACTISME ET CATASTROPHISME AUJOURD'HUI

Découvertes importantes durant la traversée du désert

La montée de l'uniformitarisme a entraîné le déclin des idées catastrophistes et débouché pour celles-ci sur une "traversée du désert" de plus d'un siècle. Cela ne veut pas dire pour autant que quelques dizaines de chercheurs, isolés mais efficaces, marginalisés souvent, n'aient pas tenté d'attirer l'attention sur certaines données d'observation un peu inhabituelles et même suspectes à l'occasion de leurs travaux, montrant parfois des discontinuités imprévues dans l'histoire de la nature. Mais ils prêchaient dans le désert.

L'importance des glaciations

Parmi ces chercheurs en marge, le naturaliste suisse Louis Agassiz (1807-1873), catalogué souvent comme "catastrophiste et fixiste attardé", mit le premier en évidence l'importance des *glaciations* (1) qui se sont succédé au cours de l'ère quaternaire, notamment la dernière, obligatoirement récente, qui a laissé en de nombreux endroits des traces indélébiles. Il en fit la cause principale du catastrophisme qu'il défendait contre vents et marées.

Beaucoup plus tard, les scientifiques comprirent bien que la *déglaciation* qui avait suivi avait eu des répercussions extraordinaires, à la fois pour la Terre (2), mais aussi pour l'humanité, en l'obligeant à abandonner les rivages océaniques qu'elle occupait d'une manière préférentielle, pour refluer vers l'intérieur des terres, au fur et à mesure que le niveau des eaux montait, parfois au rythme d'un quart de mètre par génération. Cette déglaciation fut de loin l'événement le plus important que la Terre ait subi depuis 20 000 ans, notamment au niveau de la géographie, sans cesse réactualisée durant cette période avec l'envahissement progressif des talus continentaux, même si d'autres cataclysmes, terrestres ou d'origine cosmique, eurent également des conséquences très importantes.

La découverte d'Eros

Une autre découverte essentielle de cette période intermédiaire fut celle de l'astéroïde Eros en août 1898 par Gustav Witt (1866-1946). Essentielle pourquoi ? Il faut savoir que durant tout le XIX^e siècle, à la suite de la découverte de Cérès, plus de 400 astéroïdes furent découverts, d'abord

visuellement par les chasseurs d'astéroïdes, et photographiquement ensuite à partir de 1891 (3). Tous circulaient entre Mars et Jupiter, avec des excentricités faibles ou moyennes, mais jamais fortes, ce qui excluait toute forte approche à Mars et à Jupiter et, a fortiori, aux autres planètes plus éloignées, parmi lesquelles en premier lieu, la Terre.

Or Eros, c'était tout autre chose, et cette découverte totalement inattendue fut donc une grosse surprise pour les astronomes de l'époque. Pour la première fois, on se trouvait en présence d'un astéroïde (4) ayant une distance moyenne ($a = 1,46$ UA) plus faible que celle de Mars ($a = 1,52$ UA) et une distance périhélique ($q = 1,13$ UA) tout à fait imprévue et exceptionnelle. Les calculs montrèrent, en outre, qu'Eros pouvait s'approcher à 22 millions de km seulement de la Terre, ce qu'il avait fait en janvier 1894, quatre ans avant sa découverte.

L'existence de petits astéroïdes pouvant s'approcher fortement de la Terre était une chose impensable pour toutes les générations antérieures d'astronomes. Aucun n'en avait jamais fait état comme d'une possibilité sérieuse. Pour eux, seules quelques comètes étaient en mesure de venir frôler notre planète, comme l'avait fait la comète D/Lexell. C'est ce qui explique en grande partie que l'impactisme terrestre n'ait jamais eu beaucoup de succès dans les milieux scientifiques au XIX^e siècle et avant puisque, d'après les astronomes eux-mêmes, il n'existait pas de corps célestes, hormis les comètes, capables de heurter les planètes. L'observation des innombrables cratères lunaires, à partir de 1610, aurait dû mettre pourtant la puce à l'oreille des observateurs, mais l'origine volcanique était privilégiée à l'époque. On comprend ainsi l'importance de la découverte d'un objet comme Eros, qui est un jalon aussi capital que l'approche de D/Lexell en 1770 dans l'histoire de l'impactisme terrestre.

Les comètes usées deviennent des astéroïdes

Autre découverte importante durant cette période de transition, celle d'Hidalgo en 1920 par Walter Baade (1893-1960). En effet, cet "objet" fut le premier astéroïde d'origine cométaire repéré sur une orbite extérieure en moyenne à celle de Jupiter ($a = 5,77$ UA), avec une très forte excentricité ($e = 0,66$) et aussi une très forte inclinaison ($i = 43^\circ$). Hidalgo est toujours apparu aux astronomes d'une manière ponctuelle, c'est-à-dire comme un astéroïde classique, et logiquement catalogué comme tel, mais ils n'ont jamais été dupes et ont compris rapidement qu'il s'agissait d'une *ancienne comète dégazée* débarrassée de tous ses éléments volatils, en fait d'une *comète morte*. Avec Hidalgo, il était donc prouvé que si toutes les comètes évoluent (ce qu'on savait déjà), certaines d'entre elles deviennent des astéroïdes à la fin de leur vie active. Découverte fondamentale qui allait se confirmer souvent par la suite.

Les EGA, la preuve astronomique de l'impactisme

La découverte d'Eros ne pouvait rester isolée. Il fallut cependant attendre les années 1930 pour enregistrer une moisson de découvertes qui allait provoquer "le déclic" indispensable dans l'esprit de certains scientifiques et faire ainsi évoluer (très lentement) les mentalités.

En 1932, deux astéroïdes qui ont donné leur nom aux deux premiers types de NEA (sigle de *Near-Earth Asteroid*, astéroïde proche de la Terre) furent découverts coup sur coup : Amor et Apollo. Avec ce dernier, pour la première fois, un astre autre qu'une comète pénétrait à l'intérieur de l'orbite terrestre, et même de celle de Vénus, grâce à des éléments orbitaux étonnants ($a = 1,47$ UA ; $e = 0,56$ et $q = 0,65$ UA). Apollo fut le premier des *géocroiseurs* et aussi le premier EGA (sigle de *Earth-Grazing Asteroid*, astéroïde qui frôle la Terre) connu. Les EGA sont des objets qui ont une distance minimale à l'orbite terrestre inférieure à 0,10 UA (1/10^e d'unité astronomique, c'est-à-dire 15 millions de kilomètres).

L'impactisme planétaire prenait un nouveau départ avec cette constatation remarquable : Apollo frôle les orbites de trois planètes (celles de Vénus, de la Terre et de Mars). L'existence d'objets naturels pouvant heurter les diverses planètes était prouvée. L'origine des cratères lunaires et ceux (soupçonnés seulement à l'époque) des autres planètes et satellites s'éclairait enfin d'une manière simple et lumineuse.

En 1936, Adonis frôla la Terre à 2,2 millions de km le 7 février 1936. Cette annonce fit sensation à l'époque, confirmant la probabilité d'impacts cosmiques sur les quatre planètes intérieures, car Adonis peut également frôler trois planètes.

L'année suivante allait être celle de la découverte de Hermes, repéré le 28 octobre 1937. Cet objet passa à 750 000 km de notre planète le 30 octobre. Il était si rapide dans le ciel (5° à l'heure à l'instant du rapprochement maximal) que les astronomes ne purent le suivre. Il fut perdu pendant 66 ans avant d'être retrouvé en 2003. On sait aujourd'hui qu'il s'agit d'un astéroïde double.

Ainsi, à la fin des années 1930, le paysage avait radicalement changé dans le domaine des astéroïdes. Loin de circuler tous dans l'anneau principal des astéroïdes, certains objets avaient des orbites beaucoup plus petites (et des périodes de révolution beaucoup plus courtes), et pouvaient avoir des approches serrées aux planètes intérieures. Aujourd'hui banale, cette révélation était révolutionnaire. Pourtant, hormis les astronomes, la grande majorité des scientifiques des autres disciplines n'en saisirent pas immédiatement la portée. Et la guerre mit une parenthèse de près de dix ans dans la recherche en général (excepté dans le domaine des armes et les domaines apparentés), et dans la recherche astronomique en particulier.

Les astrolèmes, la preuve terrestre de l'impactisme

La preuve terrestre de l'impactisme fut apportée au début des années 1950 par la découverte des premiers astrolèmes. Des reconnaissances aériennes permirent de repérer sur le territoire américain (États-Unis et Canada) des structures de taille kilométrique, et même décakilométrique, invisibles du sol. Des études complémentaires effectuées sur le terrain confirmèrent la réalité de ces structures d'origine cosmique, puisque formées à la suite d'impacts d'astéroïdes.

La mise au point de techniques multidisciplinaires de recherche, basées surtout sur le métamorphisme de choc, permit d'élargir l'éventail des découvertes qui purent se faire un peu partout, mais en nombre quand même assez restreint. Cela est dû au fait que les formations terrestres, contrairement à celles de la Lune, sont éphémères et sont littéralement "gommées" de la surface terrestre, d'abord par l'érosion, mais aussi par le jeu naturel de la tectonique des plaques qui restructure continuellement la croûte terrestre (continents et fonds des océans).

En un demi-siècle, plusieurs centaines d'astrolèmes ont été recensés (actuellement classés en confirmés, probables, possibles et rejetés), dont 180 définitivement confirmés, mais la moisson est loin d'être close. Car, aujourd'hui, on est en mesure de découvrir des astrolèmes invisibles, même s'ils sont relativement récents à l'échelle astronomique. Dans les années 1990, on a ainsi découvert le fameux astrolème de Chicxulub, d'un diamètre de 180 km et vieux de 65 millions d'années, mais aussi celui de Chesapeake Bay, d'un diamètre de 90 km et vieux de seulement 35 millions d'années. Tous deux sont en corrélation quasi certaine avec la fin de deux périodes géologiques particulièrement importantes, respectivement la fin du Crétacé et la fin de l'Éocène.

Certains astrolèmes géants, repérés par les astronautes lors de diverses missions autour de la Terre, mais aussi par des satellites spécialisés dans l'observation de notre planète depuis les années 1960, restent pour le moment incertains quant à leur origine exacte, mais il est quasiment certain que le XXI^e siècle va permettre d'en authentifier avec certitude quelques-uns de plusieurs centaines de km de diamètre.

Découverte de l'impactisme invisible

L'origine de la radioastronomie remonte à 1931, avec la révélation extraordinaire de l'existence d'ondes venant de l'espace, mais elle ne fut vraiment opérationnelle qu'à partir du début des années 1950, avec le grand redémarrage de la recherche scientifique et surtout avec la mise en place d'instruments géants (les fameux radiotélescopes), capables de scruter l'espace avec une précision inconnue auparavant.

A partir de cette époque, ce fut une cascade de découvertes, mais surtout la mise en évidence fondamentale que *l'Univers est violent*. Tout est violence dans l'Univers, à n'importe quelle échelle de temps ou de lieu, et les radioastronomes eurent vite fait de comprendre que *le cataclysme est la règle dans l'Univers, partout, toujours*. Cette réalité, fondamentale car *elle conditionne à la fois notre passé et notre avenir*, doit être martelée afin d'être comprise par le grand public comme une réalité incontournable à long terme. On sait malheureusement que celui-ci ignore souvent tout de l'astronomie, et plus largement de l'Univers dans lequel il vit, dans lequel il est partie prenante au même titre que tous les autres objets qui le compose : il est *poussières d'étoiles*.

Une révolution scientifique : l'iridium et les dinosaures

L'histoire de l'iridium et des dinosaures est connue du public, car elle a bénéficié d'une médiatisation sans précédent durant les années 1980. Elle est exemplaire dans la mesure où elle a bénéficié d'une recherche multidisciplinaire unique, sujette à de très nombreuses controverses, vu l'importance des conséquences scientifiques, mais aussi *épistémologiques*, qui étaient en jeu. Cela a permis d'obtenir des preuves irréfutables et donc définitives de l'impactisme et du catastrophisme dans toutes les sciences concernées.

On connaît bien aujourd'hui les raisons de la mort des dinosaures et de celle d'une multitude d'autres espèces qui n'ont pas franchi la fameuse frontière géologique Crétacé-Tertiaire (notée K/T). Le responsable est connu : un corps céleste (astéroïde ou comète) d'un diamètre de 10 km environ, la preuve l'est aussi : l'astroblème de Chicxulub au Mexique. De nos jours, la cause astronomique de la fin de l'ère secondaire n'est plus seulement une hypothèse plausible, comme elle l'était déjà durant les années 1970, elle est aussi la confirmation de la réalité de l'impactisme terrestre depuis la création du Système solaire, avec les conséquences terrestres mais aussi biologiques qui en découlent.

Les météorites de l'armée américaine et l'ennemi extérieur

En 1993, les militaires américains créèrent une vive surprise en annonçant à la presse que la Terre était continuellement heurtée par des corps célestes d'une dizaine de mètres qui explosent dans l'atmosphère sans laisser de traces (5).

Pour comprendre la raison et l'importance de ces révélations, impensables dix ans plus tôt, il faut savoir que toutes les observations militaires étaient "top secret" et ne sortaient donc jamais des bureaux d'études de l'armée. Cette manie du secret, dada des militaires de tous les pays, fut levée avec

la fin de la guerre froide, et surtout à la suite d'un changement radical de la stratégie des militaires américains, à la recherche d'un nouvel ennemi crédible pour justifier le budget colossal et très disproportionné avec la menace réelle que constituaient leurs divers ennemis potentiels au début des années 1990.

Les militaires américains trouvèrent rapidement le nouvel ennemi providentiel sous la forme de " *l'ennemi extérieur* ". La découverte de très nombreux astéroïdes pouvant frôler la Terre à partir de 1989 fut une véritable révélation pour les stratèges militaires américains qui devinrent très rapidement (pragmatisme oblige !) le sponsor n° 1 de la recherche de tels objets, non sans arrière-pensées, on s'en doute. C'est ainsi qu'ils lancèrent, en partenariat avec la NASA, caution scientifique, le fameux programme NEAT en 1994, destiné à compléter le programme purement scientifique du même type mené depuis 1989 à Kitt Peak avec le télescope automatique Spacewatch, par l'équipe de Tom Gehrels (1925-2011).

En 1996, c'est l'US Air Force qui lança indépendamment son programme de recherche LINEAR, à Socorro au Nouveau-Mexique, qui a connu depuis un succès incroyable par son ampleur (plus de 1500 NEA découverts à lui tout seul en dix ans).

C'est donc dans ce contexte de " *restructuration idéologique* " que l'annonce de la menace céleste fut annoncée à une presse incrédule. Quelles furent les révélations de l'armée américaine ? En gros, celles-ci : entre 1975 et 1992, ses satellites d'observation (satellites espions pour parler clair) avaient enregistré pas moins de 136 explosions de grosses météorites dans la haute atmosphère terrestre, libérant chacune une énergie comparable à celle des bombes atomiques terrestres. C'était une révélation dans la mesure où les astronomes eux-mêmes n'avaient jamais enregistré ces soi-disant explosions. On voit comment une simple retombée de l'espionnage militaire montrait l'incapacité des scientifiques à enregistrer une multitude d'impacts, dont certains à moyen terme pourraient s'avérer dangereux pour la Terre elle-même.

Par cette annonce spectaculaire et savamment programmée, puisque destinée à se donner un petit vernis scientifique, l'armée américaine se présentait comme un partenaire incontournable. Partenaire qui a rapidement délimité son propre champ d'action : la destruction de tous les objets menaçants venant de l'espace, avec le corollaire à peine caché : la fabrication des armes (nucléaires) capables de les éliminer ou de les détourner sur une orbite sans danger. C'est ainsi que l'armée américaine s'est auto-proclamée comme le défenseur universel de la planète. Et le pire, c'est que l'on sera bien content de la trouver un jour, dans un avenir peut-être pas très lointain, pour faire ce travail de destruction devenu indispensable.

Les scientifiques ont repris les données des militaires pour les analyser. En fait, il s'avère que la grande majorité de ces impacts atmosphériques passent

complètement inaperçus du sol. Un tel impact ne dure que quelques secondes, et il a lieu souvent au-dessus d'un océan ou d'un lieu désert. Les relevés des militaires ont permis de faire des statistiques précises. Chaque année, donc, furent enregistrées en moyenne huit météorites dont la puissance était supérieure à 500 tonnes de TNT, pouvant aller jusqu'à 15 000 tonnes (30 fois plus). Ces statistiques concernent les impacts atmosphériques observés, car les militaires l'ont avoué (étonnamment), la cadence du balayage des satellites était telle, qu'en fait, compte tenu de la brièveté du phénomène, seulement un impact terrestre sur dix a été enregistré. Et en prime on a su que sur les 136 explosions enregistrées dans le domaine infrarouge, seules trois ont pu être enregistrées par le capteur en lumière visible.

Parmi les 136 explosions recensées entre 1975 et 1992, trois ont été particulièrement importantes. Une le 15 avril 1988 au-dessus de l'Indonésie (la seule des 136 qui ait été observée sous la forme d'un bolide aussi brillant que le Soleil pendant une seconde), une autre le 1^{er} octobre 1990 dans l'ouest du Pacifique, et enfin une troisième le 4 octobre 1991 dans l'Atlantique nord. Ces trois explosions concernaient des objets d'une dizaine de mètres de diamètre moyen.

L'armée américaine a aussi révélé qu'un astéroïde d'une vingtaine de mètres aurait explosé dans la haute atmosphère le 3 août 1963 entre l'Afrique du Sud et l'Antarctique, mais cette information était, elle aussi, restée secrète jusqu'à ce qu'elle soit, comme toutes les autres, "déclassée".

L'armée américaine s'est auto-proclamée responsable de la sécurité terrestre. On devine aisément la suite. Les Chinois et les Russes, avec un minimum de retard quand même, se sont trouvés très intéressés par "*l'ennemi extérieur*". Les Chinois ont mis en route un programme de détection d'astéroïdes proches et de comètes et préparé eux aussi le matériel (militaire) pour détruire un éventuel objet menaçant. Les Russes n'ont pas voulu être en reste et ont recyclé leurs armes pour les pointer éventuellement vers le ciel. L'ennemi extérieur aura été pour tous les militaires des grands pays une véritable aubaine...

En résumé, cet épisode des "météorites américaines" aura été fort utile quand même pour prouver définitivement que, quasiment chaque semaine, un objet cosmique de dix mètres de diamètre rentre dans l'atmosphère terrestre, fréquence totalement insoupçonnée avant l'existence de satellites espions spécialisés.

L'impactisme microscopique est permanent, quotidien. En principe, il n'a aucune conséquence. En principe seulement, car certains astronomes croient que la poussière cosmique pourrait être un vecteur privilégié de la panspermie microbienne.

SL9 : la preuve en direct de l'impactisme planétaire

A peine éteinte, la longue polémique concernant l'extinction massive de la fin de l'ère secondaire, qui fut le premier problème scientifique traité d'une manière résolument multidisciplinaire, les astronomes ont eu une chance unique : l'observation en direct de l'impact d'une comète (ou plus exactement de ses fragments), la célèbre P/Shoemaker-Levy 9, SL9 en abrégé, sur Jupiter en juillet 1994 (6). Cet événement eut une importance considérable pour l'évolution des idées et pour la "promotion" de l'impactisme. L'extrait suivant d'un article sur le sujet (7), écrit trois mois avant l'impact, résume bien ce danger potentiel, fréquent à l'échelle astronomique.

" L'IMPACTISME PLANÉTAIRE : LA PREUVE EN DIRECT AVEC SL9

L'impact de la vingtaine de fragments de la comète P/Shoemaker-Levy 9 (en abrégé SL9) sur Jupiter entre le 16 et le 22 juillet 1994 est un événement exceptionnel et d'une importance considérable. C'est la preuve en direct de la réalité actuelle de l'impactisme planétaire. Cet impactisme si longtemps contesté et décrié, mais qui conditionne, qui a toujours conditionné depuis plus de 4 milliards d'années, l'évolution des planètes du Système solaire, et en particulier celle de la Terre, avec les incidences (les conséquences souvent) biologiques que cela implique dans certains cas.

Cette collision des fragments de SL9 dépasse de surcroît tout scénario crédible qu'un auteur de science-fiction actuel aurait pu imaginer : 20 mini-comètes au minimum, avec des diamètres s'échelonnant entre quelques centaines de mètres et 4 km pour le fragment majeur, vont heurter une seule planète en une semaine...

SL9 est en orbite autour de Jupiter depuis sa capture (en non plus en orbite autour du Soleil) et sa vitesse d'impact est très importante (60 km/s), le triple de celle que l'on retient en général comme moyenne pour les impacts terrestres. On sait qu'une vitesse triple entraîne une énergie cinétique multipliée par 9. L'énergie totale libérée par cette vingtaine d'impacts sera très importante à l'échelle terrestre, mais relativement modeste à l'échelle de Jupiter. Comme la planète géante n'a pas de surface solide accessible, seuls des effets atmosphériques seront enregistrés et ils ne seront que de courte durée (quelques semaines sans doute).

On ignore la densité exacte des fragments de SL9, mais les chiffres actuellement retenus (de 0,3 à 0,5 g/cm³) pourraient être

en deçà de la réalité. Si l'on retient pour le fragment majeur les valeurs suivantes : diamètre = 4,0 km, densité = 0,5 et vitesse d'impact = 60 km/s, on obtient une énergie cinétique de 3,02²² joules, soit environ 7 millions de mégatonnes de TNT. Pour la dizaine de fragments voisins de 1,0 km de diamètre moyen, on obtient pour chacun une énergie cinétique de 4,71²⁰ joules, soit 110 000 MT de TNT. Pour les petits fragments de 500 mètres, l'énergie tombe à 5,89¹⁹ joules (14 000 MT) l'unité.

Tous ces chiffres parlent d'eux-mêmes : un tel impact multiple sur la Terre eût entraîné la fin de notre monde, ou tout au moins celle de notre civilisation. Car il ne faut pas se le cacher : un tel bombardement cosmique sur la Terre, à l'époque actuelle, serait imparable. Un seul objet menaçant détecté à l'avance, même volumineux (comme SL9 avant sa fragmentation) pourrait probablement être détruit ou dévié, mais 20 fragments arrivant en même temps (comme ceux de SL9 après sa fragmentation) n'auraient jamais pu être interceptés dans leur totalité. La collision de SL9 sur Jupiter est une chance unique pour les astronomes qui vont l'étudier en grand détail. Sur Terre, c'eût été l'Apocalypse ! On comprendra mieux après coup l'intérêt extrême de cet événement inattendu pour la compréhension de notre vraie place dans l'univers cataclysmique dans lequel nous vivons : une place tout à fait insignifiante et provisoire, qui peut être remise en question sur un coup unique du destin (pas par la volonté d'une divinité quelle qu'elle soit !). Cet impact en direct éclaire ce qui s'est passé maintes et maintes fois au fil du temps astronomique sur chacune des planètes. Il explique (s'il en était encore besoin) de façon lumineuse les morts en masse quasiment instantanées que des générations de catastrophistes terrestres ont mis progressivement en évidence et cela malgré un environnement intellectuel souvent hostile. Quelle leçon ! "

La première bible : Hazards due to comets and asteroids

Dans les années 1980, il est enfin apparu à la communauté scientifique au sens large que le danger potentiel présenté par les astéroïdes et les comètes avait été terriblement sous-estimé, et qu'une approche plus pragmatique du sujet était indispensable. Au cours des années 1990, plusieurs rencontres internationales multidisciplinaires permirent de confronter les divers points de vue et de mettre au point les diverses mesures envisageables devant la menace d'un NEO (sigle de *Near-Earth Object*) devenu vraiment menaçant.

En conclusion des quatre premières de ces rencontres très constructives et enrichissantes pour les participants, qui étaient loin d'être tous des procatastrophistes, est parue en 1994 la première synthèse scientifique, *Hazards due to comets and asteroids* (8) , un livre de plus de 1300 pages,

considéré comme la première "bible" sur le sujet, auquel ont participé 120 auteurs. La lecture de ce livre fait comprendre les fantastiques progrès enregistrés en une seule génération, et le fait que les scientifiques aient dû abandonner une partie de leurs prérogatives aux militaires. Certains chercheurs le regrettent, mais en fait c'est un problème de sagesse, obligatoire si l'on se place au niveau politique. Car le danger existe, et peut-être dès les prochaines décennies, on sera bien content que les militaires américains ou/et (et, car l'urgence l'exigera peut-être) russes et chinois soient en mesure d'intervenir pour éviter une catastrophe, sinon planétaire, du moins locale, qui pourrait exterminer des milliers, sinon des millions de personnes. Prévoir et être en mesure d'agir, la quasi-totalité des spécialistes savent bien qu'il est indispensable de dépasser aujourd'hui le domaine strictement scientifique pour privilégier la survie de l'espèce humaine.

L'école britannique néo-catastrophiste

Cette "école" de scientifiques britanniques (connue sous le nom de *British Neo-Catastrophist School*), regroupe surtout des astronomes partisans de la théorie du "catastrophisme cohérent" (9), c'est-à-dire qui veut prendre en compte tous les phénomènes se rattachant au catastrophisme, en particulier les événements *historiques* laissés totalement de côté par les scientifiques qui ignorent tout (ou veulent tout ignorer, ce qui revient au même) des mythes et de l'histoire ancienne. L'approche nouvelle et pragmatique des chercheurs britanniques constitue un progrès énorme pour la recherche de la vérité, même si celle-ci est dure à mettre en évidence.

Sous l'impulsion de Victor Clube et Bill Napier, qui ont publié deux livres essentiels sur le sujet : *The cosmic serpent* en 1982 (10) et *The cosmic winter* en 1990 (11), de nombreux éléments de recherche ont été mis en œuvre, notamment *les causes astronomiques* des événements qui ont eu lieu au cours des 12 000 dernières années, et qui ont été perpétués, de génération en génération, sous forme de légendes dans les mythologies des peuples du monde entier. Des chercheurs plus jeunes, comme Duncan Steel (12), Mark Bailey et David Asher, fervents partisans du catastrophisme historique, réussiront peut-être à trouver des preuves irréfutables.

Cette approche pragmatique est vigoureusement combattue par les chercheurs traditionalistes (13), et par les mandarins de l'impactisme qui défendent leurs acquis, difficilement gagnés en vingt ans d'un travail réellement remarquable, et qui voient d'un mauvais œil des confrères plus modernes, qu'ils traitent d'ailleurs de pseudo-scientifiques, voulant aller encore plus loin, au risque de les "ringardiser" à court terme. Beaucoup préfèrent profil bas pour conserver un semblant de notoriété.

Surtout que certains des néo-catastrophistes, souvent des spécialistes des NEO et qui savent donc bien que l'ancienne échelle des fréquences d'impact est totalement obsolète (les météorites de l'armée américaine l'ont encore démontré), ne s'embarrassent pas de préjugés et sont prêts à réexaminer des tabous scientifiques, comme le site de Stonehenge et l'ancienneté du Sphinx.

C'est pourtant en allant au maximum des possibilités d'investigation que sortira la vérité, même si certaines allégations un peu osées ne sont pas confirmées dans l'avenir.

Il faut donc saluer comme il se doit l'approche résolument moderne des chercheurs de l'école britannique. Ils essaient de faire sauter le dernier verrou psychologique qui entrave encore la connaissance de notre histoire cosmique. Dès que ce verrou psychologique aura sauté, et il sautera par la force des choses et probablement grâce à eux, les progrès devraient suivre très vite. Une collaboration multidisciplinaire, comme celle qui a conduit à la découverte du cratère de Chicxulub, permettra de renverser enfin tout un pan de pesanteurs archaïques et obscurantistes issues du milieu scientifique lui-même, et débouchera sur *une véritable révolution culturelle* sans précédent sur le plan historique. Les cataclysmes d'origine cosmique éclairent l'histoire des hommes.

Un danger qui se précise

Les Américains, qui sont des gens pragmatiques, ont fait une étude quasi exhaustive du problème. Un résumé succinct est paru en 1994 dans un très intéressant petit livre : "*The threat of large Earth-orbit crossing asteroids*" (14), comme conclusion des travaux d'une commission d'enquête diligentée par le Congrès américain et destinée à cerner l'essentiel du danger causé par les astéroïdes et les comètes qui s'approchent près de la Terre (les fameux NEO) et les moyens à mettre en œuvre pour y remédier.

En dix ans, il y a eu un revirement spectaculaire des mentalités, à la fois sur un plan strictement scientifique, ce qui était la moindre des choses, mais aussi militaire et politique.

L'utilité du réseau international Spaceguard

D'abord, la commission d'enquête a définitivement admis l'utilité du réseau *Spaceguard*, envisagé par les scientifiques dès le milieu des années 1980. Ce réseau a pris progressivement une forme plus élaborée, plus officielle, plus internationale, notamment sous l'impulsion de l'Union Astronomique Internationale (UAI) et du Congrès des États-Unis. Et en 1996, il a été mis en place, sur un plan international, une "*Fondation Spaceguard*" dont la mission est de coordonner les recherches et les différents travaux concernant ce domaine devenu sensible.

L'Europe politique a suivi et l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe a publié une résolution n° 1080 du 20 mars 1996 sur le sujet (15). En voici quelques extraits :

" Étant donné que l'explosion à proximité de la Terre d'un objet ayant un diamètre d'à peine 60 mètres peut avoir l'effet d'une bombe nucléaire de 10 mégatonnes, toute collision avec un objet de taille supérieure aurait des conséquences catastrophiques

à l'échelle de la planète... Le volume considérable d'informations qu'on a rassemblé ces dernières années sur les collisions d'astéroïdes et de comètes indique que celles-ci peuvent provoquer des catastrophes écologiques à grande échelle et à long terme, entraînant parfois la disparition totale d'espèces. Ces collisions constituent donc une grave menace pour nos civilisations... L'Assemblée incite les gouvernements des États membres, ceux qui bénéficient d'un statut d'observateur, et l'Agence spatiale européenne, à favoriser la mise en place et le développement de cette fondation de veille spatiale, et à apporter tout le soutien nécessaire à un programme international qui permette : de dresser un inventaire des objets proches de la Terre aussi complet que possible... et de contribuer à l'élaboration d'une stratégie mondiale à long terme de réaction en cas de possibilité de collision. "

Ce revirement est vraiment significatif d'une prise de conscience d'un danger qui paraît plus proche depuis la multiplication des découvertes de petits NEA par les télescopes automatiques. Plus de 8000 sont connus en 2011, parmi lesquels plus de 1200 PHA (sigle de *Potentially Hazardous Asteroid*), les astéroïdes potentiellement dangereux pour la Terre, c'est-à-dire 1 NEA sur 7. Les programmes militaro/scientifiques américains ont clairement montré que le Système solaire est un véritable billard cosmique et que la Terre, comme les autres planètes et satellites, est à la merci d'une collision, même s'il ne s'agit que d'une pichenette à l'échelle terrestre.

Le nombre d'objets existants : une inquiétante inflation

L'extraordinaire augmentation du nombre de NEA découverts depuis le début des années 1980, et surtout depuis le début des années 2000, a obligé les spécialistes à revoir sérieusement à la hausse leurs statistiques sur le nombre d'objets existants et donc à recenser.

Les chiffres sont impressionnants et les spécialistes (et leurs instruments) vont avoir du travail. Les experts de la NASA tablent sur les chiffres suivants pour la population de *géocroiseurs* (c'est-à-dire les *astéroïdes* qui pénètrent à l'intérieur de l'orbite terrestre) : objets de 2 km = 400 ; de 1 km = 2100 ; de 500 m = 9200 ; de 100 m = 320 000 et de 10 m = 150 millions. Pour les NEC (sigle de *Near-Earth Comet*), les comètes à courte période (moins de 200 ans) qui pénètrent à l'intérieur de l'orbite terrestre, ils retiennent les chiffres suivants : objets > 1 km = 30 ± 10 ; de > 500 m = 125 ± 30 et de > 100 m = 3000 ± 400 . Les *comètes actives* ne représentent donc qu'une petite partie du total des NEO d'après les statistiques, mais il faut bien savoir que de nombreux NEA sont *d'origine* cométaire.

Le nombre d'objets minuscules est impressionnant : 150 millions auraient un diamètre de l'ordre de 10 mètres, ce qui est tout à fait considérable. Heureusement que, sauf exception, ils n'atteignent pas le sol. Ceux de 100 mètres restent extraordinairement nombreux : 320 000. Ce nombre

paraît un peu exagéré, et certains se demandent s'il ne faut pas y voir la "patte" des militaires qui font le forcing pour imposer leurs vues (la mise au point d'armes spécialisées pour les détruire). Car un objet de 100 mètres qui doit heurter la Terre devra obligatoirement être détruit ou détourné, sous peine de conséquences terrestres inimaginables, surtout si l'impact est océanique (16).

Les responsables du réseau *Spaceguard* se donnent un quart de siècle pour découvrir 95 % des objets de 100 mètres et plus, sachant qu'obligatoirement certains passeront à travers les mailles de leurs filets. Mais bien que les découvertes s'accélèrent, on est encore pour le moment très loin du compte. Dès le début des années 1990, les spécialistes tablaient sur 100 nouveaux NEA chaque année. Cet objectif optimiste n'a été dépassé qu'en 1998 grâce au programme LINEAR, mais depuis 2004 ce sont plus de 500 objets nouveaux par an qui ont été découverts par les stations spécialisées. Celles-ci sont toutes américaines, sauf une australienne, et aucune européenne, les Européens s'abritant sans trop de complexes derrière le "bouclier" américain. La liste des objets connus doit être mise à jour quotidiennement, car on découvre *plus de deux NEA par jour* en 2011, certains ne dépassant pas quelques mètres. Mais il faut bien savoir que le bilan ne sera jamais définitif, d'autant plus qu'il faut tabler sur un *renouvellement* constant.

La menace du ciel : une réalité pour demain

Dans les années 1990, un peu à la surprise des spécialistes qui travaillaient dans l'ombre pour faire connaître leur travail et le danger potentiel des NEO, la menace du ciel est quasiment devenue un fait de société, parfaitement assimilé dans les civilisations évoluées comme les nôtres. " *Le cataclysme est possible, probable à long terme puisque les scientifiques l'affirment, mais cela ne nous concerne pas vraiment à l'échelle humaine. Le drame est à venir pour les générations futures qui aviseront en temps utile* ". Tel est le credo que l'on entend généralement.

Des dizaines de livres et d'articles sont parus pour vulgariser le domaine de l'impact cosmique et ses conséquences. Celles-ci sont presque toujours sous-estimées, notamment les conséquences humaines et économiques. Seuls quelques chercheurs ont envisagé un impact d'envergure dans un pays surpeuplé, dans lequel la nourriture post-impact ferait défaut pour assurer le minimum vital aux nombreux survivants. Famine, épidémies, guerre civile, tout cela paraît si irréel, si peu probable à l'échelle humaine. Le cataclysme cosmique est juste bon pour "frissonner" au cinéma avec des films catastrophe comme *Deep impact* et *Armageddon*, sortis sur les écrans en 1998, et qui ont pris la relève de *Meteor*, sorti en 1979. Ainsi les jeunes ont pu, à leur tour, assimiler l'essentiel : l'existence de comètes et d'astéroïdes menaçants pour la Terre. Ils ont appris que l'homme est capable de venir à bout du danger et que de toute manière *il survivra* s'il y a impact. Conclusion : la menace du ciel ne fait pas vraiment peur aux Terriens du début du XXI^e siècle. Seul un impact annoncé pourrait créer une panique dont on n'a même pas idée.

Le cataclysme, force de destruction et force de création

Il est nécessaire de revenir sur la découverte peut-être la plus difficile à faire admettre, sinon à la communauté scientifique, tout au moins à l'homme de la rue qui ignore tout de l'astronomie, de la géologie et de la paléontologie : *le cataclysme est une force de création*. Tout le monde admet sans difficulté que le cataclysme est *une force de destruction*. Chaque année, sur la Terre, des cataclysmes comme des éruptions volcaniques, des tremblements de terre, des inondations dévastatrices et bon nombre d'autres catastrophes sont responsables de nombreuses pertes humaines et causent la ruine de milliers de personnes.

Faire admettre, par contre, que le cataclysme est aussi *une force de création* (17) est une tout autre histoire, et il a fallu attendre les années 1970 pour que ce concept révolutionnaire soit envisagé. A l'échelle humaine, c'est-à-dire à celle du siècle, il est incontestable que la force de destruction dépasse nettement la force de création.

Mais il faut élargir le débat et se rendre compte que l'échelle humaine n'est que le temps d'un éclair si l'on se place déjà à celle du Système solaire et de ses 4,6 milliards d'années. L'évolution biologique a pu trouver à cette nouvelle échelle un espace de temps pour démarrer, s'installer, grandir, prospérer. Mais cette évolution a *bénéficié* de cataclysmes cosmiques très nombreux, qui en libérant des niches écologiques précédemment occupées par des espèces conquérantes, et peu disposées à partager le territoire disponible avec des espèces nouvelles, ont permis une explosion de la vie toujours orientée vers une complexité accrue. Les scientifiques savent bien que le passé explique le présent. Il faut donc prévoir le pire, car le pire est à venir. Le pire pourrait être la disparition pure et simple de l'espèce humaine.

Notes

1. W. Chorlton et autres, *Les périodes glaciaires* (Time-Life, 1984). Titre original : *Ice Ages* (1983).
2. A. Capart et D. Capart, *L'homme et les déluges* (Hayez, 1986). Un livre essentiel pour comprendre la dernière glaciation et la déglaciation qui a suivi. La géographie de la Terre a été totalement bouleversée avec la remontée des océans de plus de 100 mètres et la disparition progressive du talus continental.
3. J.-C. Merlin, *Les astéroïdes*, Tessier & Ashpool, 2003.
4. Signification de quelques abréviations utilisées en astronomie : a = demi-grand axe en UA (unité astronomique = distance moyenne au Soleil) ; q = distance périhélique ; Q = distance aphélique ; e = excentricité de l'orbite ; i = inclinaison de l'orbite ; D_m = distance minimale à une orbite ; MK = millions de kilomètres ; MA = millions d'années.
5. R. de la Taille, *Météorites, les Américains lèvent le secret*, Science et Vie, 919, pp. 44-49, 1994.

6. J. Spencer and J. Mitton (eds), *The great comet crash : the impact of comet Shoemaker-Levy 9 on Jupiter* (Cambridge University Press, 1995). Pour (presque) tout savoir sur ce cataclysme unique.
7. M.-A. Combes et J. Meeus, *Chronique des objets AAA (n° 9)*, Observations et Travaux, 38, 1994.
8. T. Gehrels (ed.), *Hazards due to comets and asteroids* (University of Arizona Press, 1994). Il s'agit d'un ouvrage collectif de 1300 pages auquel 120 auteurs ont participé. C'est le livre le plus complet jamais écrit sur le sujet.
9. J. Gribbin and M. Gribbin, *Fire on Earth : doomsday, dinosaurs, and humankind* (St Martin's Press, 1996).
10. V. Clube and B. Napier, *The cosmic serpent* (Faber & Faber, 1982). Malheureusement, ce livre important n'a pas été traduit en français et n'a pu toucher le grand public.
11. V. Clube and B. Napier, *The cosmic winter* (Blackwell, 1990). Ce livre est paru en français, en mars 2006, seize ans après la version originale, sous le titre *Hiver cosmique*, aux éditions Le Jardin des Livres. Il ne pouvait être question de l'actualiser. Il est paru comme un livre "historique" dans la collection Référence.
12. D. Steel, *Rogue asteroids and doomsday comets* (Wiley, 1995).
13. D. Morrison, *Is the sky falling ?*, Skeptical Inquirer, pp. 22-28, may/june 1997. Article écrit par un grand spécialiste des astéroïdes, mais qui refuse d'aller aussi loin que les néo-catastrophistes.
14. NASA, *The threat of large Earth-orbit crossing asteroids* (U.S Government Printing Office, 1993). Ce livre édité par la NASA regroupe plusieurs documents parus séparément, notamment le rapport du Congrès américain sur le sujet (daté de mars 1993), celui concernant " *The Near-Earth Object interception workshop* " (daté d'août 1992) et le " *Spaceguard survey* " (daté de janvier 1992).
15. A.-C. Levasseur-Regourd et Ph. de La Cotardière, *Les comètes et les astéroïdes* (Seuil, S117, 1997). Citation p. 180.
16. D. Morrison (ed.), *Spaceguard survey : Report of the NASA international Near-Earth Object detection workshop* (NASA, 1992).
17. D.H. Levy, *Comets : creators and destructors* (Simon & Schuster, 1998).

CHAPITRE 5

COMÈTES ET ASTÉROÏDES : LA MENACE DU CIEL

Un danger connu depuis la nuit des temps

Les comètes sont connues depuis la plus haute Antiquité (1/2). Elles ont toujours été considérées avec crainte par les peuples anciens et ceux du Moyen Age (3) qui les soupçonnaient, et peut-être pas toujours à tort, d'apporter sur Terre toutes sortes de maladies et notamment la peste.

Leur intérêt auprès des foules les plus ignorantes des choses de l'astronomie est toujours venu, bien sûr, de leur aspect spectaculaire et parfois effrayant. Il suffisait de regarder le ciel nocturne avec un minimum d'attention pour détecter ces visiteuses indésirables, dont l'éclat pouvait souvent être comparé à celui des étoiles les plus brillantes.

Les comètes ont fait fantasmer toutes les générations de scientifiques depuis plus de 2500 ans avec l'émergence de la science grecque. Aristote (384-322) a observé, encore enfant, la fameuse comète qui porte son nom. Pline l'Ancien (23-79) a rappelé l'existence de la "comète terrible" qui a ravagé l'Égypte et coloré la mer Rouge, lui donnant son nom. Beaucoup plus tard, c'est William Whiston (1667-1752) qui a fait des comètes l'instrument du Déluge et de la fin du monde à venir.

A toutes les époques, les comètes ont fait peur. La comète, c'est la peur du cataclysme, c'est la peur d'un monde inconnu, c'est la peur du monde extérieur, c'est la matérialisation de la colère divine. Dans son livre sur le sujet, *Le retour de la comète*, Jean-Marie Homet explique fort bien ce phénomène sociologique, quasiment obligatoire avant l'époque scientifique, et qui a même survécu bien après :

" Les inondations, la sécheresse, les orages, les vents, le froid, la chaleur, la mort des personnages illustres, c'est la comète. Les incendies, les tremblements de terre, les raz de marée, les ouragans, c'est la comète. Les guerres, les défaites, les meurtres, les crimes, les hérésies, c'est la comète. Elle annonce tout, elle informe de tout, elle est la cause de tout. Elle est à la fois la parole et la main de Dieu, courroucé par le comportement des hommes. En effet, la comète est perçue comme le signe de la colère divine et une punition nécessaire. " (4)

Il faut avoir à l'esprit ce parti pris anti-comète (cette peur) venu du fond des âges pour bien comprendre l'importance de la découverte fondamentale de Edmond Halley (1656-1742) : les comètes sont *des astres périodiques comme*

les autres, dont on peut prévoir le retour. Ce fut une véritable révolution épistémologique, en 1759, quand la comète annoncée par Halley réapparut dans le ciel près de la position et dans les délais annoncés.

Anatomie et composition des comètes

Plusieurs milliers de spécialistes, depuis des siècles, ont fait le maximum pour que les comètes soient enfin compréhensibles par les hommes, pour qu'elles laissent déchiffrer les détails cachés de leur anatomie et de leur composition. Ce n'est que dans le dernier quart du XX^e siècle que des progrès décisifs ont pu être accomplis, notamment grâce aux sondes spatiales envoyées à la rencontre de P/Halley lors de son passage près du Soleil en 1986.

Les différents modèles de noyaux

On sait depuis longtemps que les noyaux cométaires sont des petits corps célestes, d'un diamètre ordinairement de taille kilométrique ou moins souvent décakilométrique, constitués principalement de glace d'eau, de roches et de poussières dans des proportions variables. Exceptionnellement on peut découvrir des objets cométaires minuscules mais ce sont des fragments très récents à l'espérance de vie très faible.

Progressivement, à partir de ce constat sommaire, plusieurs modèles ont été proposés pour répondre aux observations (5/6), sans jamais perdre de vue que, là comme ailleurs en astronomie, la réalité peut être multiple et évoluer avec le temps. Ainsi un noyau "nouveau" est très différent d'un noyau "usé" qui devient progressivement astéroïdal (7) quand il a perdu la quasi-totalité de ses éléments volatils.

On reconnaît actuellement quatre principaux modèles de noyaux. Selon leur configuration, leur densité et leur composition, les conséquences en cas d'impact peuvent être différentes.

– **Le conglomérat de glaces.** C'est le fameux modèle de la *boule de neige sale*, proposé par Fred Whipple (1906-2004) en 1950. En fait, il s'agirait d'un mélange de glace d'eau, de grains de poussière de toutes tailles, de dioxyde de carbone et d'autres gaz gelés, avec parfois des molécules plus complexes, comme le formaldéhyde et le cyanoacétylène. Selon les spécialistes actuels, les éléments volatils n'existeraient pas sous la forme de glace pure, mais sous celle d'*hydrates* et de *clathrates* (8).

– **L'agrégat de flocons.** C'est le modèle fractal, proposé par Bertram Donn en 1985. Des flocons de matière interplanétaire et interstellaire s'agglutinent pour former des corps de taille cométaire.

– **L'amoncellement de débris primitifs.** C'est le modèle de l'empilage progressif de blocs primordiaux et hétéroclites, proposé par Paul Weismann en 1986.

– **Le modèle mixte** : roches + glace collée. C'est le modèle mi-roches/mi-glaces, proposé par Tomas Gombosi et Harry Houpis en 1986 (9), et qui paraît le mieux répondre à la majorité des observations. C'est un agglomérat de particules d'origines diverses, liées entre elles par un "ciment" et qui peuvent retrouver leur autonomie après une fragmentation ou une désintégration. Des parties de comètes (les roches) n'ont pas d'activité cométaire, seules les parties glacées sont soumises à la sublimation.

L'activité des noyaux

Depuis l'observation de P/Halley en 1985-1986, on a eu la confirmation que l'activité cométaire prend naissance dans un nombre limité de zones à la surface du noyau et uniquement du côté tourné (chauffé) vers le Soleil. Cette activité se caractérise par des émissions de matière (poussières) et de gaz à partir des quelques *plages actives*. Les spécialistes des comètes ont noté que les jets se désactivent rapidement lorsque les plages actives retournent dans l'hémisphère non éclairé, du fait d'un phénomène classique et bien connu de *recondensation*.

L'activité cométaire est très variable selon l'âge de la comète, ce qui paraît assez logique. Les comètes neuves, même minuscules comme C/Sugaino-Saigusa-Fujikawa (diamètre de 800 mètres seulement), ont une activité maximale pouvant atteindre de 40 à près de 100 % de la surface. P/Halley, comète à mi-vie active, avait une fraction active de 20 % environ à son dernier passage, ce qui n'est pas négligeable. Par contre, les comètes *usées*, comme P/Schwassmann-Wachmann 1 ou P/Encke, n'ont plus que 1 ou 2 % de surface active. Les comètes à l'agonie (qui sont déjà quasi astéroïdales), comme P/Neujmin 1, P/Tempel 2, P/Arend-Rigaux ou C/IRAS-Araki-Alcock, ont moins de 1 % de surface active. Ces comètes sont presque des comètes *mortes*, ou seulement *en sommeil* pour certaines, car un impact peut percer parfois la croûte protectrice accumulée au fil des passages près du Soleil et libérer provisoirement un résidu de matières volatiles. On a quelques exemples de ces "réveils", toujours de courte durée.

La sublimation des éléments volatils

Au fur et à mesure qu'une comète se rapproche du Soleil, son noyau se réchauffe. Vers 600 MK (soit environ 4,0 UA), les glaces sont sujettes à la *sublimation*, libérant par là même une quantité variable de gaz et de poussières. C'est ainsi que se forme progressivement la *chevelure* de la comète dont le diamètre peut approcher 100 000 km, et même plus dans certains cas. Dans un deuxième temps, c'est la queue qui se forme à partir de la chevelure, une queue *double*, on le sait, l'une dite *queue de plasma* et l'autre dite *queue de poussières*.

La sublimation des éléments volatils (10) est la conséquence directe du chauffage du noyau par le Soleil. Ces éléments volatils donnent d'abord des *molécules mères* (du genre HCN, H₂O, CO, CO₂, CH₃OH, H₂CO), qui elles-mêmes se dissocient en *molécules filles*, qui sont des radicaux, des ions et

des atomes (du genre CN, H, OH, O, CO⁺, C, CO, CH, CH₃O). Toute cette matière est libérée dans l'espace et vient enrichir la poussière cosmique au sens large. Quand la sublimation ne peut plus se faire (comètes mortes ou en sommeil), la comète se présente sous la forme d'un *astéroïde cométaire* qui est le stade final avant la désintégration, ou éventuellement l'impact cosmique.

Les fortes approches des comètes à la Terre

L'apparition des ordinateurs et des logiciels de calcul a facilité d'une manière incroyable le calcul des orbites cométaires, permettant d'atteindre une précision impensable jadis. Il a été possible de calculer toutes les approches à la Terre pour toutes les comètes connues depuis l'Antiquité, mais avec une précision différente selon le nombre d'observations disponibles pour chacune d'entre elles. Pour les comètes anciennes, on doit se limiter souvent à trois ou quatre bonnes observations qui ne permettent d'obtenir que des éléments orbitaux approximatifs, et donc des approches du même ordre. Par contre, pour les approches modernes, ces approches sont souvent connues avec une grande précision.

Les approches *sûres* recensées à moins de 15 millions de km (= 0,100 UA) de la Terre, ce que l'on considère comme des *fortes* approches (11) sont rares. On en compte seulement une vingtaine, ce qui est vraiment très peu, et montre bien que les approches serrées des comètes actives à notre planète sont beaucoup plus rares que celles des astéroïdes (astéroïdes *cométaires* inclus) qui se chiffrent, elles, par *milliers par siècle*. On connaît également une douzaine d'autres fortes approches possibles antérieures à l'année 1500, mais les éléments orbitaux qui ont servi pour les calculs sont peu fiables et ces approches sont citées uniquement à titre d'information.

Historique des huit très fortes approches cométaires à la Terre

Sur les vingt fortes approches certaines recensées, seulement huit sont considérées comme des très fortes approches, inférieures à 7,5 millions de km (= 0,050 UA = 1/20 d'unité astronomique). Ce sont les suivantes (12/13).

– **1P/Halley**. La plus célèbre des comètes est connue depuis l'Antiquité (14/15) et ses trente approches près du Soleil depuis 240 av. J.-C. ont pu être calculées avec précision à partir des années 1970. Elle a eu trois fortes approches, mais une seule très forte, celle du 10 avril 837, date à laquelle elle est passée à 5,0 millions de km de la Terre. Elle était alors un astre superbe dans le ciel, de magnitude -3,5, et fut considérée comme un signe de Dieu par toute une population toujours angoissée par les "prodiges" visibles dans le ciel, à une époque particulièrement obscurantiste. On rapporte que le roi de France de cette époque, Louis le Débonnaire (778-840), fils de Charlemagne, y vit le présage de sa mort prochaine (il dut quand même attendre trois ans !).

– **55P/Tempel-Tuttle**. C'est la comète mère des *Léonides*, dont on sait qu'elle perd depuis longtemps une partie substantielle de sa matière. Elle a eu deux fortes approches à la Terre, dont une très forte le 26 octobre 1366 à 3,4 millions de km, sous le règne de Charles V le Sage (1338-1380), tout en ne dépassant pas la magnitude 2.

– **C/1702 H1 (comète La Hire)**. Cette comète a eu une approche à 6,5 millions de km le 20 avril 1702 et fut observée par Louis XIV et sa cour à l'observatoire de Paris, nouvellement créé. Elle fut spectaculaire ($m = -1,3$), mais ne fut visible que peu de temps. A cette époque, il n'y avait plus de peur panique à l'apparition d'une comète dans les milieux cultivés. Ce qui était loin d'être le cas pour la populace qui avait une peur viscérale du ciel.

– **C/1743 C1 (comète Grischow)**. Cette comète à orbite parabolique a eu une approche à 5,8 millions de km le 8 février 1743, sans être vraiment spectaculaire, ce qui signifie qu'il s'agissait d'une comète de taille modeste. Sa très faible inclinaison ($i = 2,3^\circ$) semble indiquer une origine dans la ceinture de Kuiper.

– **D/Lexell**. Cette très remarquable comète, dont il a été question au chapitre 3, car elle a eu une importance considérable sur les idées de l'époque, détient le record des approches (pour les objets bien connus). Elle s'est approchée à seulement 2,3 millions de km le 1er juillet 1770 et eut une magnitude négative ($-1,3$). Elle n'est plus accessible actuellement, du fait d'un périhélie proche de Jupiter, mais elle sera peut-être de nouveau observable dans le futur.

– **3D/Biela**. Cette célèbre comète aujourd'hui désintégrée, comète mère des *Biélides*, a eu une très forte approche à la Terre le 9 décembre 1805 : 5,5 millions de km. Il s'agissait d'une comète à courte période qui fut observée auparavant en 1772. Elle a joué un rôle très important dans le renouveau des idées catastrophistes (surtout religieuses), quand à l'occasion de son troisième retour observé, en 1826, Olbers signala pour la première fois qu'elle s'approchait à seulement 28 000 km de l'orbite terrestre et que les deux orbites *se coupaient* donc pratiquement à l'échelle astronomique, avec les risques possibles de *contamination* et même de *collision* que cela comportait à l'occasion de passages ultérieurs. Cette catastrophe quasiment annoncée fut évitée puisque, dès 1845, la comète Biela se cassa en deux morceaux avant de se désintégrer complètement et de produire les deux célèbres averses météoriques de 1872 et 1885.

– **7P/Pons-Winnecke**. C'est une comète à courte période très intéressante, connue depuis 1819 mais observée ensuite plus ou moins épisodiquement. Elle a la particularité de subir des modifications orbitales très sévères, notamment la distance périhélique qui a varié de près de 0,50 UA en moins de deux siècles, ce qui est énorme, dues en partie à des perturbations non gravitationnelles importantes. Elle a eu une très forte approche à la Terre le 26 juin 1927, à 5,9 millions de km, tout en restant à cette occasion relativement peu brillante ($m = 3,5$).

– **C/IRAS-Araki-Alcock**. Cette comète récente est restée célèbre pour s'être approchée à 4,5 millions de km de la Terre le 11 mai 1983, la plus forte approche depuis celle de D/Lexell en 1770. Elle se caractérise par une très forte excentricité ($e = 0,99$) et une très forte inclinaison ($i = 73^\circ$) qui rend l'orbite dynamiquement très stable. Elle était quasiment ponctuelle lors de sa découverte et fut même prise pour un astéroïde dans un premier temps. D'abord considérée comme une comète minuscule, du fait de son faible éclat si près de la Terre ($m = 1,5$), elle a vu son diamètre réévalué par les mesures radar : noyau de l'ordre de 6 km. Cela s'explique par le fait que cette comète est un astre "usé" qui n'émet plus que très peu de poussières. C'est la conséquence de *milliers* de révolutions autour du Soleil (sa période actuelle est de l'ordre de 1000 ans). D'ici quelques dizaines de milliers d'années, elle deviendra un authentique astéroïde cométaire, avec un demi-grand axe qui n'évoluera probablement pas beaucoup, autour de 100 UA. Tous les 1000 ans environ, elle viendra près du Soleil, et peut-être à nouveau viendra frôler la Terre comme elle l'a fait en 1983.

L'histoire de la comète P/Schwassmann-Wachmann 3

L'histoire de cette comète périodique est très intéressante. Il s'agit d'une comète à courte période ($a = 3,06$ UA ; $P = 5,4$ ans ; $e = 0,69$ et $i = 11^\circ$) découverte lors de son passage au périhélie en 1930 par les deux astronomes allemands dont elle porte le nom. Elle est passée à 9,3 millions de km de la Terre le 31 mai. On l'a associée par la suite à l'essaim de météores connu sous le nom des *Tau herculides* qui est actif entre le 19 mai et le 30 juin, avec un pic centré sur le 9 juin.

P/S-W3 s'est brisée sous les yeux des astronomes lors de son retour de 1995. La fragmentation du noyau principal (composants A, B et C) eut lieu autour du 11 novembre, 16 jours avant le passage au périhélie, entraînant un sursaut d'éclat de 6 magnitudes très spectaculaire. Le fragment E s'est séparé du fragment B autour du 16 décembre. Ce fragment s'est désintégré lors du passage suivant en 2001.

La surprise est venue avec le nouveau passage près du Soleil en 2006. Les fragments principaux se sont littéralement "émiettés", sous l'effet des perturbations plus fortes dues à la Terre et au Soleil. Et, phénomène extraordinaire, jamais vu auparavant, c'est une *soixantaine de mini-comètes*, dont certaines ne dépassaient pas 50 mètres de diamètre, qui se sont succédé près de la Terre entre le 12 et le 28 mai. Certains fragments se sont désintégrés en nuages de poussière cosmique. Les deux fragments principaux sont passés au plus proche de la Terre à deux jours d'intervalle, le fragment C le 12 mai à 11,8 millions de km, et le fragment B le 14 mai à 10,0 millions de km. Les autres fragments ont eu des approches de même grandeur.

Cette désintégration inespérée à proximité de la Terre a naturellement été mise à profit par les astronomes pour étudier en détail ce processus naturel

que constitue la *mort d'une comète*. Combien de fragments vont-ils survivre et effectuer quelques révolutions supplémentaires autour du Soleil ? Dans 100 ans, P/S-W3 n'existera probablement plus en tant que comète. Mais l'histoire n'est pas encore finie pour autant. Et on annonce déjà l'épisode suivant, un spectacle grandiose pour le 31 mai 2022 : le passage de la Terre à travers la traînée de poussières des passages cumulés de 1882, 1897 et surtout 1995, année de la première fracturation, à seulement 60 000 km (= 0,0004 UA) de la trajectoire centrale des particules cométaires. Compte tenu de la jeunesse et de l'abondance de ces poussières, cette rencontre devrait déboucher sur une "*tempête météorique*" assez semblable à celles provoquées dans le passé par les *Léonides*.

Les éléments orbitaux des comètes qui ont frôlé la Terre

L'examen des éléments orbitaux des comètes qui ont frôlé la Terre donne des indications sur les orbites (4). Il faut noter une particularité : *toutes les catégories de comètes peuvent générer des approches serrées*, aussi bien des comètes de type Halley, que des comètes périodiques à longue période et des comètes à orbite parabolique de différents types : à faible inclinaison, à inclinaison moyenne ou forte et à inclinaison rétrograde ($> 90^\circ$).

Plusieurs de ces comètes à longue période seront capturées par les grosses planètes dans l'avenir (surtout par Jupiter) à l'occasion d'approches futures dans le Système solaire intérieur. Elles verront donc leur période diminuer, et leur orbite (quasi) parabolique se transformer progressivement en orbite elliptique à moyenne, puis courte période.

Comètes à courte période et astéroïdes cométaires

Les comètes à courte période perdent continuellement de leur matière. De ce fait, elles deviennent rapidement à l'échelle astronomique, et d'autant plus vite que leur période de révolution et leur distance périhélique sont faibles et leur diamètre petit (formule de Öpik (16)), des objets astéroïdaux : des *astéroïdes cométaires*. Sauf celles qui disparaissent par *désintégration* comme D/Biela, qui n'a pas survécu à une première fragmentation simple, ou par *émiettement* progressif du fait d'un noyau "solide" à faible cohésion, conséquence d'une configuration structurale de mauvaise qualité. Quand on parle de comètes, il faut donc bien prendre en compte *deux épisodes successifs* de leur vie, d'abord une phase *active*, ensuite une phase *astéroïdale*. Ces astéroïdes cométaires continuent d'avoir de fortes approches à la Terre (et aux autres planètes), en nombre beaucoup plus important que durant leur courte vie de comète active. On sait en effet depuis longtemps que la phase inactive finale peut être 1000 fois plus longue que la phase active initiale.

On connaît plus de 8000 NEA en 2011. Parmi ceux-ci, un nombre très significatif (le pourcentage de 25 % donné depuis les années 1970 paraît être

un minimum aujourd'hui qui sera peut-être largement dépassé) concerne des astéroïdes cométaires. De tels objets peuvent être repérés, de trois manières : 1/ par leurs éléments orbitaux (excentricité et/ou inclinaison cométaire) ; 2/ par leur association avec des familles de météores ; 3/ par leur type physique particulier (D ou C notamment).

Ainsi on connaît des objets à très courte période qui sont probablement d'anciennes comètes et qui continuent de frôler la Terre plus ou moins épisodiquement. On voit bien qu'en fait la distinction entre astéroïdes et comètes ne se justifie que par certains points incontestables (origine, apparence cométaire, constitution physique...), mais une fois le dégazage terminé, les choses deviennent moins évidentes.

Le problème des approches est un de ces dilemmes. Doit-on considérer les approches des astéroïdes cométaires comme des approches d'astéroïdes ou comme des approches de comètes ? La réponse n'est pas forcément évidente pour les spécialistes, car ils savent bien que l'impactisme cométaire et l'impactisme astéroïdal ont des *conséquences différentes*, du fait de la composition des divers objets. Un astéroïde ferreux ou rocheux n'a pas les mêmes caractéristiques qu'une simple boule de glace ou qu'un pseudo-noyau de particules hétéroclites plus ou moins bien agglomérées.

Le dénombrement des comètes

Plusieurs listes d'apparitions et d'orbites cométaires ont été publiées régulièrement à partir du XVIII^e siècle. Depuis les années 1970, le *Catalogue of cometary orbits* (17), publié par le Minor Planet Center, sous la double signature de Brian Marsden (1937-2010) et de Gareth Williams, est constamment mis à jour, et les orbites des comètes nouvelles, mais aussi des anciennes, sont calculées avec le plus grand soin, avec une très grande précision quand le nombre d'observations disponibles est suffisant. En ajoutant les divers retours des comètes périodiques, on aboutit actuellement à un nombre de plusieurs milliers d'apparitions différentes.

Il est certain que le nombre de comètes *actives* existant dans le Système solaire est extrêmement élevé. On cite, en général, le nombre approximatif de 100 milliards d'objets différents. On connaît deux grands réservoirs de comètes, tous deux très différents et tout à fait inépuisables : le *nuage de Oort* et la *ceinture de Kuiper*.

Une fraction très faible de ces 100 milliards de comètes peut, suite à des perturbations stellaires, venir au voisinage du Soleil et de la Terre. Parmi celles-ci, seule une petite partie est susceptible d'être *capturée* par les grosses planètes (surtout par Jupiter) et donc de devenir des comètes périodiques. Mais compte tenu du réservoir de base extrêmement important, la très faible partie de comètes concernées se chiffre encore par *millions*. Elles ont été dans le passé, sont actuellement et seront dans l'avenir susceptibles de devenir, pour une période assez courte à l'échelle astronomique, des éléments permanents du Système solaire intérieur.

D'abord comètes actives durant quelques *milliers* ou dizaines de milliers d'années, puis pour certaines d'entre elles (entre 25 et 40 % selon les spécialistes) astéroïdes *cométaires* pendant quelques millions d'années, ces objets capturés pourront frôler la Terre, ou l'une ou l'autre des planètes voisines, et participer à leur manière, différente de celle des astéroïdes authentiques, à l'impactisme planétaire.

Les orbites des comètes

Les comètes observables de la Terre parcourent des orbites qui sont soit elliptiques ($e < 1,0$), soit paraboliques ($e = 1,0$), soit légèrement hyperboliques ($e > 1,0$). Les inclinaisons ont toutes les valeurs possibles entre 0 et 90° (orbites directes) et 90 et 180° (orbites rétrogrades), en opposition avec les orbites des huit planètes du Système solaire qui sont toutes directes et très faibles.

Par convention, on appelle comètes *à courte période*, celles qui ont leur période de révolution P inférieure à 200 ans. Les comètes à très courte période sont celles qui ont P inférieure à 12 ans, valeur de la période de Jupiter, la planète géante, de loin la plus massive et par conséquent la principale responsable de leur capture, même si l'influence de Saturne, Uranus et Neptune n'est pas négligeable pour autant.

Ce phénomène de capture (18) a été étudié par simulation sur ordinateur et il est maintenant bien connu. Les comètes à courte période ne peuvent exister qu'à partir d'orbites primitivement extérieures à celle de Neptune, à partir des deux "réservoirs" différents : le nuage de Oort et la ceinture de Kuiper. Au début des années 1970, Edgar Everhart (1920-1990) a montré que la majorité des comètes capturées avec une courte période ont une faible inclinaison ($i < 9^\circ$) et une distance périhélie originelle (c'est-à-dire en entrant pour la première fois dans le Système solaire intérieur) proche de l'orbite de Jupiter (probablement entre 4,0 et 6,0 UA). Ce volume d'espace voisin de Jupiter, mais cependant relativement vaste, est appelé *zone de capture* et a été retenu par Everhart pour ses tests et ses simulations.

Cependant, depuis les travaux de Everhart, les choses se sont compliquées dans la mesure où les astronomes ont bien compris la réalité d'une double source pour les comètes, et aussi l'existence d'une nouvelle catégorie de *comètes-astéroïdes*. Ces *objets de Kuiper* passent la majorité de leur vie dans la ceinture de Kuiper, mais leur orbite évolue à la suite de perturbations catastrophiques et ils sont propulsés sur des orbites plus petites. Certains de ces objets mixtes, dont le diamètre dépasse couramment 100 km, passent souvent par une étape intermédiaire : *l'étape centaure* (du nom des premiers objets connus : Chiron et Pholus) (19). On connaît déjà plusieurs centaines de ces objets et ils existent obligatoirement par milliers. Comme pour tous les petits objets du Système solaire, il y a un renouvellement constant. Certains objets disparaissent, d'autres sont capturés.

La comète la plus dangereuse : P/Swift-Tuttle

L'histoire d'une comète imprévisible

P/Swift-Tuttle a été découverte le 16 juillet 1862, avec une magnitude 7,5, par Lewis Swift (1820-1913) et, indépendamment le 19 juillet, par Horace Tuttle (1837-1923), deux astronomes américains. Très spectaculaire tout l'été 1862, elle atteignit la magnitude 2 début septembre, avec une queue de 25 à 30°, avant de décliner rapidement et de disparaître définitivement le 31 octobre. Quatre ans plus tard, Giovanni Schiaparelli (1835-1910) démontra que le fameux essaim météorique des *Perséides* est associé à cette comète, ce qui signifie qu'elle est en mesure, parfois, de passer très près de la Terre.

Plusieurs spécialistes de l'époque calculèrent l'orbite de P/Swift-Tuttle qui s'avéra être rétrograde. Sa période était de l'ordre de 120 ans, avec un périhélie à 0,96 UA, une excentricité voisine de 0,96 et une inclinaison de 114°. Son prochain retour était attendu pour le début des années 1980.

En 1973, Brian Marsden (1937-2010) reprit toutes les données concernant cette comète (22) pour préparer son prochain passage. Il rechercha parmi les comètes anciennes celles qui pouvaient correspondre à d'anciens passages de P/Swift-Tuttle. Il retint comme candidat possible la comète Kegler 1737 II, observée en Chine du 2 au 16 juillet 1737. Pour que cette liaison fût possible, il était nécessaire d'envisager des forces non gravitationnelles exceptionnelles, forces, on le sait, dues à l'activité propre du noyau. Cette identification, seulement possible en 1973, conduisait à une période de révolution nettement supérieure à celle envisagée : 130 ans au lieu de 120. Dix ans d'écart, c'est beaucoup, aussi l'identification restait alors très incertaine.

Marsden postulait pour des passages antérieurs en 1610 (à l'époque de Kepler et Galilée), 1479, 1348, et 1213 et beaucoup plus anciennement en 188 et -68, ces deux années correspondant à des observations de comètes qui pouvaient correspondre à Swift-Tuttle, ce qui n'était pas le cas pour les quatre autres, pour lesquelles aucune comète connue avec une orbite analogue n'avait été signalée. Ce n'est que le 26 septembre 1992, alors qu'on ne l'attendait plus, que Tsuruhiko Kiuchi, un amateur japonais, retrouva la comète avec une magnitude de 11,5, alors qu'elle était circumpolaire dans la Grande Ourse.

L'importance des jets cométaires et les forces non gravitationnelles

En 1981, l'expert américain Zdenek Sekanina (23) étudia les nombreux dessins effectués en 1862 pour déterminer la rotation du noyau et pour analyser la nature des diverses structures observées par les spécialistes de l'époque, notamment les fameux *jets* associés aux *zones actives*. La période

de rotation du noyau fut établie à 2,77 jours et huit zones actives différentes furent repérées, cause de perturbations non gravitationnelles sans cesse variables et donc imprévisibles à moyen terme.

Par contre, pour l'approche de 1992, pour laquelle la comète ne s'approchait pas à moins de 1,1 UA de la Terre, les spécialistes, pourtant beaucoup mieux équipés que leurs prédécesseurs du siècle dernier, n'ont décelé que deux jets : un fort, très spectaculaire et un faible (24).

De nombreuses observations ont confirmé que les noyaux cométaires sont des corps très hétérogènes dans lesquels des régions très sombres (albédo 0,02 à 0,05) côtoient des zones plus brillantes et *actives*, appelées parfois *plages*, souvent très petites, d'où sont émis d'une façon irrégulière des gaz et des poussières. Les zones sombres, elles, ne sont jamais actives.

On comprend beaucoup mieux maintenant le principe des *comètes en sommeil* : les gaz et les poussières ne peuvent s'échapper que des plages actives, ceux existant sous les régions sombres, protégés par une croûte (d'abord peu épaisse mais qui peut devenir progressivement une véritable carapace) de silicates, peuvent restés bloqués des milliers d'années. C'est ce qui a dû se produire pour P/Encke, redevenue active il y a quelques siècles seulement, probablement à la suite d'un impact dans l'espace.

Les forces non gravitationnelles sont également mieux comprises. On sait qu'à long terme elles sont obligatoirement éphémères, mais on sait aussi qu'à court terme elles sont épisodiques, cessant dès que la comète s'éloigne à plusieurs unités astronomiques du Soleil. Pour les comètes à longue période, le processus de dégazage complet doit se poursuivre sur une période se chiffrant en millions d'années, et non en milliers comme c'est le cas pour les petites comètes à courte période.

Le futur d'une comète à risque

L'importance des forces non gravitationnelles repérées sur P/Swift-Tuttle est compatible avec un noyau solide de l'ordre de 5 km, ce qui n'est pas négligeable, même si l'on est loin des 40 km de Hale-Bopp, diamètre au demeurant rarissime pour les comètes connues.

C'est au niveau des apparitions futures que P/Swift-Tuttle trouve son intérêt. Marsden a calculé une très forte approche pour le mois de juillet 2126, c'est-à-dire lors du prochain passage. Compte tenu de l'irrégularité et de l'importance des forces gravitationnelles, il est exclu de toute manière de prévoir les circonstances exactes et précises de l'approche de 2126. On a parlé, prématurément et imprudemment, d'impact *possible*, mais cela est peu vraisemblable. Ce qui est sûr c'est que cette comète pourrait s'avérer très dangereuse au cours des siècles prochains.

Cela bien sûr fait déjà fantasmer les prophètes et charlatans de tout poil qui attendent depuis longtemps l'objet cosmique capable d'engendrer le

jugement dernier annoncé dans l'Apocalypse. On imagine : une comète de l'ordre de 5 km avec une vitesse de 60 km/s ! Avec une densité de 1,0, cela fait une énergie d'impact de $1,2 \times 10^{23}$ joules, une superbe fin du monde annoncée. Du papier à vendre en perspective, des gogos à terroriser.

Pour désamorcer cette pseudo-fin du monde cométaire, je reparlerai de P/Swift-Tuttle au chapitre 8 consacré aux fausses pistes. En effet, il ne faut pas confondre approche très serrée, et même orbite de collision, avec impact obligatoire. Ce n'est pas la même chose. Il est heureux que personne n'ait prévu, en 1983, l'approche très serrée de C/IRAS-Araki-Alcock, une comète de 6 km de diamètre. Ç'eût été une panique digne du Moyen Age.

Les astéroïdes : le vrai danger

On sait que le Système solaire se compose principalement du Soleil, des planètes et de leurs satellites. Mais on connaît également quatre grandes catégories d'objets secondaires qui sont plus ou moins liées entre elles : les *astéroïdes*, les *comètes*, les *météorites* et les *poussières*.

Les *astéroïdes* ou *petites planètes* (25) sont des petits objets qui circulent principalement entre les orbites de Mars et de Jupiter, les quatrième et cinquième planètes par ordre d'éloignement du Soleil, mais aussi en deçà et au-delà de cette ceinture principale, notamment dans la *ceinture de Kuiper*. On en connaît plusieurs centaines de milliers (26), découverts visuellement jusqu'en 1892 par les valeureux chasseurs d'astéroïdes, sur des plaques photographiques ensuite jusqu'au milieu des années 1980, et depuis avec des caméras CCD couplées avec des télescopes. Mais surtout, on sait depuis longtemps qu'ils existent par dizaines de millions (27).

Dans la ceinture principale, leurs diamètres varient de quelques mètres à 940 km pour le principal d'entre eux, Cérès, qui est considéré comme une *planète naine* et qui est connu depuis 1801 (28). Dans la ceinture de Kuiper, dont font partie Pluton et Charon, on connaît des astéroïdes, les KBO (sigle de *Kuiper-Belt Objects*), les *objets de Kuiper* en français, qui dépassent les 1000 km de diamètre. Les trois principaux sont Haumea, Makemake et surtout Eris dont le diamètre pourrait approcher 2500 km. Comme Cérès, tous les trois ont reçu en 2006 le statut de planète naine.

On sait maintenant qu'il y a continuité entre l'espèce *planète* et l'espèce *météorite*, puisqu'il y a tous les intermédiaires possibles, que l'on appelle parfois des *météoroïdes*. Le Système solaire est donc peuplé de milliards d'objets de toutes tailles, avec bien sûr une prépondérance marquée pour les petits objets. Il est important d'insister sur ce point fondamental : le Système solaire n'est pas un système propre, avec son étoile, ses huit planètes principales et quelques dizaines de satellites. Il est sillonné par toutes sortes de débris qui se meuvent sur des orbites qui peuvent être beaucoup plus excentriques que celles des grosses planètes. Ces débris ont donc des possibilités d'approches aux astres principaux et les collisions sont fréquentes à l'échelle astronomique.

Les astéroïdes ont joué, et jouent encore, un rôle important dans le Système solaire et ils sont, avec les comètes, la clé de *l'impactisme planétaire*, dont l'impactisme terrestre n'est qu'un cas particulier, celui qui concerne notre planète. Les milliers de clichés transmis par les sondes spatiales ont montré la réalité de cet impactisme planétaire, puisque toutes les planètes et tous les satellites à surface solide (29), sauf ceux dont la surface est constamment renouvelée par des phénomènes internes (notamment Io et Europe, deux des quatre gros satellites de Jupiter), sont criblés de cratères d'impact de toutes tailles et de tous âges.

Définitions des différentes catégories d'objets

Des objets plus ou moins dangereux

Il est nécessaire de rappeler quelques définitions concernant les sigles et les types. On appelle NEA (sigle de *Near-Earth Asteroids*), les *astéroïdes proches de la Terre* en français, ceux qui ont une distance périhélique inférieure à 1,30 UA. Le statut de NEA dépend donc uniquement de cette particularité. On a découvert le 8000^e NEA en 2011 et on sait que plus de 100 000 sont en mesure d'être repérés au cours des décennies à venir.

On appelle EGA (sigle de *Earth-Grazing Asteroids*), les *astéroïdes qui frôlent la Terre* en français, ceux qui ont une distance minimale à l'orbite terrestre inférieure à 0,100 UA, soit 15 millions de km en chiffres ronds. Près de 60 % des NEA répertoriés en 2011 sont aussi des EGA.

Ces deux appellations recouvrent des données différentes : la valeur du périhélie ($q < 1,30$ UA) pour les premiers et la distance minimale à la Terre ($Dm < 0,100$ UA) pour les seconds.

On appelle PHA (sigle de *Potentially Hazardous Asteroids*), les *astéroïdes potentiellement dangereux* (pour la Terre) qui ont une distance minimale à l'orbite terrestre $< 0,050$ UA (7,5 millions de km) et $H < 22,1$ (soit plus de 130 mètres de diamètre moyen pour un objet silicaté de type S, mais avec une fourchette de 100 à 200 mètres selon le type physique et l'albédo). Ce sont eux que l'on cherche à recenser d'une manière quasi exhaustive afin de les détruire (ou les détourner) si le besoin s'en faisait vraiment sentir. Les statistiques montrent que 1 NEA sur 7 est aussi un PHA, ce qui est un pourcentage très important. On en connaît plus de 1200 en 2011, mais leur nombre total est évidemment beaucoup plus important.

Trois types orbitaux différents

Depuis 1979, on reconnaît trois types différents de NEA :

– le type *Aten* concerne les NEA qui circulent en moyenne à l'intérieur de l'orbite terrestre (a est inférieur à 1,000 UA) ; il représente 8 % du total ;

- le type *Apollo* concerne les NEA qui pénètrent à l'intérieur de l'orbite terrestre au périhélie (a est supérieur à 1,000 UA et q est inférieur à 1,000 UA) ; il représente 50 % du total ;
- le type *Amor* concerne les NEA dont le périhélie se trouve entre 1,000 et 1,30 UA) ; il représente 42 % du total.

Seuls les NEA des types Aten et Apollo peuvent *croiser* l'orbite terrestre. Ce sont les *Earth-crossers*. En français, on les appelle les *géocroiseurs*.

Il est important de signaler que plusieurs objets de type Amor deviennent à certaines époques de type Apollo, du fait de l'augmentation de leur excentricité qui leur permet d'avoir $q < 1,000$ UA, et inversement des objets de type Apollo deviennent de type Amor. Quelques objets dont le mouvement est en libration avec celui de la Terre passent également du type Aten au type Apollo et inversement. Leur demi-grand axe est légèrement inférieur ou supérieur à $a = 1,000$ UA selon les époques. La classification en trois types n'est donc valable que pour la période actuelle.

Composition et origine des NEA

La composition physique des NEA

Depuis le début des années 1970, les astronomes ont obtenu un résultat fondamental : l'existence de *plusieurs types physiques* d'astéroïdes (30), que l'on peut associer avec certains types de météorites bien connues. Ce résultat est dès plus logique dans la mesure où l'on sait qu'il y a continuité entre les deux espèces. On a recensé une quinzaine de types physiques différents (31).

Les types S (objets silicatés) et C (carbonés) sont les principaux, mais on trouve des NEA dans certains autres, notamment M (métalliques) et V (objets originaires de Vesta). Les NEA cométaires sont principalement de type C ou D, mais il semble bien que certains soient de type S, car ils pourraient être recouverts d'une fine couche silicatée. On voit que les choses sont loin d'être simples et les surprises à venir nombreuses. On se pose aussi la question de savoir si certains NEA d'origine cométaire, récemment injectés dans le Système solaire intérieur, pourraient être totalement composés de glace.

Une origine double pour les NEA

A la lumière de tous les travaux entrepris depuis le début des années 1970, on sait d'une manière certaine qu'une double solution s'impose pour l'origine des NEA : une origine *planétaire* et une origine *cométaire*. En fait, à ces deux origines bien distinctes, on en ajoute une troisième qui cohabite avec les deux autres : les *objets mixtes*, qui sont à la fois planétaires et cométaires.

On a longtemps pensé que les NEA planétaires existaient dans une proportion de 3 sur 4 (soit 75 %), pour 1 sur 4 (soit 25 %) cométaire (32). Aujourd'hui, ce rapport est considéré comme trop fort. Les spécialistes penchent plutôt pour un rapport 60/40, le nombre des objets d'origine cométaire ayant été probablement sous-estimé. Les NEA *planétaires* sont considérés comme des objets issus de la fragmentation récente (aucun NEA n'a une espérance de vie supérieure à 100 millions d'années) d'astéroïdes de l'anneau principal (2,06-3,58 UA) qui, à l'origine ne venaient pas à l'intérieur de l'orbite de Mars.

Les NEA *cométaires* sont considérés comme des noyaux de comètes ayant perdu tous leurs éléments volatils. Dans certains cas, il peut s'agir de comètes *en sommeil*, pour lesquelles le noyau est provisoirement inactif car entouré d'une "carapace" de poussière ou de substance opaque qui empêche toute activité de type cométaire. On sait que l'espérance de vie *active* des comètes à très courte période (moins de 12 ans) est extrêmement courte à l'échelle astronomique. Elle se chiffre en dizaines de milliers d'années pour des noyaux de taille kilométrique et en milliers d'années seulement pour ceux de taille hectométrique. Les noyaux de comètes survivent donc ensuite avec un aspect astéroïdal pendant plusieurs millions d'années, si le noyau est suffisamment résistant pour éviter la fragmentation ou l'émiettement à l'occasion d'approches serrées aux planètes.

On dispose aujourd'hui de quelques éléments d'appréciation pour distinguer les deux populations qui cohabitent aussi bien dans les trois types de NEA : Aten, Apollo et Amor. On pense notamment que les types physiques S, M et V concernent les vrais astéroïdes et les types C et D les noyaux cométaires. Mais on se base aussi sur les éléments orbitaux, une très forte excentricité et une très forte inclinaison étant *un indice* d'origine cométaire. On pense que la grande majorité des nombreux NEA présentant de fortes variations dans leur courbe de lumière sont des vestiges d'objets *brisés* lors de collisions. A tort ou à raison, les astronomes croient encore (malgré P/Halley) que les noyaux cométaires sont à peu près sphériques en règle générale (ce qui entraîne des exceptions) et qu'ils ne présentent que de minimes variations d'éclat.

Le nombre important de comètes actives à très courte période observées oblige à admettre un nombre de NEA cométaires très élevé, 100 000 de plus de 100 mètres de diamètre moyen d'après les chiffres retenus actuellement (250 000 NEA et 40 % d'origine cométaire). Cependant, il faut signaler que l'on ignore encore la proportion exacte de comètes ayant un vrai noyau solide (33), capables de survivre sous forme d'astéroïdes en évitant la *sublimation* totale de leurs matériaux (glace et gaz gelés notamment), ainsi que la *fragmentation*, phénomène assez courant pour les comètes.

Ce problème de la double origine pour les NEA est très important. Compte tenu d'une composition et d'une densité différentes, les conséquences ne sont pas les mêmes quand la Terre entre en collision avec un vrai astéroïde ou un noyau de comète.

Les diamètres des NEA

Les NEA sont de *très petits* objets comparativement aux grosses planètes et même aux astéroïdes principaux qui ont plus de 100 km de diamètre. On calcule leur diamètre avec plusieurs techniques, et surtout en liaison avec leur magnitude absolue H (34) et leur albédo qui est fonction du type physique et de caractères propres à chaque objet.

Parmi les NEA connus, trois seulement dépassent 15 km de diamètre moyen. Il s'agit de Ganymed, de loin le plus gros, qui a autour de 40 km, d'Eros qui a 23 km de diamètre moyen et de Don Quixote, un astéroïde cométaire de 20 km environ. Tous les trois sont du type Amor et ne présentent aucun danger pour la Terre pour la période actuelle.

Quelques autres NEA des types Apollo et Amor ont entre 5 et 10 km, comme Ivar, Sisyphus et Betulia. Dans la gamme des diamètres compris entre 1 et 5 km, on trouve des objets comme Alinda, Toro, Toutatis, Midas, Phaethon, Geographos, Apollo, Icarus et Hermes et plusieurs centaines d'autres.

On connaît, bien sûr, une multitude d'objets plus petits, avec un diamètre de quelques centaines de mètres. Dans cette gamme de diamètres, on peut citer Amor, Nereus, Asclepius, Orpheus, Quetzalcoatl, et surtout Apophis qui va venir nous rendre visite de très près (28 000 km seulement) en 2029.

Des astéroïdes minuscules (moins de 100 mètres) sont découverts chaque semaine. Plusieurs dizaines de milliers peuvent être découverts avec les moyens actuels mis en oeuvre par les *surveys* spécialisés et souvent très efficaces, et les NEA repérés ne sont des objets parmi d'autres. Dans le bas des diamètres, on découvre aujourd'hui des objets qui ont seulement quelques mètres. Ce sont de simples "poussières" à l'échelle astronomique. Beaucoup ne seront jamais réobservés.

Le nombre total probable de NEA

Il existe plusieurs méthodes pour calculer le nombre de NEA, et chaque spécialiste a la sienne. Si les résultats peuvent varier dans le détail, une constante ressort inévitablement : leur nombre total est *très élevé*, et les objets sont d'autant plus nombreux qu'ils sont petits.

On peut calculer le nombre de NEA existants comme un sous-produit de la distribution des magnitudes absolues (34). On sait depuis longtemps que l'on photographie, et donc qu'il existe, trois fois plus d'astéroïdes chaque fois que l'on augmente d'une magnitude. Cette méthode donne de bons résultats pour les magnitudes brillantes pour lesquelles la grande majorité des objets sont déjà découverts.

En 1982, dans *La Terre bombardée*, je donnais le nombre de 60 000 pour les NEA de plus de 100 mètres de diamètre moyen et celui de 30 000 (50 % du

total) pour les EGA. Ces chiffres correspondaient aux connaissances de l'époque. Il s'est avéré que le nombre de NEA a été très longtemps sous-estimé. L'introduction de méthodes modernes de détection a chamboulé l'ancienne vision et a logiquement débouché sur une nouvelle estimation, revue nettement à la hausse, du nombre de NEA et d'EGA.

Les chiffres à retenir sont les suivants :

objets de 5 km	NEA = 20	EGA = 10
objets de 1 km	NEA = 1500	EGA = 750
objets de 500 m	NEA = 20 000	EGA = 10 000
objets de 100 m	NEA = 250 000	EGA = 125 000
objets de 50 m	NEA = 20 000 000	EGA = 10 000 000

Ainsi, on voit que pour les objets de 100 mètres, les anciennes estimations ont été multipliées par 4,2, ce qui d'ailleurs n'est pas énorme. Pour les objets les plus brillants, il n'y a que très peu de changements. C'est au niveau des objets minuscules que la progression est spectaculaire. En fait, pour les NEA d'une dizaine de mètres, leur nombre se chiffre en milliards et pour les autres astéroïdes de l'anneau principal, il est illimité. Heureusement que l'atmosphère terrestre est là pour nous protéger de cette mitraille cosmique.

Le XXI^e siècle va voir la découverte de dizaines de milliers de NEA de plus de 100 mètres et devrait permettre de repérer la quasi-totalité de ceux dont le diamètre avoisine le kilomètre. Par contre, bien que certains spécialistes semblent y croire, il paraît utopique d'envisager un recensement quasi complet pour tous les NEA de 500 mètres. Certains resteront inconnus pour des siècles encore, et il faut savoir aussi que le *renouvellement* est constant. Il y aura donc toujours des "nouveaux".

Les très fortes approches réelles à la Terre

De très nombreux EGA connus ont eu des très fortes approches réelles à la Terre (inférieures à 0,050 UA, soit 7,5 millions de km) depuis le début du XX^e siècle. Il est quasiment impossible de faire un bilan complet pour tous les objets connus, car on manque trop d'informations sur les orbites passées d'objets qui, pour la plupart, ont été découverts dans les récentes années, et qui surtout, souvent, n'ont pu être observés que quelques jours à l'occasion de leur très forte approche.

Le Minor Planet Center (l'organisme international compétent) tient à jour une liste de toutes les approches réelles observées inférieures à 0,0100 UA (soit 1,5 million de km) (35). Cette liste s'enrichit quasiment chaque mois, mais il s'agit dans la quasi-totalité d'approches concernant des objets avec $H > 25,0$, c'est-à-dire ayant un diamètre inférieur à 50 mètres.

C'est l'approche historique de Hermès du 30 octobre 1937 (0,0049 UA = 0,73 MK), qui a été le record absolu durant plus d'un demi-siècle. Pourtant

en 2006, elle ne figure plus parmi les vingt approches les plus serrées. D'abord battu par Asclepius en mars 1989 (0,0046 UA = 0,69 MK), le record a été pulvérisé par 1991 BA, un EGA de moins de 10 mètres de diamètre, en janvier 1991 (0,0011 UA = 0,165 MK). Deux autres objets de même calibre l'ont amélioré les années suivantes : 1993 KA₂ en mai 1993 (0,0010 UA = 0,150 MK) et 1994 XM₁ en décembre 1994 (0,0007 UA = 0,105 MK). Depuis, ce record a encore été amélioré à deux reprises, d'abord par 2003 SQ222 en septembre 2003 (0,00056 UA = 0,084 MK) et enfin par 2004 FU162 en mars 2004 (0,00009 UA = 0,013 MK). Mais ces approches-record récentes ont concerné des objets de taille insignifiante, de quelques mètres de diamètre seulement.

Il faut aussi savoir que le 10 août 1972, le fameux *météore du Montana* a frôlé la surface terrestre à 58 km d'altitude, ricochant dans l'atmosphère terrestre avant de repartir dans l'espace. Il s'agissait d'un NEA d'une quinzaine de mètres qui n'a pas reçu de désignation provisoire, car il n'a été observé que durant quelques dizaines de secondes. *Ce record ne sera jamais battu*, car il constitue pratiquement l'approche minimale possible. Une approche inférieure à 50 km déboucherait obligatoirement sur une désintégration ou un impact.

L'approche de 1994 PC₁ en janvier 1933 : 0,0075 UA, soit 1,12 MK, est la plus forte approche connue d'un EGA d'un diamètre supérieur au kilomètre au XX^e siècle. Il ne fut pas découvert pour autant, bien qu'il ait été un objet facile à l'époque (cette approche a donc été calculée rétroactivement). Cela montre bien que des objets très dangereux ont longtemps échappé aux observateurs les plus qualifiés. Ceux-ci ont également raté Toutatis l'année suivante, ne pouvant pas le distinguer de la masse des objets anonymes qui ont laissé leur empreinte sur des plaques photographiques.

Apophis, l'astéroïde qui fait peur

Cet astéroïde, découvert en juin 2004 et connu dans un premier temps sous l'appellation provisoire 2004 MN₄, s'est avéré d'un intérêt extraordinaire (36). C'est lui qui a l'approche calculée la plus faible pour tout le XXI^e siècle pour tous les NEA connus de plus de 50 mètres. Le 13 avril 2029, à 21h43' (temps universel), il s'approchera à 0,00023 UA, soit à 33 600 km du centre de la Terre, c'est-à-dire à moins de 28 000 km de sa surface, record absolu pour un PHA. Il sera alors visible à l'oeil nu, comme une petite étoile de magnitude 3 ou 4. Son diamètre est de l'ordre de 350 mètres.

Apophis, qui était le dieu du mal et de la destruction dans la mythologie égyptienne (sous le nom égyptien d'Apep), est un NEA (et aussi un EGA et un PHA) de type Aten ($a = 0,922$ UA). Après son approche rasante à la Terre, il va devenir, sous les yeux des astronomes, un NEA de type Apollo (avec $a = 1,125$ UA). Cet objet est le meilleur exemple de la façon dont un NEA peut passer d'un type à l'autre à la suite d'une très forte approche à une planète. Il est aussi une révélation, dans la mesure où aucun astéroïde connu de plus de 100 mètres ne s'était approché aussi près de la Terre.

Les calculs ont montré que Apophis eu 4 très fortes approches à la Terre (entre 0,024 et 0,032 UA) au XX^e siècle, sans être découvert pour autant, et qu'il en aura encore 4 autres au XXI^e siècle. *C'est l'astéroïde qui fait peur*, quasiment "un ennemi extérieur". Certains pensent que les très importantes perturbations qu'il va subir en avril 2029 pourrait le précipiter sur la Terre, lors de son approche suivante en 2036, ce qui est très peu probable, ou qu'il pourrait même se désintégrer s'il est de constitution cométaire. On ignore encore tout de son origine et de sa configuration structurale. A l'échelle astronomique, il est clair que ses jours sont comptés et que la Terre risque d'en faire les frais au cours des siècles prochains, si rien n'est fait pas nos successeurs pour le détourner ou le détruire.

Les impacts terrestres

Fréquence d'élimination individuelle des NEA

En gros, 1 NEA sur 2 croise l'orbite terrestre, soit au total environ 125 000 objets de plus de 100 mètres de diamètre moyen. La combinaison des chiffres concernant le nombre total de NEA et ceux de leur espérance de vie moyenne permet d'obtenir la fréquence d'élimination individuelle d'un NEA, selon son type orbital, sa magnitude absolue et son diamètre. Cette espérance de vie *moyenne* (moyenne car évidemment la fourchette réelle est large) est estimée à 10 millions d'années environ, ce qui est assez peu à l'échelle astronomique.

La part attribuée à chaque planète est obligatoirement assez aléatoire et varie selon la méthode et les chiffres utilisés, mais certaines constantes émergent. Les quatre planètes intérieures récupèrent globalement 50 % du total des NEA : Mars 15 %, la Terre 20 %, Vénus 10 % et Mercure 5 %. Les 50 % restants se répartissent de la façon suivante : Soleil 15 %, astéroïdes, Lune et satellites 5 %, désintégration et émiettement 20 %, expulsion sur une orbite extérieure 10 %.

Ces chiffres ne sont évidemment que des ordres de grandeur (37). L'exemple de la comète d'Aristote (génitrice du groupe de Kreutz, voir le chapitre 7) laisse à penser à certains spécialistes que la part du Soleil pourrait être nettement plus importante que 15 %. Certaines simulations semblent montrer que la combinaison : attraction du Soleil + orbite chaotique conduirait pour certains astéroïdes et comètes lacunaires à une *collision directe* avec le Soleil (q devenant très proche de 0,001 UA), ou à une désintégration dans la proche banlieue solaire et à la formation d'une *poussière cosmique* constamment renouvelée.

Il est possible que la part du Soleil et celle de l'expulsion aient été sous-estimées, de telle sorte que la Terre ne serait plus destinataire de 20 % des NEA existants des types Aten et Apollo, mais seulement de 10 %. Si tel était le cas, la fréquence d'impact serait à diminuer par 2.

Le problème posé par les NEA minuscules

On entend par *astéroïdes minuscules*, ceux qui ont $H > 22,0$ (valeur correspondant à un diamètre inférieur à 100 ou 200 mètres de diamètre moyen selon le type physique et l'albédo). Il apparaît que ceux-ci doivent être traités différemment des autres. Leur nombre est énorme : 20 000 000 de NEA et 10 000 000 d'EGA de 50 mètres, un nombre embarrassant pour les spécialistes, mais qu'il faut prendre obligatoirement en considération. Il s'agit ni plus ni moins que de la poussière cosmique. S'il n'existait pas de processus de destruction, chaque décennie verrait un impact terrestre, ce qui (heureusement) est contraire aux observations depuis deux siècles.

En fait, il existe trois mécanismes de destruction qui entrent en jeu : désintégration et émiettement dans l'espace et surtout *destruction dans l'atmosphère terrestre*, mécanismes qui sont beaucoup plus efficaces pour les petits objets que pour ceux qui sont de taille hectométrique ou kilométrique, notamment du fait qu'il s'agit très souvent de fragments cométaires dont la cohésion structurale est de mauvaise qualité. Une simple approche très serrée à une planète peut déboucher sur une fragmentation sévère, voire sur une désintégration totale.

On l'a vu avec les météorites de l'armée américaine que cette destruction dans l'atmosphère semble être la règle pour les petits objets, car très peu d'entre eux ont pu parvenir sous forme de météorites sur la surface terrestre. Les autres se sont littéralement désintégrés sans laisser de traces.

Fréquence des collisions sur la Terre

Les données actuelles laissent à penser qu'environ 1 NEA de type Aten et Apollo sur 5 entrera en collision, dans un avenir plus ou moins proche, avec la Terre. La combinaison de cette information avec celles concernant la fréquence d'élimination individuelle permet de connaître la fréquence des collisions sur la Terre et sur les parties émergées et immergées de notre globe pour différentes catégories de diamètres.

On peut admettre au vu des données actuelles (comme de simples ordres de grandeur), pour des objets *entrant dans l'atmosphère*, que, *en moyenne* :

– 1 EGA de 100 mètres heurte la Terre tous les 350 ans, les océans tous les 500 ans et les terres émergées tous les 1200 ans ;

– 1 EGA de 300 mètres heurte la Terre tous les 3500 ans, les océans tous les 5000 ans et les terres émergées tous les 12 000 ans ;

– 1 EGA de 500 mètres heurte la Terre tous les 10 000 ans, les océans tous les 15 000 ans et les terres émergées tous les 35 000 ans ;

– 1 EGA de 1 km heurte la Terre tous les 50 000 ans, les océans environ tous les 70 000 ans et terres émergées tous les 170 000 ans.

L'énergie d'impact

On connaît le diamètre approximatif des EGA, ainsi que leur densité probable. Il est donc possible de calculer *leur énergie cinétique* au moment de l'impact, avec la formule classique : $E_c = \frac{1}{2} mv^2$. Cette énergie cinétique est égale au demi-produit de la masse par le carré de la vitesse d'impact. La vitesse est donc un facteur très important, puisqu'une vitesse double entraîne une énergie cinétique multipliée par 4.

On sait que tous les EGA connus ont des orbites directes et donc que leur vitesse à la distance de la Terre au Soleil ne peut pas être supérieure à 42,1 km/s (vitesse parabolique de la Terre). En fait, leur vitesse à r (rayon vecteur) = 1,00 UA est comprise entre 25 km/s (EGA de type Aten) et 38 km/s (EGA de type Apollo avec $a > 2,50$ UA et $e > 0,70$).

La *vitesse géocentrique* d'un EGA est une vitesse relative qui résulte de la combinaison de la vitesse propre de l'objet avec celle de la Terre (qui varie entre 29,3 et 30,3 km/s du fait de la légère excentricité de l'orbite terrestre). Cette vitesse géocentrique est la vitesse au moment de l'impact. On admet comme moyenne *une vitesse d'impact de 20 km par seconde*, mais avec des extrêmes qui peuvent atteindre 8 et 35 km/s selon la géométrie des orbites. Il faut préciser qu'à partir d'une certaine masse (quelques dizaines de milliers de tonnes), les EGA ne sont pratiquement pas freinés durant leur traversée de l'atmosphère et ils gardent donc une fraction très importante (plus de 90 %) de leur vitesse initiale.

Cette énergie d'impact est loin d'être négligeable. Ainsi un EGA de 1 km, comme les astronomes en découvrent régulièrement, de type S, densité 3,5 (aérolithe) avec une vitesse d'impact de 20 km/s, a une énergie cinétique $E_c = 3,7 \times 10^{20}$ joules. Un astre dix fois plus faible (100 mètres) a $E_c = 3,7 \times 10^{17}$ joules et un autre dix fois plus gros (10 km) a cinétique $E_c = 3,7 \times 10^{23}$ joules (38). La conclusion est claire : l'impact d'un EGA de 1 km de diamètre sur la Terre dégage une énergie supérieure à celle de tous les cataclysmes terrestres connus sur Terre depuis l'époque historique.

Notes

1. D.K. Yeomans, *Comets. A chronological history of observation, science, myth, and folklore* (John Wiley & Sons, 1991).
2. M. Festou, Ph. Véron et J.-C. Ribes, *Les comètes, mythes et réalités* (Flammarion, 1985).
3. J.-M. Homet, *Le retour de la comète* (Imago, 1985 ; préface de M. Vovelle).
4. *Le retour de la comète*, op. cit., citation p. 16.
5. L.L. Wilkening (ed.), *Comets* (University of Arizona Press, 1982).
6. J. Crovisier et Th. Encrenaz, *Les comètes. Témoins de la naissance du Système solaire* (Belin - CNRS Editions, 1995 ; préface de R.-M. Bonnet).
7. J.-C. Merlin et M. Verdenet, *Les comètes* (Tessier & Ashpool, 1995).
8. Dans les *hydrates*, les molécules d'eau sont piégées dans une structure cristalline, alors que dans les *clathrates*, les composants sont piégés dans

des cavités situées dans la structure d'un autre composant (exemple : le méthane piégé dans la glace d'eau).

9. T.I. Gombosi and H. Houpis, *An icy-glue model of cometary nuclei*, Nature, 324, pp. 43-46, 1986.

10. Ph. Rousselot, *Les comètes de l'Antiquité à l'ère post-Halley* (Broquet, 1996).

11. M.-A. Combes et J. Meeus, *Les fortes approches des comètes à la Terre*, L'Astronomie, 110, pp. 254-261, 1996.

12. G.W. Kronk, *Comets : a descriptive catalog* (Enslow Publishers, 1984). Ce livre contient les conditions de découverte et la description de plus de 650 comètes depuis l'Antiquité jusqu'à 1982.

13. F. Arago, *Les comètes* (1858). Le classique d'Arago qui a été réédité en fac-similé par la librairie Blanchard en 1986.

14. P. Maffei, *La comète de Halley. Une révolution scientifique* (Fayard, 1985). Titre original : *La cometa di Halley* (1984). Un livre totalement consacré à l'histoire de la comète de Halley, écrit par l'astrophysicien italien Paolo Maffei.

15. C. Sagan et A. Druyan, *Comète* (Calmann-Lévy, 1985). Titre original : *Comet* (1985).

16. E.J. Öpik, *Interplanetary encounters. Close-range gravitational interactions* (Elsevier, 1976).

17. B.G. Marsden and G.V. Williams, *Catalogue of cometary orbits* (Minor Planet Center, 2005). C'est la 16e édition de ce catalogue "officiel" des orbites cométaires, qui est constamment mis à jour. Toutes les comètes, toutes les orbites sont répertoriées. Dans la version 2005, on référence 3031 orbites et un total de 2991 apparitions pour 2221 comètes différentes connues à la mi-août 2005.

18. E. Everhart, *The origin of short-period comets*, Astrophysical Letters, 10, pp. 131-135, 1972.

19. M.-A. Combes et J. Meeus, *Les astéroïdes extérieurs à Jupiter*, L'Astronomie, 109, pp. 84-92, 1995 et *Nouvelles des astéroïdes extérieurs*, L'Astronomie, 110, pp. 228-233, 1996.

20. P. Henajeros, *L'adieu à la comète*, Science et Vie, 957, pp. 90-101, juin 1997.

21. J.-C. Merlin, *L'histoire tumultueuse de la comète P/Swift-Tuttle*, L'Astronomie, 107, 146-152, 1993.

22. B.G. Marsden, *The next return of the comet of the Perseid meteors*, Astronomical Journal, 78, 7, pp. 654-662, 1973.

23. Z. Sekanina, *Distribution and activity of discrete emissions areas on the nucleus of periodic comet Swift-Tuttle*, Astronomical Journal, 86, 11, pp. 1741-1773, 1981.

24. L. Jorda, J. Lecacheux et F. Colas, *Les jets de P/Swift-Tuttle*, L'Astronomie, 107, pp. 172-173, 1993.

25. T. Gehrels (ed.), *Asteroids* (University of Arizona Press, 1979) ; R.P. Binzel, T. Gehrels and M. Shapley Matthews (eds), *Asteroids II* (University of Arizona Press, 1989) ; W. Bottke, A. Cellino, P. Paolicchi and R.P. Binzel (eds), *Asteroids III* (University of Arizona Press, 2003). Ce sont les trois gros livres de référence sur le sujet parus à dix ans, puis à quatorze ans d'intervalle. Ils contiennent plusieurs centaines de contributions et plusieurs

milliers de références sur tous les domaines concernant les astéroïdes et sont indispensables aux spécialistes.

26. *Collection des Minor Planet Circulars (MPC) 1947-2011*. Cette collection qui comporte plusieurs dizaines de milliers de circulaires est l'outil de base du spécialiste. Elle est consultable sur Internet.

27. M.-A. Combes, *Étude sur les magnitudes absolues des astéroïdes*, *L'Astronomie*, 85, pp. 413-433, 1971.

28. M.-A. Combes, *Deux siècles de découvertes d'astéroïdes*, *L'Astronomie*, 115, pp. 17-28, 2001. Cet article a été écrit pour le numéro spécial *ASTÉROÏDES* de la revue *L'Astronomie*, préparé à l'occasion du bicentenaire de la découverte de Cérès.

29. R. Greeley and R. Batson, *The NASA atlas of the Solar system* (Cambridge University Press, 1997). L'atlas de référence sur le Système solaire avec une cartographie de tous les objets connus (214 photos, 157 cartes).

30. M.J. Gaffey and T.B. McCord, *Mineralogical and petrological characterizations of asteroid surface materials*, pp. 688-723, in *Asteroids*, op. cit., 1979.

31. M.J. Gaffey, J.F. Bell and D.P. Cruikshank, *Reflectance spectroscopy and asteroid surface mineralogy*, pp. 98-127, in *Asteroids II*, op. cit., 1989.

32. M.-A. Combes, *Note sur les EGA planétaires et cométaires*, *L'Astronomie*, 94, pp. 131-137, 1980.

33. Z. Sekanina, *A core-model for cometary nuclei and asteroids of possible cometary origin*, pp. 423-428, in *Physical studies of minor planets*, op. cit., 1971.

34. On calcule le diamètre *moyen* d (en km) avec la formule : $\log d = C - (H/5)$, dans laquelle C est une constante variable selon le type physique et l'albédo, et H la magnitude absolue. On utilise les constantes suivantes : type D = 4,00 ; type C = 3,90 ou 3,80 ; type M = 3,55 ; type S = 3,50 ; type E = 3,40 et type V = 3,30. Cette formule donne de très bonnes approximations. Quand on ignore le type physique, on utilise la constante moyenne $C = 3,50$.

35. Toutes ces listes, actualisées chaque jour, peuvent être consultées sur internet sur le site du Minor Planet Center.

36. M.-A. Combes et J. Meeus, *Apophis, l'astéroïde qui fait peur*, *L'Astronomie*, 119, pp. 488-492, 2005.

37. Il ne faut pas trop se focaliser sur cette fréquence d'élimination qui n'est que le résultat et l'analyse de statistiques qui varient sans cesse, mais il s'agit d'un ordre de grandeur acceptable, ou tout au moins, pour les sceptiques, d'une "idée" des chiffres qu'il faut connaître.

38. Le lecteur peut consulter les données chiffrées complètes, ainsi que beaucoup d'autres enseignements concernant ce chapitre, sur mon site internet *LA MENACE DU CIEL*.

CHAPITRE 6

LA COMÈTE BRISÉE

Les deux réservoirs de comètes

On distingue deux réservoirs très différents de comètes qui ont été mis en évidence au début des années 1950 (1), le premier par Jan Oort (1900-1992) et le second par Gerard Kuiper (1905-1973). Mais le second n'a vu sa réalité confirmée qu'au début des années 1990, grâce à la révolution technologique apportée par l'utilisation de caméras CCD très performantes, couplées avec des télescopes de grand diamètre sur des sites d'observation privilégiés (2). Les noms des deux pionniers de ces découvertes doivent être mentionnés ici, car ils ont permis une nouvelle avancée fondamentale. Ce sont David Jewitt et Jane Luu, deux astronomes américains qui travaillaient sur le site de Mauna Kea, à Hawaii, avec un télescope de 2,2 mètres d'ouverture.

Le nuage de Oort

C'est une "coquille" sphérique dont le Soleil est le centre (les inclinaisons ont toutes les valeurs possibles), que l'on peut situer en gros entre 2000 et 100 000 UA, c'est-à-dire une toute autre population que celle existant dans le Système solaire intérieur. On a tendance, de nos jours, à le diviser en deux parties bien distinctes : le *nuage externe*, compris entre 10 000 et 100 000 UA et le *nuage interne*, compris entre 2000 et 10 000 UA. Le nuage de Oort contient un nombre illimité d'objets (plusieurs milliards à coup sûr). Celles qui sont "précipitées" dans le Système solaire intérieur le sont à la suite de perturbations stellaires (passage d'une étoile à proximité relative du Soleil).

Le diamètre de ces objets peut varier de quelques km à plusieurs milliers de km. Mais en règle générale, la quasi-totalité des membres de ce groupe n'ont aucune raison de venir dans le Système solaire interne. Ce sont des astres primordiaux, c'est-à-dire directement issus de la formation du Système solaire, amorcée il y a plus de 4,6 milliards d'années par la condensation du disque de gaz et de poussière présolaire, en rotation sur lui-même, et qui engendra, outre le Soleil, les planètes et leurs satellites, d'innombrables résidus qui n'ont pas tous disparus par la suite.

Les statistiques ont montré que certaines comètes "neuves" (celles qui viennent pour la première fois dans le Système solaire intérieur) arrivent prioritairement d'une région située entre 40 000 et 50 000 UA (dans le nuage externe donc). Cela tendrait à montrer qu'il existe certaines zones plus denses en noyaux cométaires vers cette distance. On considère, en général, qu'une comète dont le demi-grand axe est inférieur à 10 000 UA (issue du nuage interne donc) n'est pas une comète neuve au sens strict, et que celles qui ont un tel demi-grand axe ont déjà effectué quelques (rares) apparitions près du Soleil.

De telles comètes ont déjà évolué *dynamiquement*. Ainsi la fameuse comète West, l'une des plus belles du XX^e siècle, qui est venue près du Soleil en 1976 et donc le demi-grand axe (= la distance moyenne au Soleil) était de l'ordre de 6800 UA (d'où une période voisine de 560 000 ans) n'était pas une comète neuve, puisqu'elle nous a déjà rendu plusieurs visites dans le passé, fort espacées dans le temps à l'échelle humaine, mais pas à l'échelle astronomique. Du fait de sa rupture en quatre morceaux lors de sa dernière visite, elle ne reviendra plus.

Les perturbations ne sont pas seulement dues aux passages erratiques d'étoiles près du Soleil, même si l'on sait que celles-ci en sont les responsables essentielles, ni aux forces de marée générées par la rotation de la Galaxie. L'astrophysicien allemand Ludwig Biermann (1907-1986) a montré le premier que les grands nuages moléculaires que traverse parfois le Système solaire contribuent eux aussi à perturber sensiblement les comètes du nuage de Oort. Certains de ces nuages moléculaires sont très massifs et peuvent atteindre plusieurs centaines de milliers de fois la masse du Soleil, dans un volume de plus de 100 années-lumière de diamètre.

Depuis leur formation, il y a 4,6 milliards d'années, le Soleil et sa nombreuse famille ont pu traverser ce genre de nuage géant une bonne dizaine de fois. Il n'est pas exclu alors qu'une quantité anormale de comètes ait pu être injectée en peu de temps dans le Système solaire intérieur. La traversée de nuages moléculaires plus petits, de l'ordre de 1000 à 10 000 fois la masse du Soleil, est bien sûr beaucoup plus fréquente. Elle serait de l'ordre d'une fois tous les 10 millions d'années (c'est-à-dire d'une centaine de fois par milliard d'années), avec des conséquences moindres, mais cependant nullement négligeables.

On voit ainsi que ces perturbations, qui peuvent être de nature différente, sont largement suffisantes pour permettre *un renouvellement permanent* de la matière cométaire près du Soleil, et aussi expliquer l'extraordinaire cratérisation qu'ont subi les diverses planètes et satellites, cratérisation qui, on le sait maintenant, était à la fois d'origine planétaire, mais aussi cométaire.

La ceinture de Kuiper

C'est en fait un disque relativement plat (quelques degrés pour les inclinaisons) situé entre environ 38 et 100 UA (peut-être même 200 UA) du Soleil, donc incontestablement une composante du Système solaire interne. Il pourrait contenir plusieurs millions d'objets (comètes et/ou astéroïdes), dits *objets de Kuiper*, de 10 à plus de 1000 km de diamètre, composés de glace mais aussi probablement de roches. Ceux qui "décrochent" de cette ceinture le font à la suite de perturbations planétaires, mais en général les excentricités sont modestes (très souvent inférieures à $e = 0,20$) et les orbites stables. Ce qui signifie que beaucoup de membres de ce groupe pourraient être des objets primordiaux.

Le bond technologique décisif du début des années 1990 a permis de découvrir en une vingtaine d'années seulement plus d'un millier d'objets de Kuiper, parmi lesquels on distingue différents groupes aux caractéristiques orbitales distinctes que l'on regroupe en deux catégories principales :

– les *Plutinos* qui forment la bordure interne de la ceinture. Ces objets qui ont a compris entre 38 et 42 UA apparaissent très nombreux. Comme Pluton (et son satellite Charon), ils ont la particularité très importante d'être en résonance 3/2 avec Neptune. Ils sont donc protégés de toute approche avec cette planète qui pourrait s'avérer dangereuse et signifier pour eux "le début de la fin", c'est-à-dire la plongée dans le Système solaire intérieur, avec les conséquences qui en découlent sur leur espérance de vie.

– les autres *KBO* (pour *Kuiper Belt Objects*) qui ont entre 40 et 100 UA (et même plus pour certains) et qui ne bénéficient pas de cette résonance 3/2. Ce sont des membres de la ceinture de Kuiper qui ont en principe une orbite très stable et beaucoup doivent exister depuis la formation du Système solaire. C'est parmi eux que, suite à des perturbations, principalement dues à Neptune, certains objets voient leur excentricité augmenter et leur périhélie diminuer, avec les risques majeurs que cela comporte : approche à Neptune et injection sur une orbite plus petite, souvent dans un premier temps de type *centaure*, ou injection directe avec une excentricité quasi parabolique dans le Système solaire intérieur et avec un périhélie à l'intérieur de l'orbite de Jupiter.

Les objets de Kuiper sont soit des astéroïdes, soit des comètes, soit des objets *mixtes* qui ont à la fois des caractéristiques physiques planétaires (noyau rocheux notamment) et cométaires (enveloppe de glace et de poussières agglomérées). Bien sûr, il existe des milliards d'objets plus petits que les quelques milliers qui sont observables de la Terre avec les moyens actuels et qui doivent avoir quelques centaines de mètres seulement dans le bas de la fourchette. La quasi-totalité de ces petits objets resteront à jamais indécélables, sauf s'ils sont éjectés de la ceinture de Kuiper et survivent ultérieurement sur des orbites beaucoup plus petites (familles cométaires de Jupiter et Saturne). Ils pourraient être alors découverts comme des NEA classiques s'ils s'approchent suffisamment de l'orbite terrestre.

Il faut signaler aussi que dans cette région lointaine du Système solaire, il existe quelques gros objets qui ont droit au titre de *planètes naines*. Ce sont Pluton, qui a perdu son statut de planète majeure en 2006, Haumea, Eris et Makemake, et quelques autres en attente de numérotation. Mais aucune n'est en mesure de pénétrer dans la région des planètes.

Les centaures et autres objets apparentés

Il est apparu, depuis l'utilisation des caméras CCD qui permettent de repérer des astres beaucoup plus faibles que précédemment, qu'il existe de nombreux objets circulant d'une manière autonome (comme des mini-

planètes) entre les orbites de Jupiter et de Neptune. Tous sont enregistrés comme astéroïdes (puisque n'ayant pas d'activité physique apparente), mais quasiment tous peuvent être considérés comme *d'origine cométaire* (ou *astéroïdo-cométaire* pour les objets mixtes), puisque issus très probablement des deux réservoirs cométaires. Ce sont les *centaures*.

Cette étape *centaure* semble être une étape intermédiaire "normale" pour les objets du Système solaire externe. Certains objets de Kuiper éjectés de la ceinture sont injectés dans le Système solaire intérieur sur des orbites provisoires et *chaotiques*. Ces orbites évoluent ensuite sans cesse au gré des perturbations planétaires, avec une tendance à la diminution progressive du demi-grand axe. Leurs jours, à l'échelle astronomique, sont comptés. La fragmentation, l'émiettement, la désintégration, la disparition totale à long terme (parfois aussi une expulsion salvatrice) les guette.

Deux objets sont représentatifs des centaures et des objets apparentés (ceux qui circulent entre les orbites de Jupiter et Uranus) : Pholus et Damocles. Leur histoire permet de comprendre les différentes étapes de la vie d'objets extérieurs perturbés et qui peuvent se retrouver en fin de vie dans le Système solaire intérieur avec une espérance de vie, avant fragmentation ou impact direct dans certains cas, très faible à l'échelle astronomique : quelques millions d'années au maximum.

Damocles

Il s'agit d'une ancienne comète, découverte en 1991, qui est issue du nuage de Oort et qui ensuite, à l'occasion d'une intrusion dans le Système solaire intérieur, a été *capturée par Uranus* (3). N'ayant pas d'activité cométaire, cet objet a été catalogué comme un astéroïde, bien que son origine cométaire ne fasse pas de doute. Ses éléments orbitaux sont exceptionnels : $a = 11,9$ UA (il circule donc en moyenne entre Saturne et Uranus), $e = 0,87$ et $i = 62^\circ$. Damocles s'approche de l'orbite de Mars au périhélie ($q = 1,58$ UA). Les calculs montrent que cette orbite *chaotique* est très provisoire et qu'elle va évoluer, avec une diminution de la période et du demi-grand axe. Damocles deviendra un objet Apollo dans quelques dizaines de milliers d'années.

Il est devenu le prototype des "objets venus d'ailleurs" qui peuvent devenir dangereux à long terme pour la Terre (et les autres planètes intérieures) dont on soupçonnait depuis longtemps l'inclusion possible dans le Système solaire proche. Bien qu'il soit l'un des plus petits "astéroïdes" extérieurs actuellement connus, son diamètre est de l'ordre de 15 km, ce qui fera de lui le plus gros des objets Apollo, dont le diamètre n'atteint que très rarement 10 km. Avec une vitesse au périhélie qui sera de l'ordre de 40 km/s, il pourrait devenir à long terme un objet dangereux pour la Terre.

L'histoire passée et à venir de Damocles a permis de montrer l'un des mécanismes d'introduction (et de renouvellement permanent) d'anciennes comètes à longue période dans le Système solaire intérieur. Ce mécanisme comporte quatre étapes :

1. perturbations stellaires qui les chassent du nuage de Oort et en précipitent certaines dans le Système solaire intérieur ;
2. capture de l'une d'entre elles par l'une des grosses planètes (Jupiter principalement, mais aussi Saturne, Uranus et Neptune) sur une orbite chaotique à courte ou moyenne période ;
3. évolution de cette orbite, avec parallèlement diminution progressive, puis disparition totale des éléments volatils, et possibilité d'approches serrées aux planètes ;
4. impact possible sur une planète avec éventuellement formation de cratère et conséquences sur la vie s'il s'agit de la Terre.

Cet enchaînement d'événements explicite fort bien les "morts en masse" mises en évidence par les spécialistes des sciences de la vie. Damocles permet de montrer que ce mécanisme de capture n'est pas une "vue de l'esprit", et surtout de rappeler que si les comètes et les astéroïdes "dangereux" n'existent pas forcément actuellement, ils peuvent être introduits *épisodiquement* (et non pas *cycliquement*) dans le Système solaire intérieur à la suite de perturbations stellaires.

Chiron

Cet objet est le prototype des *centaures*. Il a été découvert en 1977 (4) et catalogué comme un astéroïde, puisqu'il s'était jusqu'alors toujours montré ponctuel. En effet, on l'a retrouvé sur plusieurs plaques photographiques prises antérieurement, la plus ancienne remontant à 1895. Ce n'est que bien plus tard, en 1988, que l'on commença à soupçonner une activité cométaire, liée à un sursaut anormal de magnitude (son éclat doubla quasiment) en relation avec le rapprochement de Chiron vers son périhélie. Apparemment, le léger réchauffement de la surface a été suffisant pour "réveiller" la grosse boule de glace et de roches en léthargie sur la plus grande partie de son parcours, et il a bien fallu (re)considérer Chiron comme une comète.

Cet objet circule sur une orbite *instable* avec $a = 13,7$ UA, $e = 0,38$ et $i = 6,9^\circ$. Sa période est donc de 51 ans. Il vient au périhélie à 8,5 UA (la dernière fois en février 1996). Tous les calculs montrent que l'orbite est chaotique et donc obligatoirement récente. Il a décroché d'une orbite stable dans la ceinture de Kuiper à la suite de perturbations exceptionnelles, pour suivre provisoirement une orbite de type centaure comme actuellement.

Chiron est le premier spécimen d'une nouvelle population d'objets, beaucoup plus gros que les comètes normales, et *à la fois comète et astéroïde* (5) . Des observations dans l'infrarouge ont montré qu'il s'agit d'un objet de forme grossièrement sphérique, mais qui présente quand même des variations régulières de 9 % dans sa courbe de lumière, avec une période de rotation de 5,9 heures et un albédo de l'ordre de 0,10. Un tel albédo suggère que Chiron

est constitué en surface d'un mélange de roches, de poussières, de gaz gelés et aussi de glace. C'est celle-ci qui se sublime et qui provoque les sursauts d'éclat observés. La présence d'une légère chevelure de glace et de poussières prouve qu'un mécanisme, que l'on suppose être dû principalement à la sublimation, éjecte de la surface de Chiron ses composants les plus volatils. On a noté entre autres la présence de cyanogène (CN) dans cette chevelure.

Le diamètre de Chiron n'est pas encore connu avec précision. Il a $H = 6,0$, mais comme son albédo est nettement plus élevé que celui des objets de type C et D, ce diamètre pourrait être de l'ordre de 200 km. Ce n'est pas un diamètre de comète classique, telle qu'on la concevait jusqu'alors, qui sauf rares exceptions, ne dépasse pas 50 km. En fait, toutes les comètes périodiques ont plutôt des diamètres de l'ordre de 5 ou 10 km, souvent moins même.

Chiron fut le premier centaure repéré, mais on en connaît déjà de nombreux autres, tels Pholus et Nessus. Le XXI^e siècle permettra d'en découvrir des centaines d'autres.

La désintégration des comètes

Nous allons voir maintenant le problème de la *fragmentation* et de la *désintégration* des comètes, à travers deux exemples différents mais très significatifs. Il faut bien comprendre, en effet, que ce problème est crucial pour expliquer le *renouvellement* constant de la matière dans le Système solaire intérieur. Des comètes sont capturées, elles se fragmentent, certains débris heurtent les planètes, d'autres se désagrègent en poussière cosmique, c'est la règle immuable depuis des milliards d'années et pour des milliards d'années encore car la matière disponible dans le nuage de Oort et dans la ceinture de Kuiper est *inépuisable*.

La comète d'Aristote et le groupe de Kreutz

On connaît cette comète (et ses multiples résidus ultérieurs) depuis l'époque d'Aristote (6) qui l'observa lui-même en -371 alors qu'il n'était qu'un enfant de 12 ans. Elle fut observée très près du Soleil à l'horizon ouest et, paraît-il, sa queue s'étendit sur un tiers du ciel. Il est certain qu'il s'agissait alors d'un astre très impressionnant, d'une très grosse comète *unique* qui se divisa à l'occasion de ce passage dans la banlieue solaire en *deux fragments*, observation capitale rapportée par l'historien grec Ephorus (IV^e siècle avant J.-C.) (7). C'était le premier acte d'une fragmentation due principalement aux forces de marée solaire, prélude à un véritable émiettement ultérieur.

En 1880, Daniel Kirkwood (1814-1895) suggéra que la *Grande comète de Mars* 1843 et la *Grande comète australe* de 1880 pouvaient être associées avec la comète de -371, du fait de la similarité du mouvement. On sait que la comète de 1843 passa à seulement 820 000 km (= 0,006 UA) du Soleil, sur une orbite inclinée à 144,4°, donc rétrograde, et la comète de 1880 à 820 000 km également, avec $i = 144,7^\circ$. La parenté de ces deux comètes ne

faisait aucun doute. Les considérer comme des "descendantes" de la comète d'Aristote était plus hardi, mais cette hypothèse de Kirkwood a été largement confirmée par tous les travaux ultérieurs sur le sujet.

Par la suite de très nombreuses comètes se révélèrent avoir des éléments orbitaux quasiment identiques et donc avoir une origine commune. C'était donc un véritable chapelet de comètes qui revenaient au périhélie, à proximité immédiate du Soleil, vestiges de la comète mère d'Aristote. On doit à l'astronome allemand Heinrich Kreutz (1854-1907) d'avoir montré que les quatre comètes des années 1880 avaient des orbites similaires et qu'elles descendaient directement de la comète de 1106, elle-même fragment de la comète d'Aristote à son quatrième passage près du Soleil. Cette comète de 1106 avait $P = 370$ ans environ et $a = 51,5$ UA environ, donc un demi-grand axe à l'intérieur de la ceinture de Kuiper (bien qu'elle n'en soit pas originaire). C'est lui qui donna son nom à ce groupe de comètes, véritables Sun-grazers : *le groupe de Kreutz*. Ce groupe est une véritable *famille* puisque tous ses membres ont un progéniteur commun. Kreutz identifia également les comètes de 1668 et de 1695 comme faisant partie de ce groupe.

Au cours du XX^e siècle, de nombreux nouveaux membres du groupe ont été identifiés (8), notamment la fameuse comète Ikeya-Seki de 1965 qui atteignit la magnitude -10 . A partir de 1979, ce sont les satellites *Solwind* et *SMM* qui remplacèrent les découvertes terrestres. Depuis 1996, plus d'un *millier de nouveaux fragments* du même groupe ont été repérés (9) très près du Soleil par le satellite *SOHO*, destiné principalement à l'étude de notre étoile, mais capable aussi d'annoncer des impacts minuscules à sa surface et des passages à proximité immédiate de sa surface. *SOHO* s'est avéré un surveillant du ciel très efficace et un formidable découvreur de comètes.

Il semble bien que ce soient des milliers de fragments minuscules qui ont été successivement engendrés par les résidus principaux de la comète mère, qui devait être un astre d'envergure, d'un diamètre *centaurien* (plusieurs centaines de km).

La généalogie complète de cette grande famille de comètes a été établie par Brian Marsden qui a montré que les comètes du groupe de Kreutz se rangent aujourd'hui en deux sous-groupes principaux. Il apparaît clairement que le progéniteur de tous ces résidus cométaires est bien la comète de -371 , et que la majorité des fragments connus sont directement issus de la comète de 1106. Celle-ci s'est fragmentée depuis en plusieurs morceaux de tailles inégales, certains de ceux-ci s'étant eux-mêmes fragmentés à leur tour. La comète de 1882 s'est scindée en quatre fragments, celle de 1965 (Ikeya-Seki) en trois fragments.

On assiste donc à un véritable *émiettement* progressif. Certains fragments reviendront encore près du Soleil, d'autres l'ont déjà heurté et n'existent plus, d'autres encore se sont littéralement désintégrés et sont redevenus poussière cosmique. L'exemple du groupe de Kreutz est extrêmement

instructif et montre clairement la réalité et l'importance de ce problème de fragmentation et d'émiettement et celui des comètes apparentées, c'est-à-dire issues d'un progéniteur unique, parfois d'un gros diamètre comme c'était obligatoirement le cas pour la comète d'Aristote.

D'où venait-elle : nuage de Oort ou ceinture de Kuiper ? Probablement du nuage de Oort, compte tenu de l'inclinaison rétrograde de 145° ($180 - 145 = 35^\circ$). Elle semble, dès le début, avoir dû subir une fragmentation du fait d'une cohésion physique insuffisante des glaces et des poussières la composant. La comète d'Aristote et ses innombrables débris sont uniquement composés de matière fragile et elle s'est quasiment désintégrée en moins de 2500 ans et quelques passages à proximité du Soleil. Il est quasiment certain que d'ici quelques millénaires, il ne restera *rien* de la fameuse comète d'Aristote. Tout redevient poussière, parfois à une vitesse accélérée pour les comètes, surtout si elles viennent frôler le Soleil.

La fragmentation de Hephaistos

Je vais parler maintenant d'un autre cas de fragmentation, très différent de celui que nous venons de voir qui concernait une comète de glace venant du nuage de Oort. *Hephaistos*, la comète brisée à laquelle est consacré ce chapitre, était un objet de plusieurs dizaines de kilomètres de diamètre au minimum, issu de la ceinture de Kuiper, à la fois *comète et astéroïde*, qui a certainement subi provisoirement l'étape *centaure*, de quelques millions d'années tout au plus, avant de venir se faire piéger dans le Système solaire intérieur où ses jours en tant qu'objet *unique* étaient comptés. Ce n'est qu'à partir du début des années 1990 qu'on a pu saisir les diverses étapes de la vie de tels objets.

On connaît un centaine d'objets (avec $e > 0,70$ (10)) connus ou soupçonnés être des fragments et résidus de *Hephaistos*, ce progéniteur aujourd'hui disparu, dont la capture dans le Système solaire proche (à l'intérieur de l'orbite de Neptune) ne peut excéder quelques millions d'années et la fragmentation *initiale* quelques centaines de milliers d'années, c'est-à-dire une durée insignifiante à l'échelle astronomique. L'émiettement se poursuit encore de nos jours et entraîne pour les membres de la famille une dispersion des éléments orbitaux, notamment les valeurs des nœuds ascendants, des arguments et longitudes des périhélie qui s'écartent les uns des autres à une vitesse de 4° par millénaire (1° tous les 250 ans en moyenne) et qui finiront par prendre toutes les valeurs possibles entre 0 et 360° .

L'existence de deux groupes principaux a été mise en évidence. Ils sont issus d'une rupture globale récente, mais on peut aussi mettre en évidence des dislocations ultérieures (l'émiettement permanent). On peut ainsi "reconstituer" des objets intermédiaires qui existaient encore il y a quelques dizaines de milliers d'années et même quelques *milliers d'années* pour certains d'entre eux, c'est-à-dire quelques petites "secondes" à l'échelle astronomique.

Ce n'est que dans le courant des années 1980 que les astronomes ont compris que des objets qui *paraissaient* différents comme P/Encke et Oljato ne formaient en fait qu'un seul objet il y a seulement 9500 ans, c'est-à-dire vers -7500. Dès 1978, Lubor Kresak (1927-1994) avait envisagé une parenté entre P/Encke et Ogdy, l'objet de la Toungouska, qui a heurté la Terre le 30 juin 1908. En octobre 1978, peu de temps après sa découverte par Ludmila Chernykh, l'astéroïde 1978 SB (baptisé par la suite Hephæistos) attira l'attention des spécialistes du fait d'éléments orbitaux caractéristiques (a , e et i) identiques pratiquement à ceux de P/Encke, mais tout de suite se posa le problème des diamètres. En 1980, sur ce point très important qui a fait douter les spécialistes sur l'origine commune aujourd'hui quasiment admise par tous, j'écrivais ceci :

" Cette ressemblance frappante des éléments orbitaux a fait émettre l'hypothèse, par certains astronomes, que les deux objets seraient deux fragments d'une ancienne comète brisée lors d'un passage près du Soleil. Mais cela est plus que douteux pour la raison suivante : il se trouve que le g de 1978 SB est relativement élevé (15,2), ce qui correspond à un diamètre voisin de 7,2 km pour un astéroïde cométaire. Au contraire, le noyau solide (non sublimable) de P/ Encke est probablement inférieur à 1,5 km de diamètre. En bonne logique, P/Encke aurait dû brûler ses derniers éléments volatils au moins 2000 ou 3000 ans avant 1978 SB et devenir un astéroïde avant lui. Or, c'est l'inverse que l'on observe, puisque P/Encke est encore une comète active pour 100 ou 200 ans, alors que 1978 SB ne présente aucune activité cométaire suspecte et n'est plus sujet aux forces non gravitationnelles qui sont caractéristiques des comètes dont le noyau est encore actif. Il est pratiquement certain que 1978 SB a été injecté dans le Système solaire proche longtemps avant P/Encke, et donc l'hypothèse d'une origine commune pour ces deux objets est fautive. La similitude des deux orbites, bien que très frappante, est un argument tout à fait insuffisant pour conclure à la fragmentation d'un objet unique. " (11)

Aujourd'hui, au contraire, la parenté étroite entre ces deux objets ne fait plus guère de doute. Il reste à résoudre la question : pourquoi P/Encke est-elle encore une comète active et Hephæistos déjà un astéroïde cométaire ? Il est obligatoire de trouver une solution satisfaisante à ce problème. Les spécialistes dans leur majorité (12) optent maintenant pour l'idée suivante : le fragment P/Encke qui a préservé certains éléments volatils a été *en sommeil* durant plusieurs millénaires et n'est de nouveau *actif que depuis peu de temps*. Il ne se serait "réveillé" que quelques dizaines d'années avant sa découverte au XVIII^e siècle. Il paraît impossible en effet qu'il ait été actif en permanence depuis l'Antiquité. Découvert seulement dans les années 2100, P/Encke aurait été cataloguée directement comme un astéroïde comme l'est son frère jumeau Oljato, qui a peut-être lui aussi eu des *sursauts* cométaires durant les siècles passés, mais qui semble aujourd'hui

définitivement "éteint" et privé de toute matière encore susceptible de se sublimer et donc de présenter un caractère cométaire.

Parmi les membres possibles de la *famille Hephaistos*, on cite parfois la comète à courte période D/Helfenzrieder, découverte en 1766 mais qui n'a pas été réobservée depuis. Qu'est devenue cette comète ? S'est-elle totalement désintégrée ? Survit-elle sous la forme d'un astéroïde minuscule que l'on découvrira peut-être un jour ? A-t-elle bénéficié à l'époque d'un sursaut exceptionnel de courte durée qui a permis sa découverte ? Autant de questions qui restent sans réponse, mais la parenté avec les astéroïdes de la famille reste possible.

Notons encore, pour terminer avec le problème de la désintégration des comètes, que quasiment chaque fragment volumineux engendre à son tour une famille de météores associés. Plusieurs essaims sont liés génétiquement aux fragments de *Hephaistos*, et notamment celui très important connu sous le nom de *Complexe des Taurides*, qui est associé à P/Encke et qui comporte encore des objets de taille substantielle. Ogdy, l'objet de la Toungouska, était probablement l'un d'eux.

La famille *Hephaistos*

Une famille mi-cométaire/mi-planétaire

Tous les membres connus, excepté P/Encke, sont recensés comme astéroïdes puisqu'ils n'ont plus *actuellement* d'activité cométaire perceptible. La plupart sont des *astéroïdes cométaires*, c'est-à-dire qu'ils ont été *actifs* à une certaine période de leur vie d'astres indépendants. Quelques-uns, par contre, n'ont peut-être jamais eu d'activité cométaire et sont de vrais astéroïdes. C'est le paradoxe de ces gros objets venus de la ceinture de Kuiper qui ont une composition hétérogène et qui sont *à la fois* des comètes et des astéroïdes. Certaines parties sont composées de glace, capables après fragmentation de se sublimer et de présenter provisoirement une activité de type cométaire, d'autres parties sont rocheuses et donc astéroïdales. On retrouve donc cette *double composition* dans les débris. *Hephaistos* est une famille *mixte*, mi-cométaire et mi-planétaire.

Tous les objets de la famille ont une très forte excentricité (voisine de 0,80 et toujours supérieure à 0,60) et une faible inclinaison (comprise entre 0 et 13°), mais avec des différences qui deviennent sensibles avec le temps qui passe. Des perturbations, parfois sévères, que certains débris peuvent subir à l'occasion d'approches serrées aux planètes, peuvent entraîner des modifications dans les éléments orbitaux. Il faut aussi se rappeler que certains fragments ont subi des perturbations de type *non gravitationnel*, alors qu'ils étaient encore actifs, qui les ont éloignés des éléments types qui étaient ceux de l'objet primitif *Hephaistos* avant sa première fragmentation.

Il est certain, comme c'est le cas pour le nombreux groupe de Kreutz, que la fragmentation s'est constamment répétée, chaque morceau devenu

autonome générant à son tour de nouveaux fragments plus petits et une infinité de poussières (13). Pour ce qui est du demi-grand axe (et de la période), les écarts sont plus importants, certains fragments s'étant retrouvés sur des orbites plus petites à la suite de l'*accélération* du mouvement subie à l'occasion de fortes approches aux planètes. On peut penser qu'une valeur assez proche de 2,17-2,20 UA (qui est celle de Hephaistos, Oljato et P/Encke) était la valeur de base, mais on constate que certains fragments ne font plus partie de l'anneau principal des astéroïdes (2,06-3,58 UA) et circulent en moyenne entre Mars et l'anneau principal. Il n'y a pas lieu de vraiment s'en étonner, et cela ne doit pas masquer une *origine commune* probable.

La comète, puis probablement centaure, progéniteur de la famille *Hephaistos* était un gros objet, de plusieurs dizaines de kilomètres de diamètre *au minimum*, mais qui pouvait peut-être atteindre ou dépasser en fait 100 km, comme c'est le cas pour Chiron, Pholus et quasiment tous les objets connus de la ceinture de Kuiper. Cette réalité incroyable a été une révélation pour tous ceux qui se sont penchés sur la menace réelle que présentent les astéroïdes et les comètes pour la Terre et l'humanité qu'elle abrite. Plusieurs fois par million d'années, des nouveaux objets sont transférés dans le Système solaire intérieur et leurs fragments ultérieurs renouvellent le stock des objets susceptibles de heurter l'une des planètes ou l'un de leurs satellites dans les quelques millions d'années qui suivent ce transfert.

Une fragmentation obligatoirement récente

La question que l'on se pose est celle-ci : " *Depuis quand a commencé la fragmentation de Hephaistos ?* " Une autre question vient immédiatement après : " *Peut-on dater approximativement la fragmentation des différents objets actuellement recensés ?* " Bien sûr, il est exclu de répondre avec précision à ces deux questions puisqu'on ignore les perturbations gravitationnelles et aussi non gravitationnelles qu'ils ont subies, mais on peut avoir un ordre de grandeur intéressant. Celui-ci se chiffre seulement en dizaines de milliers d'années pour la première question, et en milliers d'années pour les fragmentations les plus récentes.

On ne sait pas quand *Hephaistos* a été définitivement injecté dans le Système solaire intérieur, suite à des perturbations catastrophiques dues à l'une des quatre grosses planètes externes (Neptune, Uranus, Saturne ou Jupiter). Cet événement peut remonter à plus de 100 000 ans. Mais le début de la fragmentation a pu être sensiblement plus tardif et remonter à seulement quelques *dizaines de milliers d'années*. On pense qu'elle doit être liée à une très forte approche à l'une des trois planètes intérieures : Mercure, Vénus ou même la Terre. En tout cas, il s'agit d'un événement très récent à l'échelle astronomique.

Un détail intrigue les astronomes : de nombreux fragments peuvent s'approcher très près de Mercure (c'est encore le cas de P/Encke et surtout

de Hephaistos, notamment), ce qui est assez rare quand même en général pour les astéroïdes et les comètes. Cela a-t-il un rapport possible avec la fracture initiale ou est-ce pure coïncidence ? En règle générale, les astronomes n'aiment pas trop les coïncidences, surtout si elles se répètent de façon anormale.

Se pourrait-il que ce soit une approche *rasante* à Mercure qui ait fait exploser *Hephaistos* et, en *accélération fortement* son mouvement, diminuer d'une manière drastique la période de révolution qui est anormalement faible pour une comète, puisque l'aphélie de P/Encke et celui des autres fragments devenus astéroïdaux sont largement inférieurs au demi-grand axe de Jupiter. On sait que les comètes de la famille de Jupiter ont quasiment toutes leur aphélie à l'extérieur de l'orbite de la planète géante. Il s'est donc passé pour *Hephaistos* un événement unique (non encore identifié) qui a permis une réduction très importante des valeurs de l'aphélie et du demi-grand axe. Par contre, le périhélie n'aurait pas beaucoup évolué. Ce détail laisse à penser que *le cataclysmes responsable a eu lieu près du Soleil*.

Une dispersion des éléments orbitaux avec le temps

On considère qu'en moyenne la dispersion des longitudes du périhélie s'effectue à raison de 4° par millénaire, soit en gros 1° tous les 250 ans. Donc, pour les 360° de la sphère céleste, le processus complet demande environ 90 000 ans, pour 180° 45 000 ans, et pour 90° 22 500 ans. Quand on compare la longitude du périhélie, qui est un élément caractéristique, pour les objets connus de la famille, on a une première indication sur les fractures *successives* des différents fragments.

Certains groupements serrés (moins de 20°) pourraient signifier une rupture datant de 5000 ans seulement. Les calculs ont montré que P/Encke et Oljato dont les périhélies diffèrent de seulement 12° formaient encore un seul astre il y a 9500 ans (soit vers -7500). Mais la dispersion des autres éléments orbitaux montre que leur histoire ultérieure (surtout celle d'Oljato d'ailleurs) a été *très agitée*, et que Jupiter y a joué un rôle prépondérant.

Des essaims de poussière comme produits de désintégration

L'espérance de vie de tous ces fragments est très faible à l'échelle astronomique. Vont-ils heurter une des quatre planètes intérieures, être expulsés ou s'émietter encore ? Nous verrons au chapitre 10 que certains fragments ont déjà probablement heurté la Terre durant la protohistoire et l'Antiquité. La fameuse comète Sekhmet qui a heurté la Terre au XIII^e siècle avant J.-C. faisait probablement partie de la famille *Hephaistos*.

Victor Clube et Bill Napier vont encore plus loin. Pour eux, un gros fragment cométaire de *Hephaistos* pourrait fort bien avoir été le *responsable* de la dernière glaciation. La grande quantité de poussière cométaire déposée sur la Terre quand celle-ci traversait le nuage cosmique, produit d'une désintégration partielle de l'objet initial, aurait entraîné ce qu'ils ont appelé

un *hiver cosmique* (14). D'autres essaims de poussières, issus de la désintégration progressive de certains fragments importants, auraient même pu faire de cet hiver cosmique un phénomène à répétition.

Cette hypothèse pourrait être confirmée dans l'avenir (15) par une étude de la distribution et de la nature exacte de la poussière piégée dans les calottes polaires du Groenland et de l'Antarctique entre la période -20000 et -10000. Cette poussière, de nature particulière, pourrait fort bien être une poussière d'origine cosmique et non terrestre. Une étude préliminaire semble indiquer une concentration anormale de certains éléments, notamment en argent et surtout en étain. Ces éléments montrent clairement *le caractère mixte du progéniteur* qui ne pouvait être une simple boule de glace géante.

Une période de pollution cosmique

Il faut noter l'existence de nombreux objets de taille hectométrique et décamétrique parmi les fragments déjà identifiés de *Hephaistos*. Cela signifie que des *milliers* d'autres fragments minuscules restent à découvrir, véritable *mitraille cosmique* issue de fragmentations successives, et aussi d'un émiettement qui se poursuivra encore pendant plusieurs milliers ou même dizaines de milliers d'années, à partir du moment où le progéniteur de base n'était pas uniquement formé de glace, mais qu'il était composé également de roches plus résistantes.

Le résultat est clair et étonnant : nous vivons actuellement, depuis quelques dizaines de milliers d'années, *une période de pollution astronomique inhabituelle*. Cette mitraille cosmique, issue d'un corps unique, hétérogène par sa composition, existe encore, principalement sous forme microscopique mais pas uniquement, dans les différents essaims associés aux débris des principaux fragments, notamment dans le *Complexe des Taurides* associé, lui, directement à P/Encke.

Les cataclysmes du passé doivent être un avertissement (16). Ils n'étaient pas une fin en soi, mais un aboutissement normal de la désintégration d'un corps cosmique important dans la banlieue solaire. Le catastrophisme d'origine cosmique existe depuis toujours, sous des formes diverses. Avec *Hephaistos* et ses débris, nous vivons un épisode du *billard cosmique* à l'échelle locale.

Certaines collisions futures paraissent d'ores et déjà inévitables à moyen terme, poursuite d'un processus qui existe en fait depuis quelques milliers d'années, et appelé à se poursuivre encore sur plusieurs dizaines de milliers d'années. L'émiettement pourrait en être seulement à une phase intermédiaire, puisque de nombreux fragments connus et à découvrir sont incontestablement de taille kilométrique. Avant que tous ces fragments soient redevenus *poussières*, il y aura encore de nombreux impacts et une infinité de météores associés aux divers courants météoriques liés aux résidus de *Hephaistos*.

Il faut bien l'admettre, Clube et Napier ont levé un lièvre fantastique avec leur hypothèse d'une comète géante éclatée dans l'environnement immédiat de la Terre. C'est probablement la réalité, mais une réalité difficile à cerner et qui ne se laisse appréhender que pièce par pièce.

Des milliers de petits fragments restent à découvrir

L'hypothèse de la capture, il y a quelques dizaines de milliers d'années, dans le Système solaire intérieur, d'une grosse comète, ou plus probablement d'un objet mixte mi-comète/mi-astéroïde, est probablement fondée. Le nombre d'astéroïdes connus issus de la fragmentation et de l'émiettement ultérieur d'un progéniteur unique est en constante augmentation. Et surtout tous ces objets sont assez facilement identifiables, grâce à leur très forte excentricité (dans la fourchette 0,70-0,85 en général) et leur faible inclinaison (entre 0 et 12°), les valeurs du demi-grand axe étant plus dispersées, suite à des perturbations différentes. Certains membres ont été accélérés et ont vu leur période diminuer, quittant ainsi l'anneau principal où ils ont "commencé leur carrière" pour devenir des NEA circulant entre la Terre et Mars avec $a < 2,00$ UA.

Une origine dans la ceinture de Kuiper

On penche aujourd'hui pour la capture récente (à l'échelle astronomique) d'un *centaure* plutôt que d'une comète géante arrivant *directement* de la ceinture de Kuiper, mais l'origine de *Hephaistos* est très probablement cette ceinture dans laquelle cohabitent des milliards d'objets de toute taille, certains pouvant dépasser les 1000 km de diamètre. Un objet cosmique ne peut vivre toute son existence en tant que *centaure*, étape fréquente, mais non obligatoire, qui ne peut excéder quelques dizaines de millions d'années au maximum. Donc *Hephaistos* venait primitivement d'ailleurs, de plus loin.

On sait que ces *centaures* sont souvent des objets mixtes et que leurs fragments peuvent être de nature différente, ce qui est moins paradoxal qu'il n'y paraît. Certains *ont eu* une activité cométaire, mais pas tous. Le type *physique* de ces fragments est différent selon leur composition de surface, et c'est bien ce que l'on observe avec les divers fragments recensés. Un des fragments de *Hephaistos*, qui n'est pas le plus gros, loin de là, après une longue période de sommeil durant laquelle il a été un NEA cométaire parmi d'autres, *s'est réveillé*, peut-être à la suite d'un choc dans l'espace. C'est P/Encke, la fameuse comète périodique qui n'est à nouveau active que depuis *trois siècles* seulement et pour très peu de temps (deux ou trois siècles au maximum).

La découverte par le calcul que P/Encke et Oljato étaient encore, il y a moins de 10 000 ans, un seul et même fragment de *Hephaistos* a été une découverte essentielle pour comprendre la complexité de notre histoire cosmique récente. A la fragmentation initiale, il s'est ajouté une fragmentation ultérieure et un véritable *émiettement*, du fait de la très faible cohésion de certains fragments et des très fortes approches aux planètes

qu'ils ont subies. Mais comme la rupture initiale est quasi contemporaine (à l'échelle astronomique), la désintégration est loin d'être terminée et elle se poursuit encore actuellement quasiment sous les yeux des astronomes.

P/Encke est le fragment le plus connu de la famille, et c'est par rapport à cette comète que l'on situe les divers courants météoriques associés, courants déjà dispersés et issus eux-mêmes de l'émiettement d'objets secondaires qui se sont séparés bien après le cataclysme initial qui a donné naissance à des fragments majeurs comme Hephaistos (qui a logiquement donné son nom au progéniteur *Hephaistos*) et Heracles. Une partie de ces divers courants et de nombreux astéroïdes minuscules (moins de 100 mètres de diamètre) sont des composants du *Complexe des Taurides*. L'origine commune ne fait pas de doute.

Il n'empêche qu'aujourd'hui la quasi-totalité des fragments générés par *Hephaistos* sont des *astéroïdes*, définitivement dégazés pour ceux qui ont eu une activité cométaire. On est en droit d'attendre la découverte de *plusieurs centaines* de membres de taille kilométrique et hectométrique, ce qui est énorme et montre bien que l'environnement terrestre est *pollué* par des produits de désintégration cométaire.

Heureusement que notre atmosphère est un écran de protection très efficace pour tout le matériel fragile d'origine cométaire, et qu'elle est en mesure de faire elle-même le plus gros du ménage. Il semble bien que les fragments de glace de taille décamétrique, ainsi que les fragments carbonés (type physique C ou D) soient condamnés à une désintégration quasi complète. Mais d'autres sont composés de roches (type S et même type E), avec une cohésion nettement supérieure. Ogdy aurait été de ce type. Une autre "preuve" que *Hephaistos* était un objet mixte, et pas totalement cométaire, a été fourni par une météorite, comme nous allons le voir maintenant.

La météorite de Farmington et l'hypothèse *Hephaistos*

Cette météorite de Farmington, qui pourrait n'être qu'une météorite parmi des milliers d'autres, est en fait d'un intérêt exceptionnel. Elle est tombée le 25 juin 1890, vers 13 heures, près de la ville de Farmington dans le Kansas, aux Etats-Unis, à la position 39°45'N et 97°2'O. Cette chute faisait suite à l'apparition d'un météore très brillant et à des détonations, comme c'est souvent le cas. On connaît deux fragments issus de cette chute, le fragment majeur de 85 kg et l'autre de 4 kg.

Les premières études, tout de suite après la chute, montrèrent qu'il s'agissait à l'origine d'une pierre unique, brisée tardivement durant la traversée de l'atmosphère, et qui fut classée plus tard comme une chondrite noire à olivine et hypersthène, fortement bréchée. Il s'agit donc d'une chondrite ordinaire, de type L, à faible teneur en métal libre et de densité de l'ordre de 3,7. Les diverses concentrations pour les éléments analysés dans la

météorite de Farmington sont les suivantes (en parts par million) : K = 850, Ba = 9,1, Zn = 102, Sc = 6,0, Ti = 574, Ge = 9,5, V = 72,6, Se = 8,1, Te = 0,150, Cr = 2720, Mn = 2760, F = 250, Cl = 170 et Co = 532 (17). Les chondrites à olivine et hypersthène sont les plus courantes dans les collections de météorites, puisqu'elles dépassent, à elles seules, le tiers des spécimens connus (35 % environ).

Beaucoup plus tard, il s'est avéré que cette météorite de Farmington était en fait *la plus jeune* météorite connue, et de loin, dans la mesure où son âge d'objet indépendant est de 25 000 ans seulement. Cet âge d'exposition dans l'espace, extraordinairement court à l'échelle astronomique, indique la date de la dernière fragmentation dont cet objet a été victime. Les astronomes catastrophistes de l'école britannique, David Asher, Victor Clube, Bill Napier et Duncan Steel (18), à la recherche de tous les phénomènes célestes en rapport avec le *Complexe des Taurides*, ont pu montrer que cette météorite faisait partie de ce Complexe, lié à P/Encke. Le radiant et la date de la chute, le 25 juin, semblent indiquer une identité probable, sinon incontestable.

Ainsi, *on posséderait déjà un fragment du fameux centaure disloqué* et dont certains fragments sont entrés en collision avec la Terre durant la protohistoire et l'Antiquité. La composition de ce fragment, composé principalement d'olivine et d'hypersthène, dans une matrice chondritique, indique *une composition planétaire* et non cométaire. Avec les traces retrouvées dans la résine des arbres de la Toungouska, ce serait le deuxième indice sérieux d'une origine au moins partiellement planétaire pour les débris connus des résidus de *Hephaistos*. Rien d'étonnant à cela, dans la mesure où 'il s'agissait d'un objet mixte, à la fois planétaire et cométaire. Bien sûr, ce sont les fragments planétaires qui ont la meilleure chance de toucher le sol, et donc d'être récupérés sous forme de météorites, et non seulement sous forme de "mitraille cométaire", de taille tout au plus millimétrique, comme le sont, au contraire, les débris d'origine cométaire.

Les essaims de météores liés à *Hephaistos*

Parmi les nombreux essaims de météores connus (19), cinq sont probablement de lointains résidus de la désintégration de *Hephaistos*, à travers quatre fragments encore existants. Ce sont les suivants :

- **Sagittarides**. Cet essaim est associé à Adonis et à son frère jumeau 1995 CS et est divisé en plusieurs essaims secondaires, probablement issus de la dernière séparation de quelques parties périphériques plus fragiles. Dans le cas de ces mini-fragments associés à Adonis, on doit plutôt parler d'un *émiettement* que de désintégration, émiettement qui se poursuit toujours.
- **Delta Cancri**. Cet essaim, visible à la mi-janvier, est lié à l'astéroïde cométaire *Hephaistos*, l'un des deux fragments majeurs (avec *Heracles*) survivants de la fragmentation du progéniteur *Hephaistos*.

– **Bêta Taurides.** Cet essaim diurne, lié directement à 2P/Encke est l'un des composants du *Complexe des Taurides*, mis en évidence par Fred Whipple au début des années 1950 et popularisé par les astronomes catastrophistes britanniques. Il est observable fin juin début juillet et on lui associe Ogdys, l'astéroïde qui a explosé dans le ciel de la Tougouska en 1908.

– **S Taurides.** C'est le deuxième essaim du *Complexe des Taurides*, visible, lui, fin octobre et début novembre, et associé directement à P/Encke. Il est très diffus, preuve qu'il s'agit d'un essaim ancien et d'importance, vestige de la désintégration d'un gros objet, probablement de taille kilométrique, lié génétiquement à P/Encke, fragment qui a pu conserver une cohésion suffisante pour une survie provisoire.

– **S Khi Orionides.** Cet essaim, visible en décembre, est associé à l'astéroïde cométaire Oljato, le frère jumeau de P/Encke, qui a eu une activité cométaire jusqu'à très récemment, et qui a donc pu injecter sur son orbite une multitude de poussières dont la Terre récupère une partie.

Il est probable que d'autres essaims mineurs et récents pourront être associés dans l'avenir à quelques fragments connus ou à découvrir, membres de la grande famille *Hephaistos*. Ces essaims d'objets minuscules et de poussières innombrables sont la preuve que la désintégration d'un objet unique peut déboucher, à moyen terme (quelques milliers d'années ou même quelques dizaines de milliers d'années), sur une multitude d'essaims météoriques, disséminés tout autour de la sphère céleste par le jeu d'une dispersion inéluctable.

La formation du cratère lunaire Giordano Bruno en 1178

Parmi les hypothèses crédibles, mais non confirmées, en liaison avec *l'hypothèse Hephaistos*, figure en bonne place la formation très récente du cratère lunaire *Giordano Bruno* (20). Certains chercheurs croient que ce cratère de 20 km de diamètre, qui est situé sur la face cachée (latitude 36° N et longitude 103° E), a été créé le 18 juin 1178, c'est-à-dire hier à l'échelle astronomique. Ce cataclysme est rapporté dans une chronique, intitulée "*Chronique Mineure*", due à Gervais de Canterbury, un moine anglais du XIIe siècle, dans les termes suivants :

" Alors que dans la soirée du 18 juin de l'an de grâce 1178 j'observais la Lune avec d'autres moines de notre monastère, nous vîmes comme une torche flamboyante jaillir de son croissant. Elle vomit sur une grande distance du feu, des tisons brûlants et des étincelles. Le corps de la Lune palpait comme en agonie et se tordait comme un serpent coupé. " (21)

Le 18 juin de Gervais est une date *julienne* qui correspond au 25 juin 1178 dans le calendrier *grégorien* (22) qui est le nôtre. Cette date est compatible

avec l'impact d'un objet faisant partie du "*Complexe des Taurides*". Ce texte du frère Gervais n'avait pas jusqu'alors attiré l'attention. Il est pourtant très intéressant et laisse perplexes les astronomes. *Que s'est-il passé sur la Lune ce 18 juin 1178 ?* Cette "torche flamboyante" serait-elle une colonne de feu provoquée par une explosion consécutive à un impact ?

Ce sont l'astronome française Odile Calame et son confrère américain Derral Mulholland qui ont proposé les premiers cette hypothèse d'un impact sur la face cachée de la Lune. Après avoir étudié attentivement les excellentes photos prises à bord des sondes *Apollo*, ils proposèrent le cratère Giordano Bruno comme *contrepartie lunaire* au texte du moine anglais. La fraîcheur de ce cratère et aussi les traînées brillantes qui convergent vers lui indiquent une création *très récente*, et en tout cas Giordano Bruno est l'un des seuls candidats possibles et nettement le plus probable.

Un cratère terrestre ou lunaire de 20 km peut être causé par un EGA de 500 mètres de diamètre seulement. Un tel impact peut se produire en moyenne tous les 10 000 ans sur la Terre et il n'est en rien invraisemblable sur la Lune tous les 50 000 ans, notamment dans une période, comme l'actuelle, qui a subi une "pollution" cosmique exceptionnelle, du fait de la désintégration de *Hephaistos* dans le Système solaire intérieur.

D'autre part, la date rappelée par Gervais a immédiatement attiré l'attention. La deuxième quinzaine de juin fait obligatoirement penser au "*Complexe des Taurides*" et aux débris de *Hephaistos*. Certains spécialistes, parmi lesquels l'astronome allemand Jack Hartung (23), qui confirma le bien-fondé de l'hypothèse de Calame et Mullholland, ont rappelé que ce cataclysme lunaire est à rapprocher de l'événement de la Toungouska et des "*tempêtes météoritiques*" enregistrées par les sismomètres installés sur la Lune par les astronautes des différentes missions lunaires *Apollo*.

Quels sont les arguments scientifiques qui sous-tendent cette hypothèse d'un impact lunaire quasi contemporain, qui paraissait extravagante et irréaliste à beaucoup avant les années 1990, mais qui a trouvé une certaine crédibilité avec l'impact de la comète P/Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter en juillet 1994 ? En effet, avec cet événement imprévu mais arrivé fort à propos, on a eu la confirmation définitive que *l'impactisme planétaire est aussi contemporain dans tout le Système solaire*, système Terre-Lune compris évidemment. Et de toute manière, il est bien évident que la surface lunaire n'a nullement son aspect définitif, et il qu'il y aura d'autres impacts importants dans l'avenir, de beaucoup supérieurs aux modestes 20 km de Giordano Bruno. Donc, c'est vrai qu'il peut se produire un impact important *n'importe quand*.

Etonnamment, les astronomes ont trouvé que la Lune *résonne* comme une cloche. Ce résonnement pourrait être le vestige séculaire d'un impact très récent, qui justement remonterait à quelques *centaines d'années* seulement. Les 800 ans et quelques qui nous séparent de l'impact supposé sont assez plausibles dans cette optique.

Pourtant, l'hypothèse de l'impact en 1178 n'a pas convaincu pas la majorité des astronomes. Pour ces sceptiques, si le cratère est indéniablement récent (à l'échelle astronomique), il daterait de plusieurs dizaines ou même de centaines de milliers d'années, et ils croient surtout que le résonnement observé doit pouvoir s'expliquer par d'autres raisons liées à des phénomènes internes, des problèmes de sismicité, de libration et de *résonance* (à ne pas confondre avec résonnement). L'énigme de la formation du cratère Giordano Bruno ne pourra être définitivement résolue qu'après une visite *in situ*, qui malheureusement n'est pas pour demain, malgré son grand intérêt.

Notes

1. M.-A. Combes et J. Meeus, *Les astéroïdes extérieurs à Jupiter*, L'Astronomie, 109, pp. 84-92, 1995 et *Nouvelles des astéroïdes extérieurs*, L'Astronomie, 110, pp. 228-233, 1996.
2. J.-C. Merlin, *Les astéroïdes* (Tessier & Ashpool, 2003).
3. M.-A. Combes et J. Meeus, *Chronique des objets AAA (n° 7)*, Observations et Travaux, 36, pp. 33-41, 1993. Quatre pages de cet article (pp. 37-41) sont consacrées à Damocles. Une intégration numérique de son mouvement pour la période 1800-2154 montre que les éléments orbitaux varient très peu *à court terme*. Par contre, à long terme, il suffirait d'une diminution de 8° de l'inclinaison pour que Damocles devienne un objet de type Apollo. Un tel objet de 15 km de diamètre, avec une vitesse d'impact de 40 km/s, aurait une énergie cinétique de l'ordre de $2,8^{24}$ joules et pourrait facilement causer un nouvel hiver d'impact et une extinction de masse.
4. M.-A. Combes et J. Meeus, *Un nouvel astéroïde exceptionnel : 1977 UB (Chiron)*, L'Astronomie, 92, pp. 231-235, 1978.
5. A. Stern, *Chiron : Interloper from the Kuiper disk*, Astronomy, 22, august 1994. Stern préférerait le qualificatif de "disque" plutôt que "anneau" ou "ceinture" pour les astéroïdes transneptuniens, dans la mesure où, en règle générale, les inclinaisons sont faibles. Les objets à forte inclinaison ne sont pas *originaires* de la région et sont probablement des objets *capturés*.
6. Il faut se rappeler qu'Aristote considérait les comètes comme faisant partie du monde sublunaire, c'est-à-dire en fait comme des phénomènes atmosphériques. Son opinion eut malheureusement force de loi jusqu'à ce que Tycho Brahé, en 1577, prouve le contraire.
7. Cette observation rapportée par Ephorus, historien grec du IV^e siècle av. J.-C., contemporain de l'événement, est citée par Sénèque dans ses *Questions naturelles*. Elle avait très étonné les Anciens qui ne croyaient pas possible jusqu'alors la fragmentation d'une comète.
8. Dans leur livre *Les comètes*, Jean-Claude Merlin et Michel Verdenet donnent l'arbre généalogique détaillé des comètes du groupe de Kreutz (tableau 4.17, p. 259), à partir de la comète d'Aristote de -371.
9. Pour prendre connaissance des multiples découvertes, il faut consulter sur internet le site de la sonde SOHO. Les comètes du groupe de Kreutz repérées depuis 1996 (plus d'un millier) par SOHO prennent logiquement son nom. Toutes sont des résidus minuscules issus de l'émiettement des fragments de la comète d'Aristote.

10. De nombreux autres membres de *Hephaistos* pourraient avoir vu leur excentricité initiale (voisine de 0,82) diminuer et se situer actuellement entre 0,60 et 0,70. On connaît dans cette gamme d'excentricités des objets de taille kilométrique comme Poseidon, Mithra, Zeus et Cuno qui pourraient être des fragments de l'objet primordial.
11. M.-A. Combes et J. Meeus, *Nouvelles des Earth-grazers - 4*, L'Astronomie, 96, pp. 187-198, 1982. Depuis la rédaction de cet article, certaines données ont évolué, mais le fond reste valable. 1978 SB a été baptisé Hephaistos et son diamètre est aujourd'hui estimé à 8 ou 10 km environ. Le diamètre de P/Encke pourrait être supérieur à celui envisagé à l'époque et atteindre 3 ou 4 km. Il n'en demeure pas moins que Hephaistos est un fragment *beaucoup plus gros* que P/Encke.
12. Certains spécialistes continuent à penser que le problème des diamètres évoqué dans l'extrait de l'article est incontournable et que l'hypothèse *ad hoc* de la comète en sommeil est spécieuse. Pour eux, la solution serait autre : deux comètes venant de la ceinture de Kuiper et se présentant d'une manière identique seraient capturées et injectées par Jupiter dans un même "corridor" sur une orbite à courte période du type Encke ou Hephaistos, avec $a \sim 2,20$ UA, $e \sim 0,80$ et $i \sim 5^\circ$. Ainsi, ces deux objets pourraient bien être d'origine *différente* et Hephaistos serait *plus ancien* et donc déjà astéroïdal, alors que P/Encke, plus récente, serait encore cométaire.
13. Il n'est pas exclu que 1991 BA, un objet d'une dizaine de mètres seulement et qui a frôlé la Terre en 1991, fasse partie du groupe P/Encke. 1991 BA a $a = 2,24$ UA, $e = 0,68$, $i = 2^\circ$ et se trouve déjà sur une orbite de quasi-collision avec la Terre (et avec Vénus aussi). Ce n'est rien d'autre qu'une poussière cosmique qui sera pulvérisée durant sa traversée de l'atmosphère si elle heurte un jour la Terre.
14. V. Clube et B. Napier, *Hiver cosmique* (Le Jardin des Livres, 2006). Ces deux astronomes catastrophistes sont les promoteurs de l'hypothèse d'essaims cosmiques de poussière issus de la désintégration d'une comète géante, poussière surabondante qui aurait pu former un voile suffisamment épais pour masquer partiellement la lumière solaire, notamment dans les régions polaires. Pour eux, certains épisodes du dernier âge glaciaire seraient d'origine cosmique et non terrestre.
15. P. LaViolette, *Earth under fire* (Bear & Company, 2005).
16. G.L. Vershuur, *Impact ! The threat of comets & asteroids* (Oxford University Press, 1996).
17. M.H. Hey, *Catalogue of meteorites*, The British Museum, 1966).
18. D. Steel, *Rogue asteroids and doomsday comets* (John Wiley & Sons, 1995).
19. C.W. Kronk, *Meteor showers, a descriptive catalog* (Enslow Publishers, 1988).
20. Il faut se rappeler que la première photographie de la face cachée de la Lune remonte à octobre 1959 seulement. C'est la sonde soviétique *Luna 3* qui transmet les premiers clichés tant attendus par les astronomes et qui s'avèrent extraordinaires dans la mesure où la face cachée est très différente de la face visible. Plus tard, quand les spécialistes furent en possession de clichés détaillés, le cratère Giordano Bruno attira l'attention par sa fraîcheur, signe d'une formation récente.

21. *Il y a 800 ans : une fantastique explosion*. Historia, 384, novembre 1978. Citation p. 2.

22. L'année *julienne* vaut 365,25 jours et l'année *grégorienne* 365,2425 jours (l'année *tropicque* valant, elle, 365,2422 jours). L'écart vaut 0,0075 jour par an, soit 0,75 jour par siècle. Le calendrier julien avait été remis à jour en 325 au *Concile de Nicée*, date à laquelle les Pères de l'Église enlevèrent 4 jours au calendrier julien pour faire coïncider la date de Pâques avec l'équinoxe de printemps (le 21 mars). En 1178, l'écart entre les deux calendriers était de 7 jours (en réalité 6,65 jours). Il convient donc de rajouter 7 jours pleins au 18 premiers jours de juin 1178. La date du possible impact lunaire est donc bien *le 25 juin* dans notre calendrier actuel. Cette date laisse à penser que le corps céleste responsable pourrait faire partie de la grande famille de *Hephaistos*, au même titre que l'objet de la Tougouska en 1908.

23. Au fil des années, d'autres astronomes que les précurseurs de l'école catastrophiste britannique, comme Jack Hartung, admettent le bien-fondé de l'hypothèse du *Complexe des Taurides* et de l'origine de celui-ci.

CHAPITRE 7

TOUNGOUSKA 1908

Un événement exceptionnel s'est produit le 30 juin 1908 (1) en Sibérie centrale (longtemps connu sous l'appellation inexacte et trompeuse de "*météorite*" de la *Toungouska* (2) et aujourd'hui sous celle de *événement de la Toungouska*) : la collision d'un corps céleste de bonne taille avec la Terre. Ce cataclysme a suscité depuis presque un siècle d'innombrables hypothèses et élucubrations, et il mérite bien que je lui consacre un chapitre entier. En effet, cette collision est la meilleure et la plus irréfutable des preuves concernant la réalité *actuelle* de l'impactisme terrestre, théorie qui n'est pas seulement une vérité du passé comme ont voulu le faire croire certains scientifiques qui ignorent tout, ou presque, du volet astronomique du problème.

Les circonstances de la collision et les premières constatations

Le météore et la collision

L'objet (*objet* car son origine n'a jamais pu être déterminée d'une manière définitive avec certitude) de la Toungouska est tombé le 30 juin 1908, à 7h17mn11s heure locale (soit à 0h17mn11s TU), dans la vallée de la rivière Toungouska pierreuse, un affluent du Lénisséi, le grand fleuve sibérien. La localisation exacte de l'impact se situe à la latitude 60°55' nord et à la longitude 101°57' est, à 60 km de la petite ville de Vanavara et à environ 800 km au nord-ouest du lac Baïkal. Il s'agit d'une région boisée, marécageuse en été et gelée en hiver, pratiquement déserte dans la taïga sibérienne.

La matinée démarrait à peine quand un météore blanc-bleuté éblouissant, suivi d'une épaisse traînée de poussières beaucoup plus sombre, fut observé pendant quelques dizaines de secondes par de nombreux témoins, dans une très vaste région en forme de demi-cercle de plus de 700 km de rayon. Des simulations modernes ont permis de préciser plusieurs paramètres, notamment ceux concernant la magnitude du météore (3) vu de plusieurs villes et villages situés dans la zone d'observation.

A 90 km d'altitude, il était de magnitude -5, déjà magnifique, attirant l'attention des rares habitants de la région. A 75 km, la magnitude apparente était de -9, passant très rapidement à -13 à 60 km, puis à -18 à 45 km et à -22 à 30 km d'altitude. A cet instant, le météore était encore 100 fois moins brillant que le Soleil, mais tous les témoins pressentaient déjà la catastrophe à venir. A 15 km d'altitude, il atteignit quasiment l'éclat du Soleil (-27), c'était un deuxième soleil dans le ciel, comme l'on raconté les témoins éberlués et terrorisés. Juste avant l'impact, au-dessus de Vanavara, la ville

la plus proche, il atteignit la magnitude fantastique de -32 , 100 fois la magnitude du Soleil, aveuglant les rares témoins qui suivaient encore sa course folle dans le ciel. Puis ce fut l'explosion finale, la désintégration, dans un paroxysme de bruit et de lumière, comme il ne s'en produit sur Terre qu'une fois tous les 500 ans peut-être.

Le météore, qui avait une trajectoire sud-est/nord-ouest, apparut au nord du lac Baïkal et survola le ciel sibérien jusqu'à 60 km au nord de Vanavara, avant d'exploser dans l'atmosphère, provoquant la lueur aveuglante dont nous avons parlé et des phénomènes acoustiques intenses, puisque des explosions sourdes furent entendues à des distances supérieures à 1000 km. Au-dessus du site de l'explosion, des flammes et un nuage de fumée, que des témoins comparèrent à une "fontaine de feu", furent observés montant vers le ciel à une hauteur supérieure à 20 km. Les Toungouzes, seuls et rares habitants de la région, crurent que c'est leur dieu du feu, Ogdy (4), qui tombait sur la Terre.

Dans de nombreux endroits de la région, le sol et les bâtiments tremblèrent comme pendant un violent tremblement de terre. A Vanavara, un souffle brûlant jeta des témoins à terre, brisa des vitres et provoqua des dégâts sévères dans les récoltes. Un peu plus au nord, les plus proches témoins (5) du drame, des nomades vivant sous la tente, furent littéralement balayés par cette formidable onde de choc et leurs tentes arrachées. Pourtant, comme il n'y avait pas, apparemment, d'habitants dans une aire de 30 km autour du point d'explosion, cette catastrophe extraordinaire n'a fait aucune victime humaine connue. Seuls, paraît-il, un troupeau de rennes et probablement quelques autres animaux vivant dans la forêt de sapins, au-dessus de laquelle eut lieu l'explosion, furent anéantis par la chaleur ou le feu qui dévasta plusieurs centaines de kilomètres carrés de forêt.

La chute de l'objet de la Toungouska et l'explosion qui suivit causèrent une onde sismique importante. Celle-ci fut enregistrée à Irkoutsk, ville située à 893 km exactement de l'épicentre du lieu de l'explosion, 45 minutes et 6 secondes plus tard, se déplaçant à la vitesse classique de propagation des ondes aériennes, soit 330 mètres/seconde environ. L'onde sismique, qui fit le tour de la Terre, fut également enregistrée à Potsdam en Allemagne. Trois autres ondes sismiques moins importantes laissèrent aussi leur empreinte sur les appareils enregistreurs, elles seraient dues à des ondes aériennes d'explosion.

Les premières constatations

Parmi les premières constatations, faites tout de suite après le cataclysme (6), il faut citer un phénomène optique qui a été noté par de nombreux observateurs du ciel nocturne, ignorant tout de la chute du 30 juin. La première nuit suivant celle-ci, c'est-à-dire la nuit du 30 juin au 1^{er} juillet 1908, fut exceptionnellement brillante partout en Europe et en Sibérie occidentale. Dans le Caucase, dans le sud de la Russie, la nuit fut si claire qu'il était possible de lire à minuit sans l'aide d'une lumière artificielle. Les

nuits suivantes furent encore nettement plus claires que la normale. Cet effet, dû à la dispersion d'un très abondant nuage de poussières abandonnées dans l'atmosphère avant ou pendant l'explosion par l'objet cosmique, diminua très lentement et dura pratiquement deux mois, jusqu'à la fin août. En même temps que cette luminosité du ciel nocturne inhabituelle, les astronomes notèrent une importante diminution de la transparence de l'atmosphère qui gêna beaucoup leurs observations.

Les diverses constatations concernant l'événement de la Toungouska amenèrent immédiatement les astronomes à formuler l'hypothèse la plus logique : notre Terre venait d'être frappée par une météorite gigantesque qui avait dû causer un cratère géant. Pourtant, chose absolument impensable de nos jours, aucune expédition ne fut organisée pour aller étudier sur place, sans attendre, les effets de la catastrophe. Au début du siècle, il est vrai, la Sibérie était encore "le bout du monde" et, apparemment, jusqu'en 1927, aucun scientifique soviétique ne put convaincre les autorités successives de financer une expédition digne de ce nom.

Les premières expéditions : l'étude de la région dévastée

La première expédition de 1927

La première expédition réellement scientifique (7) sur le site de la Toungouska eut lieu en 1927 seulement, dix-neuf ans après la catastrophe. Elle était conduite par le minéralogiste soviétique Leonid Kulik (1883-1942), sommité de l'époque dans le domaine des météorites. Plusieurs surprises attendaient les chercheurs des diverses disciplines de l'expédition. D'abord ils trouvèrent une zone de 60 km de diamètre complètement dévastée par l'onde de choc balistique. Tous les arbres de la forêt préexistante avaient été soufflés, arrachés par les racines qui étaient dirigées vers l'épicentre du cataclysme. Un tel arrangement radial montrait, sans erreur possible, que la chute avait été accompagnée d'une explosion très violente. L'onde de choc a été maximale latéralement, puisque la région nord-est a été la plus touchée.

Dans la partie centrale de la zone d'impact existait une dépression marécageuse de plusieurs kilomètres carrés où les chercheurs notèrent une centaine de petites cavités peu profondes de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de diamètre. Ils les prirent d'abord, à tort, pour des cratères météoritiques car Kulik pensait que l'explosion avait entraîné une fragmentation complète de l'objet cosmique originel, et donc une pluie météoritique de nombreux fragments de toutes les tailles. En fait, il fut établi plus tard que toutes ces formations étaient des fondrières naturelles, très nombreuses dans cette région qui, nous l'avons dit, a la particularité d'être marécageuse durant la période chaude et évidemment d'être gelée l'hiver.

Autre surprise de taille, et une grosse déception pour les membres de l'expédition, ils ne découvrirent aucune météorite, exception faite de

quelques infimes poussières, et cela malgré un ratissage sérieux et méthodique de la région sinistrée. Ils durent se rendre à l'évidence : contrairement à l'opinion première de Kulik, l'objet cosmique n'avait pas touché le sol, même sous forme de petits fragments. Cet objet n'était donc pas une météorite, au sens propre du terme, c'est-à-dire un objet ferreux ou pierreux qui aurait dû laisser au moins quelques fragments significatifs. L'hypothèse de la comète semblait donc s'imposer, avec une explosion et une désintégration dans l'atmosphère et non un véritable impact.

Les expéditions de 1928, 1929-1930 et 1938-1939

Deux autres expéditions sur le site eurent lieu en 1928 et en 1929-1930 (8), cette dernière fort importante puisqu'elle dura plus d'un an. Elles n'apportèrent rien de très nouveau. On creusa plusieurs des dépressions que Kulik croyait encore être des cratères météoritiques, mais sans succès. L'une d'entre elles fut explorée très soigneusement, jusqu'à 34 mètres de profondeur. Devant le résultat totalement négatif, il fallut accepter l'origine naturelle de ces fondrières.

Enfin, en 1938-1939, une couverture photographique aérienne très complète de la région fut effectuée, permettant de connaître d'une façon précise le plan de la région touchée et de constater les extraordinaires dégâts, encore nettement reconnaissables bien que datant déjà de trente ans. Ces photos ont fait le tour du monde et illustrent encore tous les livres qui parlent en détail de l'événement de la Toungouska.

Ces quatre expéditions permirent donc d'exclure définitivement l'hypothèse de *l'impact au sol* d'un astéroïde planétaire. Elles confortèrent la majorité des scientifiques dans une nouvelle hypothèse assez plausible a priori, celle de *l'explosion dans l'atmosphère* du noyau d'une petite comète active. Cette hypothèse cométaire fut proposée dès 1930, après les premières expéditions sur le site, par Francis Whipple (1876-1943) (9) et confirmée en 1933 par Igor Astapovich (1908-1976). Cependant, l'étude de la composition des comètes était encore bien peu avancée à l'époque, et il était impossible de démontrer d'une façon certaine que ce type d'objets célestes est capable de provoquer les divers effets observés pendant et après l'explosion.

L'incertitude des savants sur la nature exacte de l'objet responsable de cette catastrophe, frappante pour les imaginations, surtout après la publication de photographies particulièrement révélatrices de la puissance de l'explosion, allait entraîner l'apparition de très nombreuses hypothèses plus ou moins (souvent moins que plus) plausibles. J'en dirai quelques mots en conclusion de ce chapitre. Mais il faut ajouter dès maintenant que les politiciens de l'URSS, alors refermée sur elle-même, et même les chercheurs de ce pays ne désirent pas voir venir des savants étrangers sur le site, et les travaux des chercheurs russes restèrent inconnus jusqu'à récemment pour certains.

Les points d'accord dans une controverse serrée

Trois hypothèses plausibles en concurrence

De nos jours, près d'un siècle après le cataclysme sibérien, la controverse sur la nature exacte de l'objet responsable reste vive (10), même si l'on semble s'acheminer vers une solution imprévisible il y a vingt ans, plus complexe que tous les spécialistes qui ont étudié la question pouvait l'envisager.

En effet, la solution qui semble s'imposer est celle-ci : la désintégration dans l'atmosphère d'un fragment astéroïdal de l'ancien centaure *Hephaistos* (mi-comète, mi-astéroïde, c'est-à-dire un objet mixte), et dont l'existence explique enfin la majorité des événements concernant l'impactisme terrestre récent. L'astronome slovaque Lubor Kresak (1927-1994) (11) avait déjà trouvé une partie de la vérité dans les années 1970 en montrant que l'objet de la Toungouska, connu maintenant également sous le nom d'Ogdy, était lié à la comète P/Encke. On comprend que les astronomes ne pouvaient se mettre d'accord, puisque pour les uns il ne pouvait s'agir que d'une comète, alors que les autres démontraient le caractère astéroïdal du fragment désintégré.

Pendant trois quarts de siècle, trois hypothèses furent très logiquement en concurrence : celle du vrai *astéroïde*, celle du *noyau cométaire* et celle de la *comète active*. Ces trois hypothèses ont eu (et ont encore) leurs partisans et restent d'ailleurs les seules réellement envisageables. Bien entendu, chacune a été étayée de nombreux arguments, disséquée, analysée, confirmée (!) par des simulations multiples et parfois convaincantes (mais une simulation convaincante n'est pas forcément le reflet de la réalité). Jusqu'à présent aucune d'entre elles ne s'était vraiment imposée, faute de connaître et de prendre en compte *Hephaistos*, car toutes les trois présentent des insuffisances et des faiblesses plus ou moins sérieuses. Seul le *mixage* des trois est concluant.

Les points d'accord

Avant d'étudier séparément ces trois hypothèses, examinons les points d'accord. D'abord, il faut insister sur le fait que, pratiquement, tout le monde est d'accord pour admettre que le cataclysme est dû à la collision d'un objet appartenant au Système solaire, et que les hypothèses de l'antimatière et du mini trou noir (voir plus loin) ne sont que des hypothèses d'école.

Un point important est celui de la masse de l'objet et de la puissance de l'explosion. Toutes les valeurs entre 10^{14} joules et 8×10^{17} joules ont été avancées pour cette dernière, depuis la première estimation d'Astapovich en 1933, mais on penche aujourd'hui pour une valeur intermédiaire proche de 5×10^{16} joules. Ce résultat important a été obtenu (12) après une nouvelle analyse des anciens sismogrammes enregistrés le 30 juin 1908, et d'autres données, relatifs à l'événement et de leur comparaison avec les effets sismiques et acoustiques concernant les explosions nucléaires aériennes des

années 1945-1965, dont les paramètres sont connus avec précision. L'énergie libérée par la catastrophe de la Toungouska correspond à une explosion de 12,5 mégatonnes de TNT, soit en gros 600 fois la puissance de la bombe d'Hiroshima.

Pour la masse, les valeurs ont été fixées dans une très large fourchette, entre 10 000 et 1 million de tonnes. Mais là encore, les recherches dans les années 1960-1970 ont sensiblement clarifié la situation. Une valeur approximative de 500 000 tonnes pour la masse préatmosphérique semble fort raisonnable, et elle est maintenant généralement acceptée par les spécialistes actuels. Par contre, évidemment, le désaccord a longtemps été total pour le diamètre de l'objet de la Toungouska, puisqu'il dépend de la densité retenue, très variable selon la nature de l'objet, même si l'on sait de nos jours que les densités les plus faibles envisagées ne sont pas crédibles à la lumière des connaissances actuelles, et que seules les densités planétaires (3,0 et supérieures) sont réellement acceptables.

Une autre certitude, et donc un point d'accord total entre les spécialistes, est que l'objet n'a pas touché le sol et a explosé dans l'atmosphère entre 5 et 10 km d'altitude. Il s'agit donc d'une explosion basse, ce qui est un très mauvais point pour l'hypothèse cométaire, comme nous le verrons.

Le problème de l'orbite préatmosphérique de l'objet de la Toungouska, particulièrement ardu pendant cinquante ans, s'est un peu éclairé à partir de 1960 avec l'utilisation des ordinateurs pour le calcul des différentes possibilités. Car il ne faut pas oublier l'extrême complexité du problème, compte tenu du fait que les observations en 1908 n'ont pas excédé quelques dizaines de secondes. Tout ce que l'on sait, c'est que l'angle de la trajectoire du bolide avec la surface terrestre était de 10° environ seulement, et que la distance angulaire entre le bolide et le Soleil était également fort petite. C'est ce qui explique que l'objet cosmique n'ait pas été observé plus tôt : il était pratiquement indécélable pour un observateur terrestre (13), perdu dans le rayonnement solaire.

Les premiers calculs sérieux, dans les années 1930 ont tous montré, étonnamment, que l'orbite du bolide était probablement *rétrograde* et que l'objet devait être une comète à longue période. Astapovich envisageait une vitesse géocentrique comprise entre 50 et 60 km/s, et localisait le radiant du bolide vers l'apex de la Terre. Mais l'ordinateur a remis les choses en place grâce à des simulations, et de rétrograde, l'orbite la plus probable est devenue *directe*, ce qui rend toutes leurs chances aux objets planétaires (qui n'ont jamais d'orbite rétrograde). On penche actuellement pour une vitesse géocentrique de l'ordre de 30 km/s, qui est celle des objets à forte excentricité, mais qui peut concerner aussi bien une comète qu'un astéroïde.

Au sujet de l'orbite intra-atmosphérique, il faut démentir les bruits qui ont longtemps couru sur le fait que l'objet de la Toungouska aurait eu une trajectoire erratique et qu'il aurait fait "un coude" au-dessus de l'Europe centrale. En fait, il faut savoir que le bolide n'a pas été observé en Europe et qu'il est apparu au nord du lac Baïkal, avec pour seuls témoins les

populations de la Sibérie centrale. Les pseudo-observations européennes ont été annoncées après coup et furent le fait de mythomanes.

Végétation post-catastrophe et mutations possibles

Enfin, il faut rappeler deux constatations datant des années 1970 fort intéressantes, mais qui semblent aujourd'hui contestées par les chercheurs occidentaux qui n'ont pas eu accès au site avant les années 1980. Des chercheurs soviétiques ont découvert avec surprise que certains végétaux qui poussent aujourd'hui dans le périmètre de la région sinistrée en 1908 ont une vitesse de croissance très sensiblement supérieure à la normale. Elle serait de l'ordre de 5 à 10 fois plus rapide que dans les régions voisines non sinistrées, et que dans des cultures de contrôle surveillées par les chercheurs. Ceux-ci ont fait des vérifications sur près de 200 espèces différentes de plantes diverses pour comparer les dosages d'oligo-éléments. Cette nouvelle végétation "post-catastrophe" s'est avérée anormalement riche en arsenic, iode, brome, zinc et tellurium. Les savants soviétiques ont expliqué ce résultat surprenant, lié sans doute possible à la diffusion du matériel pulvérisé lors de l'explosion, par l'enrichissement du sol dû aux éléments chimiques cités plus haut et qui étaient obligatoirement présents dans l'objet cosmique avant sa désintégration.

Deuxième constatation à retenir, il semble que les savants soviétiques aient eu la preuve que des *mutations* soient également apparues sur plusieurs espèces d'insectes qui ont repeuplé la région sinistrée. Ces mutations (si elles sont réelles car là aussi il y a doute) ne peuvent être liées qu'à l'augmentation de la radioactivité locale. Au fond, ce ne serait pas vraiment une surprise, car on sait depuis longtemps qu'une radioactivité accrue débouche presque obligatoirement sur des mutations génétiques parmi la faune et la flore. On ne peut que regretter vivement le temps perdu entre 1908 et 1927, car une étude poussée immédiatement dans les années post-catastrophe aurait permis de lever cette ambiguïté et ce doute qui sévissent aujourd'hui.

Après ces points d'accord, nous allons voir les trois hypothèses concernant la nature de l'objet de la Toungouska. Car au-delà d'un consensus relatif sur certains points, il ne faut pas se cacher que les raisons de désaccord entre les différents spécialistes de toutes les disciplines concernées restent profondes, et que l'on ne peut que difficilement envisager une "théorie" qui aurait l'assentiment de tous. Nous resterons encore longtemps au niveau des "hypothèses", même si celle du fragment planétaire issu de *Hephaistos* paraît nettement la plus probable.

L'hypothèse de la comète active

L'hypothèse cométaire pour l'objet de la Toungouska a toujours été en faveur depuis les travaux de Francis Whipple en 1930 et plus tard ceux de Vassili Fesenkov (1889-1972). Il faut dire que de nombreux indices militent en sa faveur (14/15), mais sa cote a continuellement baissé depuis 1960 avec les

premières simulations sur ordinateur qui ont montré qu'une orbite directe était la plus probable.

L'étude d'une collision entre la Terre et une comète a, comme tout le reste, été faite sur ordinateur (16), avec des scénarios différents concernant la masse, la vitesse et les conditions d'approche de la comète. Dans tous les cas de figure, il apparaît qu'une telle collision ne produit pas de cratère car *l'objet ne touche pas le sol*, mais sa désintégration totale provoque une explosion dans l'atmosphère, capable de carboniser une forêt sur plusieurs kilomètres carrés et sur une déflagration audible à plus de 1000 km comme on l'a vu en Sibérie en 1908.

La tête de la comète s'échauffe d'une façon fantastique en très peu de temps (quelques secondes) en traversant l'atmosphère terrestre à une vitesse de 20 km/s (une telle vitesse équivaut à 66 fois la vitesse du son dans l'air, soit une vitesse de Mach 66 (17)) et la température peut atteindre plusieurs millions de degrés. C'est insuffisant cependant pour que s'amorcent des réactions nucléaires, mais l'explosion est loin d'être sans effets (18). D'une part, la tête de la comète se volatilise en moins de dix secondes en milliards d'éclats infinitésimaux et, d'autre part, il y a production de rayonnements X et gamma et de particules accélérées, électrons et neutrons. Tout cela s'est trouvé confirmé en Sibérie.

Des micro-sphérules par millions dans la zone d'impact

Lors de campagnes sur le terrain en 1958 et 1961, menées avec du matériel sophistiqué (notamment des appareils enregistreurs très sensibles), sous la direction du météoricien soviétique Eugene Krinov (1906-1984), on a découvert de très nombreuses micro-sphérules de silicates (d'un diamètre de 80 à 100 micromètres) ayant la structure et la composition des chondrites carbonées, que l'on soupçonne être des vestiges de noyaux cométaires.

On a également trouvé des particules de magnétite (oxyde de fer magnétique) et des billes microscopiques d'aspect vitreux contenant des vacuoles remplies de gaz carbonique ou de sulfure d'hydrogène. Il y en a, à coup sûr, plusieurs milliers de tonnes éparpillées dans toute la zone sinistrée en 1908. Tout cela postule, bien sûr, pour l'origine cométaire.

Quant à la production de rayonnements nucléaires et à l'augmentation présumée de la radioactivité à la surface terrestre en 1908 et 1909, elles ont connu une éclatante confirmation, grâce notamment à la méthode dendrochronologique. On a, en effet, constaté pour cette époque une augmentation voisine de 1 % par rapport à la normale de la quantité de carbone 14 contenue dans les arbres coupés et étudiés sur tous les continents (19). On est obligé d'attribuer cette augmentation de la radioactivité terrestre en 1908-1909 à l'objet de la Toungouska, car il n'y a pas eu d'activité solaire anormale à cette époque qui aurait pu être responsable du phénomène observé dans les anneaux de croissance des arbres. Là encore, l'hypothèse d'une origine cométaire de la "bombe

cosmique" explique parfaitement cet afflux anormal de particules radioactives, ainsi que l'extraordinaire croissance observée dans la végétation de la zone choquée.

Enfin, n'oublions pas l'un des principaux arguments utilisés par les partisans de l'hypothèse cométaire : les fameux phénomènes lumineux, notamment l'extraordinaire luminosité du ciel nocturne durant plusieurs nuits. Ce phénomène serait dû au passage de la Terre à l'intérieur de la queue de poussières de la comète.

Dans l'hypothèse cométaire, il faut admettre un diamètre important pour l'objet de 1908. Pour une masse de 500 000 tonnes, qui est la plus raisonnable, combinée avec une densité de $1,0 \text{ g/cm}^3$ qui est celle de la glace, principal constituant des noyaux cométaires actifs, on obtient un diamètre approximatif de 100 mètres pour un objet sphérique. Mais certains chercheurs ont émis l'idée que la densité du noyau pourrait avoir été très faible, largement inférieure à $1,0 \text{ g/cm}^3$. Dans ce cas, le noyau n'aurait pas été un corps unique, mais plutôt un essaim (ou pseudo-noyau) de particules individuelles plus ou moins soudées entre elles. On cite deux valeurs à cet égard : une densité de $0,25 \text{ g/cm}^3$ qui correspond à un diamètre de 150 mètres et une densité minimale de $0,001 \text{ g/cm}^3$ qui correspond à un diamètre "géant" de 600 mètres. Disons tout de suite que seule la densité la plus forte : $1,0 \text{ g/cm}^3$ est plausible. Nous verrons pourquoi.

La possible association P/Encke - Ogdy

Plusieurs astronomes ont essayé d'associer l'objet de la Toungouska avec une comète à courte période connue. Dans les années 1930, on croyait possible une parenté avec la comète P/Pons-Winnecke qui s'est approchée de la Terre en 1927, l'une des principales approches du XX^e siècle (20), et qui, selon certains, aurait pu se fractionner il y a quelques siècles en deux ou plusieurs fragments. Mais cette hypothèse ne reposait sur rien de sérieux et a été rapidement abandonnée. En 1978, Kresak a repris l'idée et a proposé une association *génétique* extrêmement intéressante avec la comète périodique P/Encke (21). Cet auteur, spécialiste bien connu des comètes, des astéroïdes et aussi des météores, s'est basé sur une similarité possible entre les deux orbites et surtout sur la coïncidence de la date de l'événement de la Toungouska (30 juin) avec celle de l'averse météorique des Bêta-Taurides, qui a lieu le même jour et que l'on sait associée à P/Encke. Cette brillante hypothèse a pris progressivement de la consistance au cours des années 1980 (22), mais elle a été vivement contestée car elle se heurtait à de grosses difficultés dont je vais parler plus loin.

A l'exposé des "forces" de l'hypothèse cométaire, on pourrait croire que tout est dit et que le doute n'est plus permis. Nous allons voir maintenant que tout n'est pas si définitif qu'il peut paraître aux non-spécialistes.

L'hypothèse du noyau cométaire

Une durée de vie active insignifiante pour Ogdysée

On peut même dire que l'hypothèse de la comète *active* présente une faiblesse terrible qui pratiquement la condamne à n'être qu'une hypothèse d'école (mais rien n'est moins sûr, on a vu en 1994 avec l'impact, tout à fait inattendu, de la comète Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter que toutes les surprises restent possibles). Car on sait que l'espérance de vie active des comètes à courte période est extrêmement courte à l'échelle astronomique (23), variable selon le diamètre *sublimable* de la comète, sa période de révolution et sa distance périhélique (c'est la formule de Öpik (24)). Les calculs montrent, sans ambiguïté, que les comètes actives à courte période ayant un diamètre sublimable de l'ordre de 1 km ont une espérance de vie inférieure dans tous les cas à 3000 ans. Pour une comète de 100 mètres seulement, cette espérance de vie est inférieure à 300 ans, 500 au grand maximum. La probabilité d'une collision entre la Terre et une comète active de 100 ou 200 mètres de diamètre, durant cette courte période, est donc pratiquement nulle. Il faudrait que cette collision ait lieu lors de l'une des 50 premières révolutions de la comète autour du Soleil, après sa capture dans le Système solaire intérieur. Cela sent trop le "coup de pouce du destin", inadmissible pour un scientifique sérieux.

On sait que les fortes approches à la Terre des comètes actives sont très rares : environ une demi-douzaine par siècle à moins de 0,100 UA (15 millions de km), ce qui est vraiment très peu (25). Pour les comètes de moins de 100 mètres, on peut tabler sur seulement une approche par siècle en moyenne. Autant dire que pour ce qui est de l'impact d'une comète *active* de 100 mètres de diamètre moyen avec la Terre, les chances sont quasiment nulles, sauf s'il s'agit d'une désintégration très récente, comme cela s'est passé pour la comète P/Schwassmann-Wachmann 3 qui, fragmentée une première fois en 1995, s'est présentée en mai 2006 sous la forme d'un chapelet d'une soixantaine de mini-comètes (dont certaines ne dépassaient pas 50 mètres de diamètre), mais qui pour la plupart n'existeront plus dans un siècle ou deux. On voit que l'hypothèse de la comète active est pratiquement réduite à néant avec ce problème de l'espérance de vie des comètes.

Il n'en reste pas moins vrai que l'hypothèse du *noyau* cométaire est là pour prendre la relève. Elle a longtemps été retenue par la majorité des astronomes, car elle semblait nettement la plus probable, malgré quelques insuffisances gênantes.

On sait que certaines comètes possèdent un noyau solide qui survit sous forme d'astéroïde (d'origine) cométaire, une fois que tous les éléments volatils qui distinguent une comète se sont sublimés dans l'espace (26). La vie passive (ou *inactive*) des comètes à courte période est environ 1000 fois plus longue que leur vie active et dure quelques millions ou dizaines de millions d'années. Ce laps de temps leur laisse tout loisir de venir frôler une ou

plusieurs des quatre planètes intérieures, avant d'entrer en collision avec l'une d'elles, ou d'être éjectées du Système solaire à la suite de perturbations catastrophiques.

Une densité au moins égale à 2,0 g/cm³

De nombreux spécialistes croient que le noyau cométaire de la Toungouska était une *chondrite carbonée géante*, de densité voisine de 3,0 g/cm³ et d'un diamètre de 70 mètres environ, si l'on admet la masse de 500 000 tonnes tenue pour la plus probable. Pour une densité un peu plus faible, c'est-à-dire 2,0 g/cm³, le diamètre pouvait avoisiner les 80 mètres.

La majorité des effets constatés pendant et après l'explosion dans l'hypothèse cométaire restent valables dans celle du noyau. Mais celui des phénomènes lumineux devient moins évident, encore que les nuits claires sont explicables par la diffusion dans l'atmosphère des milliards de particules microscopiques produites lors de l'explosion. Rappelons-nous les éruptions volcaniques de grande envergure et le "pseudo-miracle de Josué" qui ont été associés à une luminosité inaccoutumée de l'atmosphère.

Cette hypothèse de l'impact d'un noyau cométaire, qui semblait s'imposer définitivement dans le courant des années 1970, et qui reste d'ailleurs tout à fait envisageable, a cependant été progressivement contestée pour des raisons que je vais expliquer maintenant.

L'hypothèse de l'astéroïde

Etonnamment, cette hypothèse qui avait prévalu en 1908, sous l'appellation de *météorite géante de la Toungouska*, qui a plus ou moins survécu par la suite, est revenue progressivement sur le devant de la scène, soutenue par des spécialistes comme Zdenek Sekanina et Ramachandran Ganapathy. Elle est aujourd'hui de loin la plus probable (27/28), même elle a le défaut d'expliquer plus difficilement certains effets constatés. La difficulté principale dans cette hypothèse est de démontrer que tous les effets enregistrés pendant et après l'explosion peuvent s'expliquer aussi bien que dans le cas de l'hypothèse cométaire.

Depuis le début des années 1960, une douzaine de stations scientifiques permanentes ou semi-permanentes, réparties dans quelques pays, et depuis les années 1970 l'armée américaine (longtemps sous le couvert "secret défense" pour des raisons de sécurité militaire), prennent systématiquement des photos des boules de feu et des gros météores qui entrent dans l'atmosphère. L'analyse des clichés obtenus dans ces stations a clairement montré que les collisions entre la Terre et des objets cosmiques allant de 100 à 100 000 tonnes étaient beaucoup plus fréquentes que ce qu'on imaginait auparavant. Mais seule une très faible proportion de ces bombes cosmiques parvient à survivre à la traversée de l'atmosphère terrestre, qui s'est avérée être un écran protecteur très efficace, notamment les couches inférieures (troposphère et stratosphère).

L'étude soigneuse de milliers de clichés a permis de distinguer trois types différents de corps heurtant la Terre. D'abord, des objets durs, rocheux, que l'on a identifié avec les météorites pierreuses de nos collections (types H, L et LL) et qui sont des vestiges d'astéroïdes brisés lors de collisions dans l'espace. Il s'agit de la population dite *planétaire*. Ensuite, des objets plus fragiles, semblables aux météorites carbonées et que l'on pense être des vestiges cométaires. La "météorite" de la Toungouska serait l'un d'eux selon certains spécialistes. Enfin, un troisième groupe concerne deux types de matériaux très friables : une forme primitive de roches carbonées et des boules de poussières, essaims de particules soudées entre elles. Ces deux groupes concernent la population dite *cométaire*. Peu de météorites métalliques et de sidérolithes ont été observées par les stations de surveillance, et l'on pense maintenant que ces deux types de météorites représentent seulement 1 ou 2 % du matériel cosmique balayé journalièrement par la Terre.

Une désintégration tardive

Le problème de l'altitude des apparitions et des disparitions des différentes boules de feu enregistrées sur les clichés a été particulièrement étudié. Une surprise apparaît au moment des conclusions. C'est que même les grosses roches du groupe planétaire sont pulvérisées durant leur traversée de l'atmosphère et que seuls quelques débris, atteignant parfois une tonne, touchent le sol. C'est encore nettement plus évident pour le matériel des deux groupes cométaires qui, dans la plupart des cas, ne parvient pas jusqu'à la surface terrestre.

En octobre 1969, une boule de feu a survolé la ville d'Ojarks aux Etats-Unis. Elle s'est désintégrée à 22 km d'altitude en donnant lieu à deux fortes explosions, qui produisirent des ondes de choc comme en Sibérie. En décembre 1974, une boule de feu encore plus grosse, dont la masse a été estimée à 200 tonnes environ, a survolé la ville de Sumawa en Tchécoslovaquie. Elle s'est totalement désintégrée en trois secondes. Les principales émissions lumineuses eurent lieu entre 73 et 61 km d'altitude. Seul un petit fragment a atteint 55 km, et aucun débris n'a touché le sol.

Pour l'objet de la Toungouska, il est certain que l'explosion a eu lieu entre 5 et 10 km d'altitude, la plus probable étant 6 km. A cette altitude, la pression aérodynamique est environ trente fois supérieure à celle existant à une altitude de 22 km, à laquelle se désintégra la boule de feu d'Ojarks. On voit qu'il y a là un problème sérieux. Une explosion à 6 km d'altitude est une explosion basse, incompatible avec l'hypothèse d'un noyau de glace envisagé dans le cas d'une comète active. Cette explosion basse est même difficilement conciliable (mais sans doute pas impossible) avec l'hypothèse de l'EGA cométaire, avec un noyau à base de chondrite carbonée qui est un matériau fragile, mais qui parvient quand même parfois à toucher le sol, puisqu'on en connaît plusieurs spécimens dans nos collections de météorites.

Le verdict de la résine : un astéroïde à enstatite

C'est ce problème de l'explosion bien tardive, d'autant plus que l'objet de la Tounougouska a eu une longue trajectoire intra-atmosphérique, qui a obligé les spécialistes à réenvisager l'hypothèse, longtemps abandonnée, de la météorite véritable. Certains ont longtemps penché pour un matériel planétaire, composé de roches relativement dures (densité de l'ordre de 3,5 g/cm³), comparables à celles des chondrites des types LL ou L de nos collections de météorites. Le bombardement se serait uniquement produit sous une forme microscopique et ses vestiges seraient les milliards de globules minuscules qui existent, sous forme de "mitraille" enfouie dans la zone sinistrée de la Sibérie centrale.

Un progrès très significatif a pu être obtenu au début des années 1990. Une équipe italienne, menée par Giuseppe Longo et Menotti Galli (1922-2011) (29/30), a eu l'excellente idée d'étudier des gouttes de résine datant de 1908 et préservées dans le tronc même de certains conifères meurtris de la zone d'impact. Cette résine s'est révélée extraordinairement riche, puisqu'elle contient en grande quantité des micro-particules, en particulier du fer, du calcium, de l'aluminium, de la silice, de l'or, du cuivre, du titatium, mais aussi plusieurs autres éléments. Les spécialistes italiens ont conclu à *l'explosion d'un astéroïde à enstatite de type E*, c'est-à-dire un corps équivalent à nos chondrites à enstatite dont on connaît deux variétés (EL et EH).

Comment interpréter ce résultat étonnant et très important ?

Ogdy : un fragment planétaire d'un objet mixte

Ogdy, dont le diamètre était de 60 ou 80 mètres, était obligatoirement un fragment d'un astéroïde cométaire, c'est-à-dire un objet qui a eu dans le passé une activité cométaire. Mais si cette activité était définitivement stoppée, peut-être à cause de l'existence d'une croûte trop épaisse pour permettre aux derniers éléments volatils de se sublimer, la désintégration a libéré la totalité du matériel du corps cosmique et permis les effets cométaires indiscutables dont j'ai parlé.

On sait aujourd'hui que les innombrables fragments générés par *Hephaistos* et ses divers groupes, nés d'un émiettement inéluctable et quasi permanent depuis quelques milliers d'années, sont de nature soit cométaire, soit planétaire. Certains morceaux existant encore doivent être mixtes, avec des traces de glace originelle remontant à la formation même du corps parent.

Le fameux *Complexe des Taurides*, identifié par Fred Whipple (1906-2004) dans les années 1950, mais sans qu'il fasse le rapprochement avec Ogdy, contient d'innombrables morceaux de taille décamétrique, de nombreux autres de taille hectométrique et quelques-uns de taille kilométrique et tous ne sont pas homogènes, loin de là. L'hétérogénéité pourrait être la règle, si l'on en croit la grande variété des micro-particules repérées dans la fameuse

résine des chercheurs italiens et celles ramassées sur le site lui-même, et qui ont étonné par leur richesse qui a fait croire à certains que leur origine était artificielle.

De nombreux astronomes catastrophistes croient à l'hypothèse de Kresak, d'une parenté entre P/Encke et Ogdy, mais pour celui-ci une composition ou planétaire ou mixte. Cette hypothèse devrait se préciser ces prochaines années. Mais d'ici là un léger doute subsiste.

Une source inépuisable d'hypothèses et d'élucubrations

La Toungouska : un OVNI qui a explosé

Ce doute, à coup sûr, arrangera les auteurs qui aiment et qui vivent du mystère. Mais celui-ci s'est éclairci sérieusement, et les nouveaux auteurs auront du mal à être crédibles s'ils s'éloignent des trois hypothèses classiques.

L'absence de cratère météoritique et de débris apparents constatés lors de la première expédition scientifique de 1927 avait débridé les imaginations. A ce jour, on ne compte pas loin d'une centaine d'hypothèses publiées, certaines n'étant rien d'autre que des élucubrations dénuées de tout fondement scientifique (31). Il est utile pour terminer de rappeler les trois hypothèses annexes les plus connues et qui ont toutes obtenu lors de leur parution un petit succès d'estime. Il faut cependant ajouter que la grande majorité des scientifiques sérieux ne les considère plus que comme des curiosités.

La plus ancienne est l'hypothèse de *l'astronef extraterrestre*, émise en 1946 par l'ingénieur et écrivain de science-fiction soviétique Alexandre Kazantzev (1906-2002 (32), et reprise depuis par de nombreux auteurs, scientifiques ou non. Pour certains, l'astronef entier aurait explosé dans le ciel sibérien, mais pour d'autres, il pourrait seulement s'agir d'un dispositif nucléaire de l'engin largué sur Terre pour une raison inconnue. Kazantzev avait été frappé par la similarité des dégâts constatés en Sibérie et à la suite des explosions de Hiroshima et de Nagasaki en 1945. Il est facile de comprendre pourquoi Kazantzev a fait de nombreux émules depuis, le côté fascinant de son hypothèse est plus passionnant que la stricte hypothèse astronomique.

Il est inutile de cacher que depuis 1946, cette possibilité de l'explosion d'un vaisseau extraterrestre a toujours excité la curiosité des amateurs d'insolite. Cette hypothèse s'est donc souvent trouvée répercutée par des organes de presse un peu trop complaisants, pratiquement chaque fois qu'un nouveau chercheur connu l'a reprise à son compte, bien souvent pour se faire un peu de publicité facile. Ainsi dans son numéro du 30 octobre 1978, *le Parisien Libéré* s'est fait l'écho de l'hypothèse de l'astronome russe Felix Zigel (1920-1988) sous le titre suivant : " *Selon un savant soviétique, un OVNI s'est écrasé sur la taïga en 1908* (33) ". Dans cet article, repris d'autres articles parus en

URSS, Zigel conclut que l'engin était une sonde interplanétaire d'origine artificielle et que la puissance de l'explosion était de 40 mégatonnes, équivalente à 2200 bombes atomiques de type Hiroshima (ici les chiffres les plus probables sont multipliés par 4). Il reprend à son compte les sornettes selon lesquelles le corps céleste aurait changé deux fois de trajectoire en pénétrant dans les couches denses de l'atmosphère : venant du sud, il aurait d'abord obliqué vers l'est, pour finir ensuite vers l'ouest. D'après Zigel, seul, évidemment, un engin artificiel aurait pu effectuer de telles manœuvres. Il parle aussi de la radioactivité accrue, des preuves de mutations chez certaines espèces d'insectes et de plantes et de leur teneur anormalement élevée en zinc, brome, sodium et fer. Il conclut que tous ces éléments ne sont pas typiques des noyaux cométaires, mais sont très valables pour des constructions artificielles. Si Zigel a eu un certain succès avec les organes de presse, il n'en a eu aucun avec les scientifiques soviétiques.

De l'antimatière au trou noir

Cette hypothèse du vaisseau spatial montre bien que la passion reste vive quand on aborde le sujet de la Toungouska. Il n'est donc pas étonnant que chaque hypothèse vraiment nouvelle, émise par des chercheurs reconnus, bénéficie d'une large publicité. Ce fut le cas pour les deux hypothèses suivantes qui méritent d'être rappelées rapidement en passant. Elles ont l'avantage sur beaucoup d'autres d'être crédibles, même si leur probabilité reste extrêmement faible (pour ne pas dire quasi nulle).

En 1965, trois scientifiques américains : Clyde Cowan (1917-1991), physicien, Chandra Atluri, géophysicien, et Willard Libby (1908-1980), chimiste et physicien (34) proposèrent leur hypothèse de la rencontre de la Terre avec *un fragment d'antimatière*, qui se serait annihilé lui-même dans l'atmosphère. L'énergie libérée dans ce genre de collision matière-antimatière est si importante que le fragment d'antimatière n'aurait pas excédé *16 grammes* (contre 500 000 tonnes dans l'hypothèse météoritique).

Enfin, il faut citer l'hypothèse du *micro-trou noir*, avancée en 1973 par les physiciens américains Albert Jackson et M. Ryan (35). Le micro-trou noir aurait eu la masse d'un gros astéroïde (10^{14} à 10^{16} tonnes) et un rayon géométrique négligeable (moins d'un milliardième de millimètre). Il aurait traversé la Terre de part en part, à environ 100 000 km à l'heure, et serait ressorti dans l'Atlantique nord avant de continuer sa course dans l'espace.

Inutile de dire que les trois hypothèses ci-dessus, ainsi que toutes les autres (il faudrait un livre entier pour les étudier toutes), souffrent de la comparaison avec celles étudiées précédemment, notamment celle de l'astéroïde qui est presque satisfaisante. Toutes ces hypothèses marginales présentent des insuffisances notoires et leur probabilité est pratiquement nulle. L'imagination n'étant pas rare chez les scientifiques, de nouvelles idées apparaîtront encore dans l'avenir pour tenter d'expliquer cette catastrophe cosmique, la plus importante du XX^e siècle. Mais ce n'est pas s'avancer beaucoup de dire qu'elles resteront des hypothèses marginales.

La région de la Toungouska, site protégé pour l'avenir

Le retard pris pour aller étudier la région de l'impact (il aura fallu attendre 19 ans pour que Kulik puisse atteindre la région dévastée) a été une faute impardonnable sur le plan scientifique, une faute totalement inimaginable de nos jours, et, il faut bien le dire, incompréhensible. Aujourd'hui c'est une lutte sans merci, quasiment une course de vitesse, entre les scientifiques qui veulent percer les secrets encore décelables et la nature qui, comme toujours sur la Terre, reprend progressivement ses droits et efface inexorablement les traces du passé.

Les autorités russes, bien conscientes de l'intérêt tout à fait considérable de la région sur le plan scientifique, ont ouvert le droit aux savants étrangers de venir, eux aussi, sur le site, privilège réservé aux chercheurs soviétiques jusqu'au début des années 1980 (36). On sait que cette non-étude par les savants des autres pays a débouché sur des querelles concernant certains résultats qui ont été ouvertement critiqués, notamment ceux concernant les mutations, données comme certaines par les uns et niées par les autres.

On peut être certain que l'internationalisation de la recherche sur le site de la Toungouska va déboucher sur des résultats importants. De nouvelles simulations dues à l'astronome russe Vladimir Svetsov (37) laissent à penser que des petits fragments de l'objet de la Toungouska ont pu se séparer du corps principal, à une altitude de 20 à 15 km, et ainsi éviter la désintégration générale qui l'a totalement détruit entre 5 et 10 km. Certains de ces petits fragments ont pu survivre et toucher le sol. Il reste à les trouver. Les calculs de Svetsov montrent qu'il faudrait chercher nettement au sud-est de l'épicentre, entre 5 et 10 km.

Quelle satisfaction si de nouvelles recherches intensives sur le terrain permettaient de retrouver ne serait-ce que quelques-uns de ces fragments ayant survécu à la désintégration. Malgré les difficultés, les chercheurs restent optimistes. Avoir dans les mains un échantillon de *Hephaistos* qui a fait tant de misères à nos ancêtres est probablement une réalité de demain. Un siècle après le cataclysme, l'intérêt pour le mystère de la Toungouska ne se dément pas et continue à faire couler beaucoup d'encre (38/39).

Notes

1. Cette date du 30 juin 1908 est celle du calendrier international (*grégorien*), quasiment utilisé dans le monde entier à l'époque, sauf en Russie et dans d'autres pays soumis à la religion orthodoxe (Grèce, Bulgarie, Yougoslavie). En Russie, on utilisait encore à l'époque tsariste le calendrier *julien* (établi sous Jules César) qui comportait un décalage de 13 jours en moins. Pour les Russes de l'époque présoviétique, la catastrophe sibérienne est donc datée du 17 juin 1908 (date notée dans les pays étrangers 17/30 juin, 17 vieux style, 30 nouveau style ou grégorien). Ce n'est que le

- 1/14 février 1918 que l'URSS adopta le calendrier grégorien. La Grèce s'y soumit en 1923 seulement. On se doute que c'est le poids du clergé qui permit aux pays de religion orthodoxe de rester si longtemps à l'écart d'une (r)évolution calendaire tout à fait indispensable.
2. *Toungouska* est le terme géographique français. Mais toute la littérature anglo-saxonne utilise le terme international de *Tunguska*.
3. Z. Sekanina, *The Tunguska event : no cometary signature in evidence*, *Astronomical Journal*, 88, pp. 1382-1414, 1983.
4. R.A. Gallant, *Journey to Tunguska*, *Sky and Telescope*, 87, pp. 38-43, june 1994.
5. C. Sagan, *Cosmos* (Mazarine, 1981). Titre original : *Cosmos* (1980). Dans ce livre de vulgarisation, associé à une série d'émissions télévisées, Carl Sagan a consacré le chapitre IV, intitulé *Le paradis et l'enfer* (pp. 73-99) aux cataclysmes d'origine cosmique. Il parle du cataclysme de la Toungouska et publie de nombreux récits obtenus, lors de la première expédition de 1927, de témoins oculaires proches et souvent victimes eux-mêmes du drame.
6. E.L. Krinov, *Giant meteorites* (Pergamon Press, 1966). Le premier livre de référence sur les impacts de la Toungouska en 1908 et de Sikhote-Alin en 1947.
7. Quelques personnes ont atteint la région de la Toungouska avant 1927, mais on ne peut pas parler d'expédition scientifique. Dès 1910, à l'époque tsariste, un certain négociant russe nommé Susdalev, sans doute appâté par un profit possible (on était persuadé qu'il était tombé une météorite à l'époque), se rendit sur place, mais hormis l'ampleur impressionnante des dégâts, il ne trouva rien de monnayable et en tout cas aucun fragment de météorite.
8. E.L. Krinov, *The Tunguska and Sikhote-Alin meteorites* dans B.M. Middlehurst and G.P. Kuiper (eds), *The Moon, Meteorites and Comets* (University of Chicago Press, 1963). Dans le chapitre 8 de ce gros livre collectif (pp. 208-234), Krinov raconte d'une manière détaillée les premières expéditions sur le site.
9. Ne pas confondre *Francis Whipple* (1876-1943), astronome britannique qui le premier, en 1930, proposa une origine cométaire pour l'événement de la Toungouska et *Fred Whipple* (1906-2004), astronome américain spécialiste des comètes. Leurs initiales identiques ont parfois prêté à confusion.
10. C. Trayner, *The Tunguska event*, *Journal of the British Astronomical Association*, 107, 3, pp. 117-130, 1997.
11. L. Kresák, *The Tunguska object : a fragment of Comet Encke ?*, *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, 29, 3, pp. 129-134, 1978.
12. A. Ben-Menahem, *Source parameters of the siberian explosion of june 30, 1908, from analysis and synthesis of seismic signals at four stations*, *Phys. Earth Planet. Int.*, 11, pp. 1-35, 1975.
13. Ogdy était obligatoirement un EGA de type Apollo qui s'éloignait du Soleil et qui, dans les jours précédant l'impact, était noyé dans le rayonnement solaire. La géométrie de son approche à la Terre était telle qu'il était totalement indécélable pour les observateurs terrestres.
14. V.G. Fesenkov, *A study of the Tunguska meteorite fall*, *Soviet Astronomy*, 10, pp. 195-213, 1966. Vassili Fesenkov (1889-1972) a été l'un des pionniers

- de l'astrophysique en URSS et un expert en météorites et en cosmologie.
15. K. Hindley, *Tunguska, la boule de feu du siècle*, La Recherche, 112, pp. 717-718, 1980.
 16. Tous les spécialistes, pourvus d'ordinateurs de plus en plus performants, travaillent sur différents modèles de collision, en faisant varier évidemment tous les paramètres. Cela donne des résultats satisfaisants pour l'esprit mais qui restent théoriques. Les résultats obtenus n'ont souvent rien à voir avec ce qui s'est passé ponctuellement pour une collision donnée.
 17. Le *nombre de Mach* qui est utilisé pour les vitesses supersoniques n'est pas une unité de vitesse. C'est le rapport, variable selon le milieu et la température, entre la vitesse du mobile et celle du son. La *vitesse du son*, dans l'air à 0°, est de 331 mètres/seconde. Dans une atmosphère surchauffée, comme dans le cas d'un impact, cette vitesse diminue. Dans l'eau à 8°, la vitesse du son est beaucoup plus élevée : 1435 mètres/seconde. On voit qu'une vitesse moyenne d'impact, qui est de 20 km/s, n'a rien de comparable avec la vitesse du son : elle est près de 60 fois supérieure.
 18. B.Y. Levin and V.A. Bronshten, *The Tunguska event and the meteors with terminal flares*, Meteoritics, 21, pp. 199-215, 1986.
 19. J.C. Brown and D. W. Hughes, *Tunguska's comet and non-thermal 14C production in the atmosphere*, Nature, 268, pp. 512-514, 1977.
 20. M.-A. Combes et J. Meeus, *Les fortes approches des comètes à la Terre*, L'Astronomie, 110, pp. 254-261, 1996.
 21. L'hypothèse de Kresak a séduit les astronomes catastrophistes. Elle est à la base de tous les développements actuels concernant l'impactisme et le catastrophisme cométaire. La possibilité qu'une grosse comète soit venue il y a quelques dizaines de milliers d'années à proximité de la Terre et se soit fragmentée oblige à réexaminer toute l'histoire des hommes et celle de toutes ces espèces animales disparues. Le cataclysme a-t-il eu un rôle dans la mort de tous ces mammoths retrouvés congelés dans les glaces des zones nordiques ?
 22. P.A. LaViolette, *The cometary breakup hypothesis re-examined*, Monthly notices of the Royal astronomical society, 224, pp. 945-951, 1987.
 23. M.-A. Combes, *Note sur les EGA planétaires et cométaires*, L'Astronomie, 94, pp. 131-137, 1980.
 24. E.J. Öpik, *Interplanetary encounters*, 1976.
 25. On a recensé seulement 4 fortes approches (inférieures à 0,100 UA) de comètes actives à la Terre pour le XX^e siècle. Même si certaines comètes faibles ont pu être ratées par les astronomes, il est exclu que les fortes approches aient dépassé la dizaine, ce qui est très peu.
 26. Z. Sekanina, *A core-model for cometary nuclei and asteroids of possible cometary origin*, pp. 423-428, in T. Gehrels (ed.), *Physical studies of minor planets* (NASA, SP-267, 1971).
 27. J.G. Hills and M.P. Goda, *The fragmentation of small asteroids in the atmosphere*, Astronomical Journal, 105, pp. 1114-1144, 1993.
 28. G.V. Andreev, *Was 1908 Tunguska's event begot by Apollo-type object ?*, in C. Lagerkvist and H. Rickman (eds), *Asteroids, Comets, Meteors III*, 1987.
 29. G. Longo et al., *Search for microremnants of the Tunguska cosmic body*, Planetary and Space Science, 42, pp. 163-177, 1994.
 30. *Tunguska's smoking gun ?*, Sky and Telescope, p. 14, december 1994.

31. On a recensé une cinquantaine d'hypothèses différentes pour expliquer le cataclysme de la Toungouska, certaines étant totalement farfelues, quasiment débilés. Seules une demi-douzaine sont possibles, trois seulement sont crédibles.
32. L'ingénieur russe Alexandre Kazantzev a proposé le premier l'hypothèse de l'impact accidentel d'un vaisseau spatial dès 1946, mais il n'y a pas le début de commencement d'une preuve. Cette hypothèse n'est ni plus ni moins qu'un fantasme.
33. Le Parisien Libéré, *Selon un savant soviétique, un OVNI s'est écrasé sur la taïga en 1908*, numéro du 30 octobre 1978.
34. C. Cowan, C. Atluri and W. Libby, *Possible anti-matter content of the Tunguska meteor of 1908*, Nature, 206, pp. 861-865, 1965.
35. A.A. Jackson and M.P. Ryan, *Was the Tunguska event due to a black hole ?*, Nature, 245, pp. 88-89, 1973.
36. Ce sont les savants russes eux-mêmes qui demandent que la région de la Toungouska soit classée site protégé par l'UNESCO. Ce serait le seul moyen de retrouver encore des traces du cataclysme de 1908 qui s'effacent inexorablement.
37. Vladimir Svetsov, comme beaucoup de ses confrères, a effectué plusieurs simulations concernant l'entrée dans l'atmosphère du météore de la Toungouska. Il en a déduit que la fragmentation a débuté dans la haute atmosphère, et donc que les petits débris séparés rapidement du fragment majeur ont pu éviter la désintégration totale. D'après lui, la découverte de petits fragments rescapés est très possible, probable même si l'on cherche au bon endroit.
38. S. Verma, *The Tunguska fireball*, Icon Books, 2005.
39. V. Rubtsov, *The Tunguska mystery*, Springer, 2009. Dans ce livre très remarquable, Vladimir Rubtsov raconte en détail les travaux effectués sur le site de la Toungouska par les scientifiques soviétiques des diverses spécialités concernées durant tout le XX^e siècle. Il confirme notamment les mutations constatées dans la faune et la flore qui ont repeuplé la région dévastée, mutations souvent niées par les chercheurs occidentaux qui n'ont pas eu le droit de fréquenter le site avant les années 1980.

CHAPITRE 8

LES FAUSSES PISTES

Des érudits et des charlatans réécrivent l'histoire du monde

Avant d'étudier en détail les *cataclysmes terrestres* (chapitre 9) et les *cataclysmes cosmiques* (chapitre 10) récents, il est nécessaire de faire le tri, car d'innombrables hypothèses et élucubrations interfèrent avec des informations certaines, plausibles ou seulement possibles, mais crédibles. Ce chapitre a pour but d'éliminer quelques hypothèses qui ont eu, et ont encore parfois, un succès d'estime, mais qui se sont avérées fausses. C'est parfois ce qui arrive pour certaines idées qui apparaissaient d'abord riches de promesses, mais qui ne résistent pas à l'analyse et aux données d'observation.

D'autres hypothèses, par contre, furent jugées fausses par les scientifiques dès leur parution, comme *la comète Vénus* de Velikovsky, par exemple. Certaines idées, enfin, reposent seulement sur des fantasmes, comme les *cataclysmes millénaristes* ou *les alignements et les groupements de planètes*, dont les effets sont totalement inexistants. Pourtant, même parmi ces élucubrations, certaines d'entre elles ont la vie dure, entretenues par des rêveurs, des astrologues ou des charlatans, pour qui la science est un sujet trop étroit (!) pour leur donner satisfaction, mais qui cependant refusent de la laisser aux seuls spécialistes et proposent leurs propres solutions.

Parallèlement à ces hypothèses farfelues, de nombreux érudits, des scientifiques, des ingénieurs ou des historiens, ont également, tout au long du XX^e siècle, proposé des hypothèses personnelles pour prendre en compte des idées et des découvertes nouvelles et pour pallier l'insuffisance des théories "officielles", qui bien souvent pêchaient par manque d'imagination et n'avaient pas une crédibilité suffisante. Certaines de ces solutions proposées étaient totalement révolutionnaires, mais presque toutes présentaient des insuffisances et ne pouvaient expliquer les observations. Or, toute hypothèse doit s'appuyer sur des observations incontestables pour être plausible, à défaut d'être certaine et définitive, ce qui est une tout autre histoire.

La comète Vénus de Velikovsky

Parmi tous ces érudits qui ont voulu réécrire l'histoire du monde, l'un d'entre eux est particulièrement célèbre. C'est Immanuel Velikovsky (1885-1981) qui a brossé, dans ce qu'il a appelé un "essai de cosmologie historique", une fresque qui a obtenu un succès commercial mondial, mais non sans contrepartie. Son livre fameux, *Worlds in collision*, traduit en français sous le titre *Mondes en collisions* (1), paru en 1950, a eu un double

effet. Il a plu au grand public par son côté mystérieux, son vernis scientifique et aussi par le parfum d'érudition qu'il dégage en première lecture. Mais, revers de la médaille, il a contribué à faire passer Velikovsky pour un charlatan qui s'est mis à dos la quasi-totalité de la communauté scientifique de l'époque.

Car il faut le redire, même si cet auteur passe encore parfois pour un martyr de la science (2/3), son livre est inacceptable sur un plan strictement scientifique, bien que le côté historique soit remarquablement intéressant. Vouloir faire de Vénus une *ancienne comète* éjectée par Jupiter, il y a seulement quelques milliers d'années, a fait crier à l'imposture tous les astronomes. Car le Système solaire est un système stable depuis plusieurs milliards d'années qui ne se prête en aucune manière à des improvisations de ce genre. Les sondes spatiales qui ont étudié Vénus de près ont confirmé que cette planète n'a absolument rien d'une comète capturée il y a 3500 ans, même si elle a ses particularités propres, comme chacune des sept autres planètes principales (Pluton est considéré comme un membre de la ceinture de Kuiper aujourd'hui, et seulement comme une planète naine).

La découverte récente du volcanisme permanent et extraordinairement violent qui existe sur Io, le satellite galiléen n° 1 de Jupiter, ne semble pas être en mesure de pouvoir relancer le débat sur l'injection possible de matière volcanique, sous forme de *comètes*, dans le Système solaire, hypothèse qui avait été envisagée par plusieurs scientifiques, notamment soviétiques, dans les années 1950 (4).

Les quatre lunes de Hörbiger

Cette théorie (5), qui remonte au début du XX^e siècle, a eu un extraordinaire succès en Allemagne et en Autriche jusqu'au début des années 1930, grâce au fait qu'elle était popularisée par le cosmologiste autrichien Hans Hörbiger (1860-1931), pseudo-scientifique et prophète nazi de triste mémoire, et qu'elle faisait quasiment partie de la propagande scientifique des Allemands entre les deux guerres. Hörbiger était l'auteur d'une cosmologie sur la formation de l'Univers, basée sur l'antagonisme entre la Glace et le Feu, connue sous le nom de *Glazialkosmogonie*.

Il postulait que quatre satellites de la Terre s'étaient succédé, les trois premiers s'écrasant sur notre planète à la fin des trois grandes ères géologiques, et y ayant provoqué d'innombrables dégâts, comme l'avaient signalé les géologues des générations précédentes. Une première lune se serait écrasée à la fin du Primaire, permettant l'apparition des insectes géants et de végétaux tout aussi démesurés. Une seconde lune l'aurait ensuite remplacée (à la suite d'une capture) avant de heurter la Terre à son tour, provoquant la fin du Secondaire, cataclysme lié avec l'apparition des premiers hommes : des Géants et celle des grands animaux aquatiques. C'est la troisième lune qui aurait provoqué l'Apocalypse à la suite d'un nouvel impact à la fin du Tertiaire, il y a environ 150 000 ans, provoquant la disparition des Géants et l'apparition d'une nouvelle humanité dégénérée (!).

Pendant 37 000 ans, ensuite, la Terre n'aurait pas eu de satellite, ce qui aurait entraîné la décadence de la vie terrestre. La Lune actuelle daterait de seulement 13 000 ans et serait donc très récente, il s'agirait d'une ancienne planète circulant auparavant entre la Terre et Mars et qui serait aussi plus grosse que les lunes précédentes.

Nous sommes là en pleine élucubration. Que des scientifiques aient pu soutenir une telle théorie paraît invraisemblable. Hörbiger était bien en peine pour justifier le renouvellement de ces lunes successives, privilégiant la théorie de la capture, à la mode à son époque. Mais une quadruple capture rendait déjà de son vivant cette théorie inacceptable.

L'explosion de Sirius B et la cosmogonie des Dogons

Il s'agit d'une autre hypothèse assez fantastique (6), basée sur deux bizarreries différentes concernant Sirius, non liées entre elles, qui a encore des partisans dans la mouvance parascientifique, mais qui ne repose pas sur une argumentation convaincante et surtout scientifique.

L'histoire de Sirius B, version Dogons, a été connue à partir de 1931, grâce surtout aux remarquables travaux de l'ethnologue français Marcel Griaule (1898-1956) (7), et elle est depuis source de polémique bien qu'elle n'ait jamais été prise très au sérieux par les scientifiques. Mais le mystère demeure. Un livre remarquable, *The Sirius mystery* (8), lui a été consacré en 1976 par le linguiste astronome américain Robert Temple, dans lequel l'auteur reprenait toutes les connaissances sur le sujet et les diverses hypothèses possibles.

La mythologie des Dogons plonge ses racines dans une antiquité impossible à déterminer avec précision, mais au moins millénaire. Étonnamment, les membres de cette tribu soudanaise savent qu'autour de Sirius circule une autre étoile qui est, elle, invisible, et aussi que sa période de révolution est de 50 ans. Tous les 50 ans d'ailleurs, les Dogons font une fête spéciale pour commémorer un nouveau cycle orbital qui démarre. Cette fameuse étoile invisible c'est Sirius B, une étoile de magnitude 8,7 dont l'existence fut - annoncée en 1844 par Friedrich Bessel (1784-1846), du fait des perturbations qu'elle fait subir à l'étoile principale, mais observée seulement en 1862 par l'opticien américain Alvan Clarke (1804-1887) à l'endroit exact calculé par Bessel. On sait qu'en gros l'éclat de Sirius A est près de 10 000 fois supérieur (10 magnitudes) à celui de Sirius B, ce qui rend l'observation de cette dernière extrêmement délicate puisqu'elle est totalement noyée dans l'éclat aveuglant de l'étoile principale.

Plus étonnant encore, les Dogons annoncent qu'une troisième étoile tournerait dans le système et que celle-ci aurait un satellite. Cette troisième étoile, baptisée Sirius C, soupçonnée dès 1894 pour expliquer des variations résiduelles de Sirius A, a été confirmée en 1995. Il s'agirait d'une naine

rouge gravitant à très faible distance de Sirius A et qui est repérable uniquement par les perturbations, faibles mais bien réelles, qu'elle crée dans le système de Sirius.

Sirius pose un autre problème agaçant et non résolu : sa couleur aurait changé depuis l'Antiquité, époque à laquelle elle était notée comme étant une étoile *rouge*. On sait qu'aujourd'hui Sirius est une superbe étoile *blanche* (de type spectral A0).

Dans son *Dictionnaire de l'astronomie*, Philippe de La Cotardière explique (9) :

" D'après certaines observations anciennes, Sirius serait apparue jadis rougeâtre (alors qu'elle est blanche de nos jours). Cette modification de teinte, si elle est réelle, pourrait être l'indice d'une évolution particulièrement rapide de Sirius B : celle-ci aurait été jadis une géante rouge dont l'éclat surpassait celui de Sirius A, mais qui, entre la fin du VI^e siècle et le début de XVI^e siècle, se serait effondrée pour devenir la naine blanche connue aujourd'hui. "

Quel rapport entre les connaissances des Dogons et le fait que Sirius aurait changé de couleur durant la période *historique* ? Apparemment aucun. Concilier les deux relève de la fiction pure et simple. En fait, toute corrélation entre deux faits bizarres concernant la même planète paraît assez invraisemblable. Les connaissances des Dogons et l'origine de leur mythologie si compliquée concernant le système de cette étoile restent inexplicables, et on comprend qu'elles aient fort surpris un ethnologue comme Griaule qui croyait enquêter sur une tribu comme les autres. Bien sûr, le doute a poussé les partisans des êtres supérieurs du cosmos à postuler la venue de visiteurs venus du système de Sirius qui auraient enseigné aux ancêtres des Dogons quelques données concernant leur étoile. D'autres, partisans de la panspermie dirigée, pensent que cette visite les auraient poussé à "perfectionner" l'homme par des croisements "interstellaires".

Le changement de couleur de Sirius ne s'explique pas non plus très bien. Il paraît impossible qu'une nova si proche n'ait pas laissé de trace, encore que les manifestations de celle-ci aient pu être partiellement masquées par l'éclat global du système. Mais les bouffées de matière et de radiations crachées par Sirius B auraient dû entraîner une crise terrestre, avec une augmentation très sensible de l'impactisme particulière, et notamment une recrudescence marquée de phénomènes atmosphériques. Rien de tel n'a, semble-t-il, été observé. L'effondrement de Sirius B en naine blanche, en fait, doit remonter à plusieurs centaines de millions d'années, peut-être même davantage. Un cataclysme stellaire récent dans la proche banlieue solaire n'est pas crédible, d'où la place de l'histoire de Sirius dans le chapitre " *Fausse pistes* ".

Vela X, l'étoile de Sumer et la légende d'Oannès

Dans le même genre d'idées fantastiques, il faut parler de l'hypothèse de l'érudit américain George Michanowsky (1920-1993, popularisée dans un livre à succès paru en 1977 : *The once and future star* (10) (traduit en français sous le titre : *Le retour de l'étoile de Sumer*). Son idée de base repose sur le lien possible entre la grande supernova de la constellation des Voiles (perpétuée par son résidu cosmique, le pulsar Vela X) et les origines de la civilisation. Michanowsky était un remarquable spécialiste des langues anciennes et son approche, différente de celle des astronomes, est très intéressante et aurait pu déboucher sur une découverte majeure, à la fois sur le plan *historique* et sur le plan *mythologique*.

D'abord, il faut préciser deux choses pour bien situer cet événement en tous points exceptionnel, unique même. La supernova fut visible quasiment comme un deuxième soleil, situé très près de 45° de latitude sud. Le pulsar qui en résulte est catalogué sous le nom de PSR 0833-45 (-45 signifiant 45° de latitude sud). Durant plusieurs mois, tous les habitants de l'hémisphère sud et ceux de l'hémisphère nord vivant en dessous de 35° suivirent l'évolution de cette gigantesque source de lumière totalement imprévue. Il s'agissait d'un des phénomènes cosmiques les plus grandioses dont l'homme a été le témoin depuis 15 000 ans, et il a eu obligatoirement un *impact psychologique* énorme et débouché sur la création de mythes et de légendes dont certains, souvent déformés, sont arrivés jusqu'à nous.

Deuxième chose, les Sumériens et avant eux les autres peuplades protohistoriques de la région, qui observaient chaque nuit le ciel vers le sud, connaissaient obligatoirement les étoiles de la Croix du Sud et les autres étoiles principales visibles sous leur latitude. Il ne peut donc y avoir confusion sur l'identification des étoiles brillantes.

Quand il eut connaissance par des articles de la presse scientifique de la probable *association génétique* entre la nébuleuse Gum, la supernova des Voiles et le pulsar Vela X, Michanowsky entreprit des recherches pour savoir si la supernova avait été observée et notée par les Anciens sous une forme quelconque. D'après lui, un phénomène de cette importance n'avait pu passer inaperçu. Il songea à se référer aux textes originaux qui traitent du ciel de l'ancienne Mésopotamie. Comme les autres spécialistes des textes cunéiformes, il connaissait bien l'existence d'une tablette sumérienne appartenant à la riche collection du *British Museum* connue sous le nom de tablette BM-86378. Cette tablette exceptionnelle avait déjà été exploitée par des érudits au début du XX^e siècle, notamment par le spécialiste allemand de l'astronomie cunéiforme Franz-Xavier Kugler (1862-1929). Son contenu est astronomique et concerne surtout un catalogue d'étoiles mésopotamien.

Michanowsky savait par la presse que l'âge le plus probable pour l'explosion était -9000, mais il savait aussi que certaines variations ou "dérapages" dans la fréquence des pulses auraient pu intervenir et autoriseraient ainsi une date plus récente, possible jusqu'à -4000. Tant et si bien que dans les

années 1970, certains chercheurs pensaient même que la date *historique* permettrait de déterminer la date *astronomique* de l'explosion.

D'après Michanowsky, l'astrophysicien britannique Antony Hewish, expert en radioastronomie et codécouvreur des pulsars en 1967, acceptait vers 1975 l'idée d'une possibilité d'un ralentissement de la fréquence des signaux d'un pulsar dans quelques cas particuliers.

" Le professeur Hewish explique les "dérapages" dans le ralentissement des signaux d'un pulsar de la façon suivante : on suppose que le pulsar a une forme ellipsoïdale lorsque sa rotation est extrêmement rapide et qu'il devient plus sphéroïde au fur et à mesure que sa vitesse diminue. Il est constitué d'éléments solides et peut donc changer de forme assez brusquement par un processus de fractionnement. C'est ce qu'on appelle la théorie du tremblement d'étoiles. " (11)

La distance de Vela X a été évaluée à environ 400 parsecs, soit 1300 années lumière, ce qui reste assez proche pour une supernova, mais l'intensité des rayons X, gamma et cosmiques est probablement insuffisante pour avoir des conséquences vraiment sérieuses sur la vie, puisque la magnétosphère et, en deuxième rideau, l'atmosphère terrestre en absorbent et neutralisent la plus grande part. Par contre, l'effet de surprise et de terreur passé, les conséquences psychologiques ont dû être énormes.

Michanowsky reprit l'étude très détaillée de la tablette BM-86378 et comme ses prédécesseurs du début du XX^e siècle, il comprit qu'elle reflète certains aspects de la connaissance astronomique remontant vers -3000, et même beaucoup plus parfois. Deux lignes de cette tablette font référence à *une étoile géante* située à l'endroit même où s'est produite l'explosion de la supernova. Kugler, le premier historien astronome à avoir disséqué le contenu de la tablette avait fait remarquer que le texte s'appliquait à une région du ciel austral que la mythologie assimilait comme étant l'équivalent céleste de la cité d'Eridu, demeure sacrée du dieu sumérien E-A.

Michanowsky a défini la région comme étant le triangle céleste formé par les étoiles dzéta de la Poupe ($m = 2,3$) et gamma ($m = 1,8$) et lambda ($m = 2,2$) des Voiles. C'est précisément à l'intérieur de ce triangle d'étoiles relativement brillantes que le pulsar PSR 0833-45 a été localisé, ce qui paraît, à première vue, plus qu'une simple coïncidence. Cette région céleste était considérée comme particulièrement importante dans la tradition céleste mésopotamienne, alors qu'aujourd'hui rien n'y attire l'attention particulière d'un observateur, puisque les étoiles principales sont de magnitude 2.

Dans son livre, Michanowsky explique l'importance de ce triangle céleste :

" L'ancienne étoile, maintenant écoutée, lance à travers l'espace des signaux que rythment les battements puissants de son cœur. Comme le dit exactement l'ancienne tablette, la demeure céleste

de Nin-Mah, la Très Haute Dame, est située juste au nord de ce qui fut un jour l'étoile géante d'E-A, dans la constellation des Voiles, la céleste et sainte Eridu. " (12)

La fameuse légende d'Oannès, être mythique mi-homme, mi-poisson, a été transmise par le prêtre chaldéen Bérose qui lui-même la tenait d'une multitude de devanciers. Oannès était considéré comme le dieu qui, surgissant du golfe Persique, aurait enseigné aux premiers habitants de Mésopotamie les arts de la civilisation (écriture, mathématiques, science des étoiles). Les érudits relient aujourd'hui E-A et Oannès, considérés comme le *poisson divin* (!).

Comme conclusion de sa minutieuse analyse des textes anciens et de sa connaissance de l'astronomie, Michanowsky propose la solution suivante :

" J'en suis venu à la conclusion que la légende d'Oannès devait ses origines à la grande étoile des Voiles et que l'apparition de ce prodige céleste était finalement resté dans les mémoires comme la visite d'une entité surnaturelle à forme semi-humaine. Quand la supernova fut observée au ras des eaux de la vaste mer des Sumériens, la réflexion lumineuse sur la surface de l'Océan s'étendit comme un ruban brillant depuis l'horizon du sud jusqu'au littoral. Les habitants de la côte ont réellement cru voir l'étoile qu'ils considéraient comme une divinité s'avancer vers eux en marchant sur l'eau. En tant que dieu mésopotamien, une telle apparition aurait été retenue sous une forme humaine. Etant venue par la voie maritime, elle aurait également projeté une image suggérant les caractères d'un poisson. Nous avons là un modèle ancien des êtres hybrides de la mythologie et du rêve, associé au rayonnement céleste émanant d'une source située près de l'horizon. " (13)

Michanowsky explique encore que l'art mésopotamien représente souvent Oannès associé avec une étoile et que plus tard, dans les mythes ultérieurs, cette légende sera transformée en *un homme céleste surgissant de l'océan* et venant du sud.

L'hypothèse de Michanowsky est très astucieuse, d'autant que certaines de ses conclusions sont troublantes (notamment la présence du pulsar dans le triangle d'étoiles des Sumériens) et comporte probablement une partie de vérité. Il est bien certain que les Anciens, à quelque époque qu'ils aient vécu, ont dû être terrorisés en voyant apparaître *en quelques jours seulement* une étoile aussi brillante que la pleine Lune, et qui brilla durant plusieurs mois comme un phare dans le ciel du sud. Effet garanti ! La baisse d'éclat très progressive et sa disparition ont dû aussi inspirer de nombreuses questions aux Anciens.

Le gros (et quasi insoluble) problème en ce qui concerne l'étoile des Voiles (perpétuée depuis par Vela X) est celui de la *datation*, car l'époque -4000 ne

tient pas. Tout semble indiquer au contraire une explosion vers -9000, ce qui n'est pas du tout la même chose. Hewitt, lui-même, qui a découvert les pulsars, semblait admettre vers 1975 que la corrélation entre la période des pulsars et leur ancienneté n'était peut-être pas obligatoire dans tous les cas, mais cette exception concernant Vela X n'a jamais été confirmée. D'un autre côté, la très importante dispersion de la nébuleuse Gum semble également indiquer une explosion remontant bien à 11 000 ou 12 000 ans.

Exit donc la liaison génétique entre la supernova des Voiles et la légende d'Oannès, à moins que cette légende ait survécu dans l'imaginaire et les traditions des Anciens à la suite d'une transmission orale durant 5000 ans (200 générations en gros) avant d'être enfin traduite par écrit par les premiers utilisateurs de l'écriture. Peut-être une autre nova ou supernova plus tardive, issue de la même région du ciel, pourrait expliquer la légende et l'explication de Michanowsky, mais nous ne le saurons probablement jamais.

Cet auteur rappelle, à juste titre, l'effet produit sur Hipparque (v. 190-v. 126) et ses contemporains par l'apparition d'une étoile nouvelle (une simple nova) en -133. L'événement parut si fabuleux qu'il encouragea Hipparque à entreprendre son fameux catalogue de positions d'étoiles (il en retint 1025), le premier du genre, pour permettre à ses successeurs de comparer si elles évoluaient, oui ou non, dans le temps en position et en éclat (il les classa pour la première fois en six "grandeurs", nos magnitudes d'aujourd'hui).

Si un petit doute subsiste concernant cette affaire, les scientifiques, par contre, écartent toute possibilité d'évolution "psychique" et encore moins "génétique" qui serait en rapport avec des radiations en provenance de l'étoile. A grande échelle, l'impactisme particulière n'est réellement dangereux que durant les périodes où la magnétosphère ne joue pas son rôle de bouclier. Que ce soit il y a 6000 ans ou 11 000 ans, aucune disparition de cette magnétosphère n'a été signalée par les géophysiciens. Quant à la couche d'ozone, il est probable qu'elle a dû avoir du mal à neutraliser les rayons cosmiques associés à la supernova, mais compte tenu de l'éloignement de l'étoile, les risques de catastrophe globale à l'échelle humaine étaient quand même relativement limités et les mutations génétiques quasiment nulles.

1916-1988 : le mythe de la météorite géante de l'Adrar

L'histoire de cette célèbre météorite fantôme à laquelle trois noms restent étroitement attachés, ceux de Gaston Ripert (1881-1957), Alfred Lacroix (1863-1948) et surtout Théodore Monod (1902-2000) qui lui a consacré un petit livre passionnant : *Le fer de Dieu* (14) (écrit en collaboration avec la minéralogiste Brigitte Zanda), mérite d'être rapidement racontée, car elle est exemplaire. Pendant plus de 70 ans, elle a été un point d'interrogation irritant pour les spécialistes, même si beaucoup n'y croyaient plus depuis longtemps, à commencer par Monod lui-même, qui dès les années 1930

faisait partie des sceptiques, après une visite infructueuse de plusieurs semaines sur le terrain.

On s'est longtemps demandé si la sidérite de Hoba, découverte seulement en 1920 en Namibie, était bien la plus grosse météorite terrestre et s'il était possible qu'on en retrouve encore de plus grosses dans un désert encore inexploré (15). Et surtout, les spécialistes se demandaient quel pouvait être le diamètre maximal d'une météorite après son impact à la surface terrestre. Personne n'envisageait véritablement qu'un objet d'une centaine de mètres puisse survivre sans fracturation à la traversée de l'atmosphère, jusqu'au moment où, au début des années 1920, un certain Ripert, capitaine de l'armée française résidant professionnellement à Chinguetti dans le Sahara mauritanien dans les années 1916-1917 raconta au minéralogiste Lacroix (16) avoir recueilli une météorite de 4,5 kg en 1916 " *sur une énorme masse métallique mesurant une centaine de mètres de côté et une quarantaine de mètres de hauteur* ". Les indigènes et les forgerons de la région la considéraient comme étant d'origine météoritique et l'appelaient le "*fer de Dieu*". Ripert précisa que la sidérite géante se dressait au milieu de dunes et qu'elle avait la forme d'un parallélépipède compact et sans fissure.

Lacroix fit remarquer qu'en admettant une valeur de 40 mètres pour la troisième dimension qui n'avait pu être mesurée, on se trouvait en présence d'un bloc métallique d'un volume de 160 000 m³ et d'une masse d'environ 1 million de tonnes, ce qui était phénoménal pour une météorite. Pour le petit fragment qu'il examina, il indiqua la composition suivante : 80 % de fer et de nickel et 20 % de silicates. Il s'agissait donc bien d'une sidérite, et l'on pouvait supposer que la composition était la même pour l'énorme bloc.

A partir de 1930, si des doutes apparurent sur l'existence même de la météorite qui ne fut pas retrouvée par les voyageurs de passage dans la région, de nombreux scientifiques croyaient encore à sa réalité. Jean Bosler (1878-1973), un astronome français, qui a été indirectement impliqué dans cette affaire, écrivit dans un compte rendu, après avoir rencontré Ripert en 1932 (17) :

" M. Ripert estime qu'il n'y a point de doute : la grosse météorite vue par lui en 1916, près de Chinguetti (Adrar) était métallique, ce qui écarte l'hypothèse émise un moment d'une roche terrestre émergeant des sables sur laquelle se serait trouvé, par hasard, le petit bloc de 4,5 kg analysé en 1924 par M. A. Lacroix...

Les indigènes de la région appellent la masse de Chinguetti la "Pierre tombée du Ciel", ce qui prouve bien qu'ils en soupçonnent la véritable nature. En tout cas, elle était déjà là, il y a cinquante ans et les forgerons arabes en extraient couramment du fer pour le travailler ; ceci explique, dans une certaine mesure, l'importance qu'ils attachent à ce que les Européens ne viennent pas, d'une manière ou d'une autre, les évincer d'une "mine" considérée par eux comme leur appartenant.

Il serait intéressant de voir si les nombreux fers météoriques dont la région est parsemée possèdent ou non la même composition que le bloc de 4,5 kg analysé par M. Lacroix. "

Bosler, qui n'avait jamais été sur le terrain, s'avançait sérieusement en prétendant que " *les forgerons arabes en extraient couramment du fer pour le travailler* " car, en fait, personne sur place ne semblait connaître une telle "montagne de fer", surtout si facile d'accès.

Monod entra en scène deux ans plus tard, à l'occasion d'une longue mission au Sahara occidental effectuée en 1934-1935. Il était alors assistant au Muséum national d'Histoire naturelle, mais aussi un chercheur polyvalent (un vrai naturaliste) passionné de voyages. A peine arrivé à Chinguetti, le 5 juin 1934, il fit apposer l'affiche suivante (18) :

" Aux habitants de la région de Chinguetti "

" Le résident, chef de la subdivision de Chinguetti, fait connaître à tous que le gouvernement a appris qu'il y avait dans la région de Chinguetti une très grande pierre tombée du ciel il y a très longtemps. Cette pierre est en fer, elle est aussi grosse qu'une maison ; au sommet, elle porte plusieurs pointes et si l'on frappe sur ces pointes on ne peut pas les briser mais seulement les plier. La pierre se trouverait à l'est ou au sud-est de Chinguetti, dans les dunes couvertes de sbot : on l'appelle la "pierre tombée du ciel" ou le "fer de Dieu". Le gouvernement a envoyé dans la région Monsieur Monod pour étudier l'affaire et annonce que la personne qui conduira Monsieur Monod à la pierre, que celui-ci recherche, recevra, au bureau de la Résidence, la somme de mille francs. "
Chinguetti, le 5 juin 1934.

Ce fut un fiasco complet, Monod ne trouva personne pour le renseigner ou l'aider, malgré l'annonce d'une prime intéressante, et la météorite géante resta introuvable. Dès cette époque, il fut à son tour intimement persuadé de l'inexistence de la météorite, déjà soupçonnée par ses prédécesseurs tout aussi bredouilles.

Des reconnaissances furent effectuées par d'autres voyageurs et par des militaires entre 1938 et 1980, mais toujours avec le même résultat négatif. Théodore Monod lui-même, désireux d'en avoir le cœur net une bonne fois pour toutes, reprit ses recherches en 1987 (à l'âge de 85 ans !) et en 1988, avec deux expéditions dans l'année. Malgré un ratissage de toute la région, il n'obtint aucun résultat nouveau, si ce n'est cependant qu'il identifia la montagne "de fer" observée par Ripert en 1916. D'après lui, il s'agit d'un "relief rocheux d'une quarantaine de mètres de hauteur, nommé *guelb Aouinet ou tarf Aouinet* ", constitué en fait de grès et de quartzites et qui n'a strictement rien à voir avec un objet d'origine cosmique.

" Pour Théodore Monod, la question ne se pose plus, Ripert qu'il a toujours soupçonné d'avoir, sinon affabulé, du moins romancé sa découverte, est venu par ici, a contemplé la roche d'un peu loin, l'a associée au petit bloc météoritique ramassé. " (19)

En fait, il semble aujourd'hui impossible qu'un corps céleste d'un diamètre supérieur à une vingtaine de mètres (même une sidérite) puisse arriver à traverser l'atmosphère sans dommage (désintégration ou fracturation). L'inexistence de la météorite géante de l'Adrar n'est donc pas une surprise, elle est tout simplement logique.

Il faut noter encore que la météorite d'Aouinet (le morceau de 4,5 kg ramassé par Ripert et étudié par Lacroix) ne peut pas avoir de liaison génétique avec le cratère météoritique d'Aouelloul situé seulement à une vingtaine de kilomètres. Celui-ci a été daté de 3,2 millions d'années, alors que la météorite possède un âge terrestre de 300 000 ans seulement et est donc beaucoup plus jeune. On la considère de nos jours comme une mésosidérite riche en fer plutôt que comme une authentique sidérite.

Cycles cosmiques et groupements et alignements de planètes

J'ai expliqué au chapitre 1 que, très tôt dans l'histoire, les Anciens se sont persuadés du bien-fondé de l'astrologie planétaire et de l'importance des cycles cosmiques et aussi de celle des groupements et des alignements de planètes. La fameuse *Grande Année* était l'un des éléments primordiaux de leur histoire et chaque géomètre de renom a tenté de la mesurer et donc de dater son début et sa fin. On sait que chacun de ces savants de l'Antiquité avait "sa" propre valeur (quelques milliers d'années en général) et ses propres dates, données obtenues de façon totalement arbitraire et sans aucune justification.

Qu'en est-il de ces cycles cosmiques et de ces alignements à la lumière des connaissances modernes ? Dans son livre *Mathematical astronomy morsels* (20), l'astronome belge Jean Meeus a calculé tous les groupements de planètes pour une période de 4000 ans (0-4000). Le résultat est éloquent et définitif : il n'y a pas d'alignements possibles de *toutes* les planètes comme le prétendait Bérosee, et les groupements sont rarissimes. Meeus a calculé pour les huit planètes principales (Pluton est exclu) tous les groupements réels à l'intérieur d'un secteur héliocentrique de 90° (un quadrant centré sur le Soleil représentant le quart de la voûte céleste) et il a trouvé seulement 39 cas au total, ce qui est très peu : 10 au premier millénaire, 7 seulement pour le deuxième, 7 également pour le troisième et 15 pour le quatrième.

Trois groupements sont assez remarquables puisqu'ils sont circonscrits à l'intérieur d'un secteur inférieur ou égal à 50°. Deux ont déjà eu lieu, ce sont celui du 11 avril 1128 avec un secteur minimum de 40° et celui du 14 avril 1307 avec un secteur minimum de 46°. Le troisième aura lieu seulement le

31 juillet 3171 avec un secteur de 50°. Ces "groupements" concernant des planètes qui circulent à des distances très différentes du Soleil sont en fait totalement artificiels et n'ont aucune incidence ni effet de marée particulier.

On se souvient encore du fameux rapprochement planétaire du 10 mars 1982, médiatisé sous le nom ronflant et grotesque de " *L'effet Jupiter* " (21), annoncé à grand renfort de publicité plusieurs années à l'avance par tous les astrologues et tous les charlatans apparentés. Tous se sont couverts de ridicule en annonçant la fin du monde ou des catastrophes épouvantables. Le 10 mars 1982, les neuf planètes (Pluton inclus) se trouvèrent, comme prévu par le calcul, à l'intérieur d'un secteur héliocentrique de 95° (et donc non retenu dans la liste de Meeus qui se limite à des secteurs de 90°), sans que la face du monde soit changée d'un iota. Tous les gogos apeurés en furent pour leurs frais, s'étonnant parfois que les astrologues aient pu les induire en erreur !

La mise en lumière de cette bizarrerie mathématique, spectaculaire sur le papier mais sans conséquence pour la Terre ou les autres planètes, puisque les effets de marée invoqués pour provoquer les cataclysmes étaient totalement nuls, a quand même eu le mérite de discréditer définitivement cette catégorie de catastrophes imaginaires basées sur les groupements et alignements planétaires qui ne relèvent que du fantasme pur et simple.

Le *millénarisme* souvent invoqué les siècles précédents pour une éventuelle fin du monde ne peut plus s'appuyer sur ces problèmes cycliques. L'ordinateur en prévoyant tout à l'avance (Jean Meeus a tout calculé jusqu'à l'an 4000 !) avec une précision diabolique, a quasiment enlevé le "pain de la bouche" aux charlatans de tout poil, obligés de se rabattre sur des phénomènes *imprévisibles*, comme la venue impromptue (toujours possible) d'une comète ou d'un astéroïde.

Fortes approches annoncées = fin du monde

La multiplication des découvertes d'astéroïdes, et dans une moindre mesure des comètes, débouche obligatoirement sur des fortes approches à venir, quelquefois spectaculaires, et même carrément inquiétantes dans certains cas. Dans cette section, nous allons voir deux cas qui ont défrayé la chronique ces dernières années, et permis à la grande presse de faire des titres accrocheurs, susceptibles de faire "frissonner" leurs lecteurs (et donc de vendre). Le premier concerne la comète P/Swift-Tuttle et le second l'astéroïde 1997 XF11.

La fin du monde du 14 août 2126

Les journaux toujours avides de nouvelles à sensation ont fait leurs choux gras, en 1992 et 1993, de l'annonce d'une collision possible avec la Terre de la comète périodique P/Swift-Tuttle le 14 août 2126, en baptisant bien prématurément cette comète de "*Comète de l'Apocalypse* " ou "*Comète de la fin du monde* ". De telles annonces sont assez fréquentes, en fait, mais elles

n'engagent que leurs auteurs, souvent des mythomanes et des gourous de sectes apocalyptiques, et sont vite oubliées.

Ce qui fut différent avec cette annonce, c'est qu'elle fut faite par Brian Marsden, le directeur du Minor Planet Center, et publiée dans la circulaire n° 5636 de l'Union Astronomique Internationale (UAI) en date du 15 octobre 1992. Marsden n'est pas n'importe qui : c'est l'expert mondial n° 1 du calcul des orbites depuis plus d'un quart de siècle, un astronome connu pour sa prudence, qui connaît le problème des approches des astéroïdes et des comètes aux planètes mieux que personne. C'est lui calcula plusieurs mois à l'avance les instants des impacts des fragments de la comète P/Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter en juillet 1994, avec la précision que l'on sait.

S'il publia l'annonce d'une collision possible (titre un peu malencontreux dans lequel le *possible* devint vite *quasi-certitude* pour tous les médias qui vivent de sensationnel), c'est qu'il y avait une raison. Avec les derniers éléments orbitaux calculés de la comète P/Swift-Tuttle, qui fut retrouvée en 1992 seulement, peu de temps avant la fameuse annonce, et 130 ans après le passage de la découverte en 1862, Marsden trouva que cette comète passera *très près* de la Terre en août 2126. Personne n'est en mesure de dire exactement à quelle distance, car cette comète subit des forces non gravitationnelles par nature imprévisibles. Le passage prévu pour le 14 août 2126 peut avoir lieu à 8 heures du matin comme à 20 heures le soir.

Suite à l'émotion provoquée dans le grand public par des articles souvent démentiels et grossis à l'extrême avec des titres racoleurs, de nombreux astronomes furent "réquisitionnés" pour calmer un peu ce délire cométaire et faire comprendre aux médias et à leurs lecteurs qu'approche serrée et collision possible ne veulent pas dire collision certaine et fin du monde. L'astronome belge Jean Meeus publia le texte suivant (22) en réponse à l'annonce trop rapide de la catastrophe à venir dans une revue astronomique de son pays :

" Marsden n'a jamais dit qu'en 2126 la comète entrera en collision avec la Terre. Il a donné cette date comme date de collision possible. Mais quelle est la probabilité d'une collision en 2126 ? Pour qu'il y ait effectivement collision, il faudrait que les deux conditions suivantes soient satisfaites simultanément :

a) il faudrait que la plus courte distance entre les deux orbites (celle de la comète et celle de la Terre) soit inférieure à 6378 kilomètres, valeur du rayon de la Terre. Si la plus courte distance est supérieure à cette valeur, aucune collision n'est évidemment possible !

Quelle sera cette plus courte distance ? Il est possible que Marsden l'ait calculée, mais je n'ai jamais vu de valeur publiée. Lors du retour précédent (1862), la plus courte distance entre les deux orbites (et non pas entre les deux astres eux-mêmes !) était

de 670 000 km, la comète passant à l'extérieur de l'orbite terrestre. Pour le retour actuel (1992), la distance minimale entre les orbites est de 150 000 km, la comète passant cette fois à l'intérieur de l'orbite de la Terre.

b) la seconde condition est que la comète et la Terre passent pratiquement simultanément au point de plus grand rapprochement. Or, la Terre ne met que huit minutes pour parcourir, sur son orbite, une distance égale à son propre diamètre (12 756 km). La Terre ne se trouve que pendant huit minutes dans la région "dangereuse" ! Non seulement cela représente une très faible probabilité pour une collision, mais en outre il est parfaitement impossible de prédire, à huit minutes près, l'instant de passage de la fameuse comète en l'an 2126. Alors, que l'on ne vienne pas raconter qu'en 2126 la comète sera sur une "orbite de collision" avec notre Terre... "

P/Swift-Tuttle est une comète très remarquable, liée génétiquement, on le sait, aux *Perséides* qui illuminent chaque année notre ciel nocturne du 10 au 12 août. Elle fut déjà observée en 1737 en Chine, 125 ans avant sa découverte de 1862. On voit qu'à l'époque la période était de 125 ans, cinq de moins qu'actuellement. Son mouvement est particulièrement difficile à prédire à long terme, du fait d'importantes et irrégulières perturbations liées aux forces non gravitationnelles. C'est grâce à Marsden, d'ailleurs, qu'elle put être retrouvée en 1992, alors qu'elle était attendue dix ans plus tôt, en 1982, période à laquelle elle ne put être réobservée, et pour cause...

Le cas de P/Swift-Tuttle n'est qu'un exemple parmi d'autres d'annonce de cataclysme cosmique à long terme menaçant la Terre. Particulièrement en ce qui concerne les comètes actives, par définition des astres souvent imprévisibles, de telles prédictions sont pour le moins prématurées. Et ne faisons surtout pas dire à Marsden qu'il a annoncé la fin du monde. Comme un astronome extraordinairement précis qu'il a toujours été durant toute sa carrière au Minor Planet Center, il a annoncé une forte approche de P/Swift-Tuttle à la Terre le 14 août 2126, ce qui n'est pas la même chose. Cette approche serrée aura lieu, sauf désintégration de la comète d'ici là. Pour la fin du monde, il faudra encore attendre...

L'astéroïde 1997 XF11 et l'approche de 2028

Cet astéroïde a été découvert le 6 décembre 1997 (23) avec le télescope automatique Spacewatch par l'astronome américain James Scotti. Comme toujours après une telle découverte, les astronomes font tourner les ordinateurs pour voir si l'on doit s'attendre à une forte approche réelle dans les décennies à venir. Et c'est de là que vint la surprise. 1997 XF11 doit nous rendre une visite serrée le 26 octobre 2028. Brian Marsden annonça une approche possible à 42 000 km seulement de la Terre, insistant bien sur la nécessité de nouvelles observations pour affiner ce résultat brut.

Aussitôt les médias du monde entier se ruèrent sur cette annonce alléchante, rivalisant de superlatifs et de titres énormes, d'autant plus que le cataclysme annoncé doit avoir lieu en 2028, ce qui laisse tout le temps pour s'y préparer.

En France, le quotidien *Libération*, qui aime bien commenter les événements scientifiques, fit sa première du vendredi 13 mars 1998 (cette date était le simple hasard, puisque liée à l'annonce de la nouvelle !) avec ce titre : "26 octobre 2028, Alerte à l'astéroïde. Ce jour-là, un énorme caillou frôlera la terre, sauf si..." et consacrait totalement ses pages 2 et 3 à l'événement (24). Le gros titre de la page 2 sur les cinq colonnes était " *Un astéroïde menaçant se dirige vers la planète terre*". Des interviews, heureusement rassurants d'Alain Maury et Antonella Barucci, permirent aux lecteurs de tout savoir sur ce qui nous attend.

Maury expliquait fort bien la situation :

" C'est un gros, et on n'en a jamais vu passer un si près... Qu'il touche le sol ou l'océan serait spectaculaire. Un impact au sol pourrait détruire en totalité plusieurs départements français. Un choc avec l'Atlantique nord déclencherait un raz de marée qui atteindrait Paris. Dans les deux cas, il injecterait dans l'atmosphère une telle quantité de poussière que le Soleil en serait obscurci six mois à un an. Ce qui provoquerait un "hiver" capable de détruire une saison agricole...

Pour l'instant, la probabilité d'une collision, compte tenu des incertitudes sur la trajectoire, est non nulle, mais faible... Nous sommes certains que l'astéroïde va passer à l'intérieur d'un cercle de 200 000 km de diamètre, où se trouvera la Terre. Imaginez un cercle de 2 m et une cible de 12 cm à l'intérieur. C'est nous. "

Dans cette même double page de *Libération*, fort intéressante, Antonella Barucci s'employait à rassurer les gens et aussi à tempérer l'ardeur des médias :

" Faut-il s'inquiéter ? Une collision avec la Terre serait catastrophique, évidemment. Mais pour l'instant, le calcul ne dit pas que cette collision va survenir. En plus, c'est ce qui est très intéressant et justifie pleinement les opérations de surveillance, nous avons du temps pour réagir. En trente ans, si le risque d'une collision se précise, nous pouvons développer le moyen d'aller détourner la trajectoire de cet objet. Que les médias ne paniquent pas les gens... "

Au-delà du sensationnel, qui passionne ou terrorise le lecteur selon le cas, il y a la réalité incontournable que représente le danger potentiel des approches d'astéroïdes. Dans la double page de *Libération*, Alain Maury concluait d'une façon pragmatique :

" On s'excite sur XF11, mais peut-être que d'autres astéroïdes sont passés bien plus près la semaine dernière... Des astéroïdes, on en découvre toutes les nuits. Loin, dans la ceinture d'astéroïdes située entre Mars et Jupiter, environ 300 à 400 par nuit. Et une dizaine par mois pour ceux qui vont passer dans la banlieue de la Terre. J'estime qu'à moins de 400 000 km de nous, il y a en permanence une cinquantaine d'objets de plus de 50 mètres de diamètre... Aujourd'hui, on sait que les catastrophes cosmiques ne sont pas réservées au passé. "

Des calculs ultérieurs ont montré que si la très forte approche du 26 octobre 2028 est confirmée, elle sera nettement moins serrée qu'annoncé lors de la découverte. Elle ne devrait pas être inférieure à 800 000 km et ne présentera donc aucun danger pour la Terre. Elle n'en demeure pas moins un événement astronomique intéressant que les astronomes ont tout le temps de préparer à loisir.

Les astronomes sont des gens raisonnables qui n'ont pas vocation d'effrayer le commun des mortels, beaucoup plus enclin à paniquer à la moindre annonce sensationnelle. S'ils annoncent un événement possible, c'est qu'il résulte de calculs réels, mais qui peuvent être issus d'éléments orbitaux préliminaires, et qui doivent donc être longtemps affinés grâce à des observations ultérieures avant de pouvoir être considérés comme définitifs et certains. Malheureusement, dès qu'une information est lâchée dans la presse, elle ne leur appartient plus totalement. Des requins, sous forme de "gourous" auto-proclamés, s'en emparent et l'exploitent au détriment de gogos (complices de leur propre exploitation) qui aiment se faire peur et attendent un monde meilleur. Pour eux, pas de problème : le préliminaire se transforme immédiatement en certitude. Nous verrons plus loin un autre triste exemple de la bêtise humaine, lié celui-là à la comète Hale-Bopp.

L'anneau à éclipses de la Terre

Cette hypothèse de l'existence d'un véritable anneau à éclipses autour de la Terre fut présentée par l'astronome danois Kaare Rasmussen au début des années 1990 (25). Il postulait que de nombreux corps célestes (astéroïdes et comètes) qui passent parfois très près de notre planète pourraient se désintégrer et leur matière se satelliser autour d'elle. Pour arriver à cette conclusion étonnante, il avait étudié statistiquement toutes les données disponibles concernant la fréquence annuelle des pluies de météores, des observations de bolides et des chutes de météorites du VIII^e siècle av. J.-C. jusqu'en 1750, c'est-à-dire sur près de 2600 ans. Travail qui n'avait été fait d'une manière aussi complète.

Rasmussen retint donc 747 pluies qui lui permirent de tracer une courbe d'évolution dans le temps avec des hauts et des bas. Il mit ainsi en évidence 44 figures remarquables, dont 16 se distinguaient nettement par leur forme caractéristique en "U", soit un pic, un plat, un pic. Il retint le scénario suivant pour expliquer ces cycles en "U" :

1. Après une période calme, l'activité météorique augmente brusquement, dessinant un premier pic. La désintégration d'une comète ou d'un astéroïde, lors de son passage à l'intérieur de la limite de Roche, débouche sur une première activité directe : l'entrée dans l'atmosphère d'une bonne partie de la poussière ainsi créée.

2. Cette activité redescend ensuite lentement vers un taux minimal très bas, inférieur même au taux moyen annuel. Cette période intermédiaire correspond à la formation de l'anneau. Sous l'effet de la force centrifuge liée à la rotation terrestre, les particules de l'anneau se concentrent progressivement dans un anneau de plus en plus plat. C'est le plat du "U".

3. Ensuite, par effet de friction avec les particules de la haute atmosphère, la vitesse des particules de l'anneau diminue, et donc celui-ci perd progressivement de l'altitude. Il finit par se désintégrer et son matériau entre à son tour dans l'atmosphère, créant le deuxième pic d'activité.

D'après Rasmussen, la durée de vie d'un anneau varierait de quelques années à près de deux siècles, avec une durée moyenne de l'ordre de 30 ans. Ses 16 figures principales représenteraient autant d'anneaux qui se seraient succédé sur la période considérée de 2600 ans à la moyenne d'un anneau nouveau formé tous les 160 ans.

Malheureusement pour l'astronome danois, ses confrères ne l'ont pas suivi dans sa démarche et ses résultats, et sa théorie de l'anneau à éclipses de la Terre risque fort de prendre définitivement le chemin des oubliettes. On lui a opposé plusieurs réserves sérieuses. D'abord, la fiabilité de ses données historiques qui sont douteuses parfois et surtout incomplètes. Ensuite, son scénario de formation des anneaux successifs manquerait de crédibilité. La capture des comètes et des astéroïdes et leur satellisation autour de la Terre ne peuvent être que des événements très rares. Enfin, il n'est pas du tout prouvé qu'un tel objet satellisé se fragmente pour former le fameux anneau, il pourrait tout aussi bien entrer directement dans l'atmosphère et se fragmenter seulement pendant la traversée de celle-ci, ce qui exclurait toute formation d'anneau extra-atmosphérique.

En fait, les spécialistes préfèrent l'explication traditionnelle à celle de Rasmussen pour expliquer à la fois les impacts passés et l'existence permanente des météores. De nombreux corps célestes passent à proximité immédiate de la Terre, tout le monde en est bien d'accord, et parfois la heurtent. Les météores sont les débris de comètes usées qui suivent l'orbite de la comète mère et rencontrent plus ou moins régulièrement (selon les perturbations qui peuvent les rapprocher ou les éloigner) notre planète au point de croisement des orbites. Rasmussen a bien raison de parler d'une poussière cosmique abondante dans le sillage de la Terre autour du Soleil, mais elle appartient au Système solaire lui-même. On ne peut donc pas parler d'anneau au sens propre, c'est-à-dire comparable à ceux des planètes géantes, qui serait satellisé autour de notre planète.

On sait, par contre, qu'exceptionnellement un tel anneau pourrait se former, mais certainement pas tous les 160 ans, comme dans la version optimiste de Rasmussen. Sa formation se ferait très rapidement, peut-être en *quelques jours* seulement. Les fameux anneaux de Saturne, de loin les plus massifs et les plus vastes (300 000 km de diamètre), qui résultent, eux, de la désintégration d'un satellite intérieur, se seraient formés d'après les spécialistes en moins d'un an, c'est-à-dire quasi instantanément à l'échelle astronomique. Ils ne semblent pas pouvoir être détruits dans les quelques millions d'années à venir, mais leur structure varie continuellement au gré des perturbations dues à la planète, mais également aux perturbations mutuelles des fragments principaux qui sont de taille kilométrique.

Mondes antédiluviens et élucubrations extraterrestres

Avec ce sujet, nous sommes là dans le milieu privilégié des ésotéristes qui ont du mal à admettre que notre civilisation ne descend pas d'ancêtres supérieurs et qu'elle est la première à atteindre le niveau culturel, technique et scientifique qui est la sienne. Des centaines de livres ont été écrits sur le sujet, certains d'entre eux étant même intéressants. Mais ils ne reposent sur aucun argument convaincant. Les catastrophes terrestres et cosmiques ne reçoivent pas un début de preuve par ce biais-là, que ce soit l'OVNI de Zigel ou les quatre lunes de Hörbiger. Il ne faut surtout pas tout confondre.

Les grandes catastrophes qui ont eu lieu depuis quelques dizaines de milliers d'années, depuis l'apparition d'*Homo sapiens*, ont des causes physiques, terrestres et cosmiques naturelles, et rien ne peut les attribuer à l'homme. Parler de conflit nucléaire (26), de la venue d'ancêtres supérieurs (27), ou plus simplement de visite d'extraterrestres (28) dans le passé n'est rien d'autre que de la mauvaise fiction, et en tout cas qui n'a rien à voir avec la science. Parler de catastrophes de grande envergure, c'est tout autre chose, comme nous le verrons dans les deux chapitres suivants.

Une hypothèse révolutionnaire : le singe descend de l'homme

On sait que l'avenir est assez sombre pour l'homme sur le plan génétique. Tant et si bien que certains chercheurs se posent des questions. Une future inversion géomagnétique est annoncée pour le IV^e millénaire et ses conséquences seront probablement importantes sur le monde animal et le monde végétal dans leur ensemble. Des *radiations accrues* sont à prévoir et elles ne seront pas sans conséquences, car elles devraient durer quelques milliers d'années. On s'attend à la disparition de nombreuses espèces, et à la transformation de nombreuses autres.

Pour l'homme, on s'attend aussi à diverses modifications *génétiques*, peut-être même à une modification *chromosomique* que pourraient subir certains

individus, sachant que la réaction de l'être humain aux radiations est loin d'être la même pour tous. L'espèce humaine pourrait bien se scinder en deux espèces différentes (non interfécondes). L'homme deviendra-t-il un surhomme ou, au contraire, un être dégénéré (selon nos critères actuels). Déjà plusieurs savants ne sont pas loin de croire que certains de nos singes actuels ne sont en fait que des hommes dégénérés à la suite d'une ancienne modification substantielle de la biosphère terrestre, il y a quelques millions d'années. Ainsi, l'homme ne descendrait pas du singe, mais ce serait l'inverse...

Même si cette affirmation peut faire sourire, ce qui est certain c'est que l'homme actuel, aussi sûr de lui soit-il et aussi peu soucieux de l'avenir de sa planète, n'est qu'un *phénomène transitoire* dans l'histoire de la paléontologie. Reste à savoir s'il se détruira lui-même (ce qui paraît assez probable), ou si c'est le cosmos qui aura raison de lui. C'est aussi cela l'histoire cosmique des hommes.

Nous faisons partie de la superfamille des *hominoïdes*, c'est-à-dire les *singes sans queue*, n'en déplaise aux créationnistes. C'est vrai qu'il est tentant de rechercher si le cataclysme a pu interférer dans notre grande famille, en promouvant certaines espèces (en les rendant plus résistantes aux aléas extraterrestres), en en supprimant d'autres (en les fragilisant à l'extrême), et surtout s'il a pu permettre le passage à une autre par mutation chromosomique.

Les hominidés sont notre famille (29), famille qui remonte à 8 MA environ et qui ne comporte que deux sous-familles : les *paninés* et les *homininés*. La première regroupe trois espèces actuelles : les gorilles, les chimpanzés et les bonobos, tandis que la seconde ne compte qu'une seule espèce actuelle : *l'homme*.

" La question est simple : quelles sont les relations de parenté entre les quatre espèces actuelles d'hominoïdes africains que sont l'homme (*Homo sapiens*), le chimpanzé commun (*Pan troglodytes*), le chimpanzé pygmée ou bonobo (*Pan paniscus*) et le gorille (*Gorilla gorilla*) ? " (30)

On sait aujourd'hui qu'il existe une identité génétique de près de 99 % entre l'homme et les deux espèces de chimpanzés (pourcentage qui fera frémir certains), supérieure à celle existant entre les chimpanzés et les gorilles, eux-mêmes faisant pourtant partie de la même sous-famille des *Paninés*. Les données génétiques et moléculaires sont formelles sur ce point. Cela tendrait à prouver que les chimpanzés sont nos seuls cousins vraiment directs.

Les savants du XXI^e siècle devront chercher si les différentes inversions géomagnétiques des huit derniers millions d'années ont conduit à multiplier les espèces (ce qui pourrait être le cas pour les gibbons pour lesquels on différencie dix espèces non interfécondes) et à en créer de nouvelles. Ainsi les chimpanzés pourraient être issus d'une mutation *régressive* à partir du

dernier ancêtre commun. *Homo* serait parti dans la "bonne direction" et *Pan* dans la "mauvaise". En très peu de milliers d'années, le gouffre se serait creusé d'une manière irréversible.

Cette éventualité n'a rien d'invraisemblable pour un catastrophiste moderne. On sait aujourd'hui que le catastrophisme d'origine cosmique est l'un des moteurs de l'évolution. La "*gestion des espèces*" (le "bruit de fond" de l'extinction) pourrait être liée à l'impactisme particulière, alors que les extinctions seraient plutôt associées à l'impactisme macroscopique. Si l'on veut bien admettre cette possibilité, et la *malchance* aidant (cette malchance avec laquelle tous les scientifiques devront compter maintenant), les chimpanzés pourraient donc être des préhominiens mutés dans une direction régressive.

On ne peut pas dire pour autant que *le singe descend de l'homme*, et c'est la raison de la présence de cette section dans le chapitre "*Fausses pistes*". Les *hominoïdes* et les *cercopithécoïdes*, les deux superfamilles de singes, existaient bien avant *Homo*. Il serait plus juste de dire que *Homo* est un singe "qui a réussi" parce que, *lui, a eu de la chance*. Il a *provisoirement* réussi, car ses divers cousins (moins d'une centaine d'espèces au total, ce qui est peu) ont une très grande chance de lui survivre. Les spécialistes pensent même qu'à long terme les *cercopithécoïdes*, les singes primitifs, avec leur queue animale, pourraient bien supplanter définitivement les hominoïdes, qui seraient déjà quasiment entrés dans une période de régression, prélude à leur disparition totale (31).

Triste perspective, mais logique en fait. Comme nous le verrons, pour survivre l'espèce humaine devra peut-être s'expatrier. C'est ce qu'on appelle "*l'impératif extraterrestre*".

L'Apocalypse : le fantasme des sectes religieuses

L'avenir sombre qui nous attend monte déjà à la tête de certains qui voudraient voir arriver une apocalypse anticipée, dans laquelle ils seraient eux-mêmes acteurs. C'est le fantasme cosmique de sectes religieuses. Nous avons vu que le phénomène n'est pas nouveau, puisque des prêcheurs ont toujours annoncé une fin du monde proche, il est de tout temps.

Principalement liée aux cycles cosmiques, l'Apocalypse est quasiment devenue un phénomène de société, de fuite en avant, pour un nombre sans cesse accru de personnes mal dans leur peau et désireuses de participer à leur fin. L'exemple de ce qui s'est passé le 26 mars 1997 dans une villa de San Diego, en Californie, en liaison avec l'arrivée dans la banlieue solaire de la belle comète Hale-Bopp, est révélateur à ce sujet. Ce lamentable épisode de la bêtise humaine, qui a fini par un suicide collectif sans précédent, a montré l'extrême fragilité psychologique de certains individus devant "l'appel cosmique" (sic !).

Pas moins de 38 personnes (17 hommes et 21 femmes) regroupées dans une secte au nom pompeux et grotesque "*La Porte du Ciel*" et manipulées par un gourou fou et démoniaque, qui promettait à ses adeptes d'atteindre "le niveau supérieur" (sic !), ont accepté sans trop d'état d'âme de se suicider avec la motivation et les arguments suivants qui leur ont paru suffisants :

" Nous sommes venus d'un espace lointain et nous avons maintenant quitté les corps que nous revêtions pour notre tâche terrestre, pour retourner vers le monde d'où nous venons, tâche accomplie. Cette distance de l'espace à laquelle nous nous référons est celle que votre littérature appelle le royaume des Cieux ou le royaume de Dieu...

Vous pouvez nous suivre, mais vous ne pouvez rester ici. La planète Terre va bientôt être recyclée. Votre seule chance de survivre ou d'être évacué est de partir avec nous...

Les clés du ciel sont présentes comme elles l'étaient avec Jésus, il y a 2000 ans...

Alerte rouge... Hale-Bopp annonce la fin. " (32)

Tâche accomplie, Terre recyclée... Cette prose, réellement affligeante, à laquelle ont souscrit près de 40 personnes de 18 à 72 ans qui ont accepté de sacrifier leur vie et de partir pour un "dernier voyage", au nom d'un millénarisme moyenâgeux mâtiné de religion, laisse perplexes les personnes rationnelles. Et ce n'est qu'un exemple, même si le plus souvent les adeptes des sectes millénaristes n'en arrivent pas à une telle extrémité. Ils se contentent d'attendre (et d'espérer parfois) la fin du monde.

Nous avons vu plus haut que deux événements annoncés, les très fortes approches à la Terre à venir de l'astéroïde 1997 XF11 en 2028 et de la comète P/Swift-Tuttle en 2126, étaient là pour prendre la relève. Ils sont un peu dépassés aujourd'hui par Apophis, l'astéroïde qui va frôler la Terre en avril 2029. Et il y en aura bien d'autres dans les décennies à venir. Les sectes apocalyptiques ont encore de beaux jours devant elles.

Némésis, l'étoile sœur du Soleil

Ce sont trois astronomes américains, Marc Davis, Piet Hut et Richard Muller, qui ont eu l'idée de *l'hypothèse Némésis* (33). Dans cette hypothèse, qui a eu un franc succès d'estime dans les années 1980, Némésis est une étoile encore inconnue, liée au Soleil depuis l'époque de sa formation, et qui perturberait tous les 26 millions d'années le nuage de comètes de Oort, en précipitant un nombre important dans le Système solaire intérieur. Ce nombre accru de comètes entraînerait dans un deuxième temps une augmentation significative du nombre d'impacts et serait en conséquence un important facteur d'extinctions.

Cette hypothèse mérite d'être discutée en détail. Le Soleil et Némésis formeraient un système stellaire binaire, dans lequel le compagnon de faible masse se déplacerait sur une orbite très excentrique autour du centre de gravité commun (que les astronomes appellent le barycentre).

On a des exemples de tels systèmes parmi les étoiles voisines du Soleil, à commencer par le système triple bien connu formé de α et β Centauri, les deux étoiles principales, et de la minuscule *Proxima Centauri*, éloignée actuellement de $2^{\circ} 11'$ des deux autres, une naine rouge de type spectral M 5, dont la masse est de 0,12 masse solaire seulement et qui se trouve à la distance de 4,25 années lumière du Soleil.

Première question : " *Quelle pourrait être l'orbite de Némésis dans un tel système ?* ", sachant surtout que la fameuse "étoile de la mort" n'a encore jamais été observée, ce qui est, on s'en doute, un très mauvais point, rédhibitoire même pour de nombreux astronomes orthodoxes. Si l'on admet une période de 26 millions d'années pour une révolution complète de Némésis, la mécanique céleste fournit quelques réponses. Le demi-grand axe vaut donc 88 000 UA (soit 88 000 fois la distance standard Terre-Soleil, ce qui est considérable). Pour que l'étoile sœur du Soleil perturbe suffisamment les comètes du nuage de Oort, il est nécessaire de tabler sur une excentricité importante. Celle-ci serait voisine de 0,70, valeur très forte mais tout à fait acceptable. C'est à l'occasion de son passage au périhélie, dans le nuage de Oort, que les perturbations pourraient être possibles. Le périhélie q serait de l'ordre de 26 000 UA et l'aphélie Q de l'ordre de 150 000 UA. Compte tenu des variations de vitesse très importantes de Némésis sur son orbite, la période durant laquelle elle se trouverait à moins de 40 000 UA du Soleil ne durerait que 1 MA, période nécessaire pour perturber significativement les comètes du nuage de Oort.

Deuxième question décisive : " *Quelle est la masse de Némésis ?* ". Il est, en effet, impératif de cerner, au moins approximativement, la masse supérieure et inférieure possible de l'étoile sœur, avec le postulat qu'elle se situerait actuellement près de l'aphélie puisque la dernière "crête d'extinction" remonterait à environ à 13 MA, soit un demi-cycle. Les pro-Némésis tablent sur une distance actuelle de 150 000 UA, soit 2,6 années lumière, distance légèrement moindre de la moitié de celle de l'étoile de Barnard que l'on sait se trouver à 6 années lumière et que l'on connaît depuis plus d'un siècle. D'après les pro-Némésis, la masse maximale de leur étoile (extrêmement optimiste) ne saurait être supérieure à 1,2 fois celle de l'étoile de Barnard, c'est-à-dire en gros à 0,12 masse solaire (ou encore l'équivalent de celle de *Proxima Centauri*). Sa masse inférieure, nécessaire pour perturber valablement le nuage de Oort, serait de seulement 5 fois celle de Jupiter qui, on le sait, est de l'ordre de 1/1000 de celle du Soleil. La masse minimale de Némésis serait donc de l'ordre de 1/200 masse solaire. Les pro-Némésis s'accordent à dire que la masse de leur étoile peut varier d'un facteur 24, entre 0,12 et 0,005 masse solaire.

On sait que la masse minimale pour qu'un corps céleste soit une véritable étoile, capable d'engendrer les réactions nucléaires indispensables, est de 0,05 masse solaire, dix fois supérieure à l'estimation basse de la masse de Némésis. Donc, celle-ci pourrait être une *naine brune* (astre hybride intermédiaire entre les planètes géantes et les mini-étoiles) qui émettrait seulement dans l'infrarouge, ce qui expliquerait qu'on ne l'ait pas encore découverte dans le ciel malgré sa proximité (à l'échelle astronomique).

Troisième question incontournable : " Où se trouve actuellement Némésis et pourquoi ne l'observe-t-on pas malgré sa proximité ? ". C'est là que les nombreux sceptiques attendent les pro-Némésis, car en bonne logique, cette étoile, même très peu massive, devrait avoir été observée depuis très longtemps. Une chose est bien sûre en tout cas, l'hypothèse Némésis ne peut être acceptée que si l'on découvre enfin cette étoile fantôme. Et plus de vingt ans après les premières recherches, force est de constater que les astronomes sont restés bredouilles !

Même si l'on admet que Némésis est au mieux une naine rouge et au pire une naine brune, on devrait pouvoir la déceler grâce à sa parallaxe. De ce côté-là, le fiasco a été complet, puisque l'étoile fantôme ne figure pas dans le catalogue des 5000 naines rouges les plus brillantes. Les pro-Némésis, pour sauver l'hypothèse, arguent que Némésis étant proche de l'aphélie, sa vitesse orbitale est très faible, inférieure à 100 mètres par seconde (à comparer aux 29,8 km/s pour la Terre en moyenne). De ce fait, cette faible vitesse associée à une distance de près de 3 années lumière lui donnerait un mouvement proche inférieur à 1/1000 de celui de l'étoile de Barnard (qui est la plus rapide du ciel) et donc quasiment indécélable avec les techniques actuelles.

Quand on fait sérieusement le tour de la question, il faut bien admettre que l'hypothèse Némésis est très peu probable. Les spécialistes des NEO n'y ont jamais cru et les autres astronomes ne veulent pas envisager sérieusement le Système solaire comme étant un système *avec deux étoiles*, même si Némésis ne pourrait être qu'une naine brune. Et une hypothèse pour être crédible doit répondre aux données d'observation. Il est très improbable (pour ne pas dire impossible) qu'une étoile comme Némésis ait pu échapper à plusieurs générations d'observateurs bénéficiant d'instruments de plus en plus performants.

Notes

1. I. Velikovsky, *Mondes en collision* (Stock, 1951). Titre original : *Worlds in collision* (1950). Ce livre a été réédité en 2003 par Le Jardin des Livres, avec un texte corrigé de nombreuses anomalies de traduction et précédé par un dossier historique.
2. Editors of Pensée, *Velikovsky reconsidered* (Abacus, 1978). Ce livre plusieurs fois réédité voulait faire passer Velikovsky pour un martyr de la science. "Velikovsky - The most unjustly maligned scientist since Galileo ? " titre la page 4 de couverture. Mais les éléments apportés dans ce livre ne sont pas (ne peuvent pas être) concluants.

3. A. de Grazia, *The Velikovsky affair* (Abacus, 1978). Autre livre à la gloire de Velikovsky, mais comme le livre précédent, il n'apporte aucun élément concluant sur le plan scientifique, puisque l'hypothèse de Velikovsky est fautive. Vénus n'a jamais été une comète.
4. Y. Riabov, *Les mouvements des corps célestes* (Mir, 1967).
5. F. Derrey, *La terre, cette inconnue* (Planète, 1964).
6. E. von Däniken, *Mes preuves. Cinq continents témoignent* (Albin Michel, 1978). Titre original : *Beweise. Lokaltermin in fünf kontinenten* (1977).
7. M. Griaule et G. Dieterlen, *Un système soudanais de Sirius*, Journal de la Société des Africanistes, t. XXI, fasc. 1, 1951.
8. R. Temple, *The Sirius mystery* (Destiny, 1987).
9. Ph. de La Cotardière, *Dictionnaire de l'astronomie* (Larousse, 1996). Citation article *Sirius*, p. 357.
10. G. Michanowsky, *Le retour de l'étoile de Sumer* (Albin Michel, 1980). Titre original : *The once and future star* (1977).
11. G. Michanowsky, op. cit., pp. 30-31.
12. G. Michanowsky, op. cit., pp. 66-67.
13. G. Michanowsky, op. cit., p. 74.
14. Th. Monod et B. Zanda, *Le fer de Dieu. Histoire de la météorite de Chinguetti* (Actes Sud, coll. Terres d'aventure, 1992).
15. Dans *La Terre bombardée* de 1982, j'écrivais (p. 82) : " *Il est possible qu'on en connaisse une nettement plus importante, mais malheureusement, si elle existe vraiment, elle est actuellement enfouie sous les sables du désert saharien* ". Des doutes très sérieux existaient depuis longtemps sur l'existence réelle de cette météorite géante, dont le diamètre supposé paraissait trop important pour qu'elle ait pu disparaître sous les sables dans un délai aussi court, et surtout jamais observée de visu par un véritable spécialiste des météorites.
16. A. Lacroix, *Sur un nouveau type de fer météorique trouvé dans le désert de l'Adrar en Mauritanie*, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 179, 5, 1924.
17. Document publié dans *Le fer de Dieu*, pp. 54-55.
18. Document publié dans *Le fer de Dieu*, pp. 11-12.
19. *Le fer de Dieu*, pp. 93-94. Th. Monod a publié une note à l'Académie des sciences en 1989, dans laquelle il conclut à une erreur d'interprétation de Ripert et à la non-existence de la météorite géante de l'Adrar.
20. J. Meeus, *Mathematical astronomy morsels* (Willmann-Bell, 1997). Un recueil de "morceaux choisis" parmi plusieurs centaines d'articles écrits par l'astronome belge Jean Meeus.
21. J. Meeus, *Un alignement de planètes ?*, L'Astronomie, 95, pp.15-19, 1981.
22. *Revue du Cercle Astronomique de Bruxelles*, 71, p. 1, février 1993.
23. J.V. Scotti, *Fleeting expectations: the tale of an asteroid*, Sky and Telescope, 96, 1, pp. 30-34, july 1998.
24. *Libération* n° 5230 du 13 mars 1998. Trois pages sont consacrées à l'événement .
25. J. Guillaume, *L'anneau à éclipses de la Terre*, Science et Vie, 890, pp. 26-32, 1991.
26. R. Charroux, *Le livre des secrets trahis* (Robert Laffont, 1965).

27. R. Charroux, *Histoire inconnue des hommes depuis cent mille ans* (Robert Laffont, 1963).
28. R.E. Mooney, *Les dieux de l'espace et des ténèbres* (Plon, 1976). Titre original : *Gods of air and darkness* (1975).
29. Historia Spécial, *Les origines de l'homme*, HS 50, novembre-décembre 1997.
30. V. Barriel, *Des molécules entre les singes et l'Homme*, op. cit., pp. 21-22. Citation p. 21.
31. P. Picq, *Classer les familles n'est pas un jeu d'enfant*, op. cit., pp. 26-29
32. L. Zecchini, *Le suicide collectif de 39 personnes en Californie a été méticuleusement planifié et exécuté*, Le Monde, 29 mars 1997, p. 3.
33. D. Goldsmith, *Némésis, l'étoile du destin* (Robert Laffont, 1986). Titre original : *Nemesis, the death-star and other theories of mass extinction* (1985).

CHAPITRE 9

LES CATACLYSMES TERRESTRES

Des cataclysmes nombreux et variés

La Terre est une planète qui a la particularité d'être vivante, ce qui veut dire que rien n'est figé, ni à sa surface, ni dans son intérieur (jusqu'au noyau), ni évidemment dans l'atmosphère et la biosphère. Le changement est continu, le cataclysme aussi. Nous savons que l'interaction avec le milieu extérieur est également permanente, notamment avec l'impactisme particulière qui peut varier d'un jour à l'autre selon les caprices du Soleil, maître local incontesté, qui dicte sa loi sans partage. Ces innombrables interactions, qui souvent ne sont pas détectables par les êtres humains, dont les capacités d'enregistrement sont très restreintes, débouchent quand même à l'échelle humaine sur des grandes catastrophes. Pas une seule génération depuis l'apparition d'*Homo sapiens* n'a pu éviter un cataclysme destructeur, que ce soit un séisme, une éruption volcanique, un ouragan dévastateur, une inondation catastrophique, une désertification locale, la montée des eaux océaniques, ou autre. Cependant, toutes ces catastrophes ordinaires furent vite oubliées. Seuls les très grands cataclysmes avaient une chance de perdurer dans la conscience collective et de résister à l'usure du temps.

Ces très grands cataclysmes terrestres depuis 20 000 ans, quels sont-ils ? En fait, depuis l'Antiquité jusqu'à la fin de la première partie du XX^e siècle, on n'avait jamais pu identifier et dater avec précision le moindre de ces cataclysmes de grande envergure, faute de preuves convaincantes et de textes suffisamment explicites. On les connaissait depuis toujours juste par leur nom et par bribes : Apocalypse, Chaos, Déluge, Atlantide, Mû, Ragnarök, toutes les religions, toutes les traditions des peuples anciens retenant au moins l'un de ces cataclysmes, ou un autre équivalent, souvent infligé aux hommes comme punition par le dieu principal, bien peu miséricordieux en l'occurrence. Souvent ils terminaient un *âge du monde* dans l'imaginaire des Anciens.

La seconde moitié du XX^e siècle a permis des progrès décisifs et certains cataclysmes ont pu être datés avec précision, notamment l'explosion du Santorin, axe central du catastrophisme de l'Antiquité. Ce progrès fondamental a permis de clarifier une partie des mystères du passé et d'établir une *chronologie relative* entre eux, impossible auparavant puisque des catastrophes très diverses se retrouvaient regroupées en une seule par la compression du temps (dans *l'Apocalypse* de Saint Jean, par exemple). C'est d'ailleurs la raison d'être de ce chapitre destiné à séparer les cataclysmes terrestres des cataclysmes d'origine cosmique.

Les techniques de datation, d'abord basées sur les propriétés du carbone 14, se sont multipliées et se sont avérées d'une précision inespérée. Ces datations anciennes optimisées ont à leur tour posé des problèmes nouveaux

et imprévis aux historiens en bouleversant l'ancienne chronologie des différentes civilisations de l'Antiquité et de la Protohistoire (1/2), comme celle des mégalithes notamment, plus vieille de 2000 ou 3000 ans que prévu jusqu'alors.

Aujourd'hui, tous les scientifiques sont d'accord pour admettre la réalité de certains (mais pas tous) grands cataclysmes retenus par la tradition. Un seul paraît réellement d'envergure mondiale : c'est *la fin de la glaciation et la déglaciation associée* qui a eu des conséquences inimaginables. Mais ce cataclysme a surtout été remarquable *par sa durée* et il ne peut être comparé à un cataclysme de quelques jours comme une éruption, de quelques minutes comme un séisme ou de quelques secondes comme un impact.

Cela nous interpelle et nous montre bien qu'un cataclysme n'a pas forcément des conséquences immédiates et qu'il peut jouer sur la durée, comme une déglaciation ou plus encore une inversion géomagnétique, peu gênante pour la Terre elle-même mais catastrophique pour la biosphère en général, et pour l'homme en particulier. Bonne leçon à méditer pour l'homme qui a introduit lui-même, et un peu inconsidérément, depuis le début de l'ère industrielle deux nouvelles sources possibles de cataclysmes, préoccupants à moyen terme : le cataclysme *technologique* (Tchernobyl, satellites nucléaires, chimiques et bactériologiques) et le cataclysme *écologique* (effet de serre, ozone).

Dans les sections suivantes, il sera question de quelques-uns de ces grands cataclysmes terrestres du passé, qui sont loin d'avoir tous la même importance. Les principaux sont la déglaciation, la transformation complète de la géographie mondiale et le cataclysme clé que représente l'éruption cataclysmique du Santorin vers -1600. Bien sûr, de nombreux autres cataclysmes très importants restent pour le moment ignorés, surtout ceux qui ont eu lieu dans des régions éloignées du centre culturel principal que fut le Bassin méditerranéen.

Un événement majeur : la dernière déglaciation

La dernière déglaciation est, *de loin*, la catastrophe majeure engendrée par la Terre elle-même sur le plan géophysique (au sens large) depuis 20 000 ans. Mais quand on fait un bilan à long terme, pourtant, il n'est pas évident que la déglaciation ait débouché sur des conséquences *négatives* au plan humain, puisqu'elle a contribué à la montée de l'homme préhistorique vers son niveau actuel, à travers plusieurs étapes que l'on peut qualifier, globalement, de constructives. Mais pour des générations successives d'humains, le recul obligatoire et sans cesse répété devant la montée des eaux a dû être le fléau majeur, celui qui a empêché les populations de se fixer sur les rivages océaniques, continuellement remis en cause.

Il est nécessaire de diviser l'histoire de la déglaciation en plusieurs étapes chronologiques, pour bien montrer les divers aspects successifs d'un cataclysme terrestre complexe et de très grande ampleur, et qui a eu une

incidence non seulement sur la géographie de la Terre, mais aussi sur l'histoire des hommes. Mais il faut rappeler auparavant ce que recouvre les notions d'*inondation* et de *déluge*.

Inondations et déluges

Les plus vieux récits de l'humanité conservent le souvenir d'inondations catastrophiques, notamment sous l'appellation passe-partout de *déluges* (3). Ces inondations sont de tout temps et eurent des causes multiples. Mais certaines furent particulièrement impressionnantes et ont laissé des traces indélébiles encore visibles et exploitables aujourd'hui. Sur la terre ferme, elles sont étudiées par les géologues. Celles qui ont laissé des traces sous-marines sont étudiées par les océanographes. Car les inondations ne sont pas seulement celles dues aux précipitations ou à la colère des fleuves, elles sont aussi liées à la montée inexorable du niveau des eaux océaniques, consécutive à la dernière déglaciation générale. Les continents ont été progressivement inondés, obligeant les populations qui vivaient en bordure de l'océan à reculer progressivement au fil des générations.

Le XX^e siècle a permis des observations nouvelles et fondamentales, notamment celles concernant la profondeur des fonds marins tout le long des côtes. Des surprises de taille sont apparues et ont confirmé que la géographie actuelle n'a strictement rien à voir avec celle d'il y a 15 000 ans. La Manche et la mer du Nord n'existaient pas, et surtout la mer Noire (alors *lac d'eau douce*) ne communiquait pas avec la Méditerranée.

On peut imaginer l'incroyable cataclysme, incompréhensible pour tous les contemporains de l'événement, quand l'eau en provenance des glaciers scandinaves *en débâcle* commença, à partir de -6700, après avoir traversé la mer Noire, à *déborder vers le sud*. Elle s'engouffra à travers le passage nouvellement créé quelques siècles plus tôt par la montée des eaux, empruntant successivement le détroit du Bosphore, la mer de Marmara (dépression naturelle de près de 1000 mètres de profondeur qui fut tour à tour lac ou mer selon les époques), le détroit des Dardanelles avant de rejoindre la mer Egée.

C'est ce cataclysme que l'océanographe belge André Capart (1914-1991) a associé au *déluge de Noé* dans un livre extraordinaire : *L'homme et les déluges* (4), paru en 1986. Son épouse, Denise Capart (1918-2011), ethnologue et archéologue, a cherché les réminiscences humaines de ce drame *humain* tout autant que *géologique* qui, associé avec quelques autres de moindre importance, a laissé le souvenir de cataclysmes gigantesques causés par l'eau. Les Grecs le savaient bien : *l'eau et le feu* sont parfois des ennemis, responsables de la fin des *âges* de la nature, épisodes du monde *cyclique* et éternel qu'ils enseignaient.

Evidemment, d'autres déluges ont eu lieu ailleurs et à d'autres époques, causés par des cataclysmes beaucoup plus variés que l'on pourrait croire, mais il ne peut être question d'en parler en détail ici.

Le dernier maximum glaciaire

Les spécialistes des paléoclimats (5/6) situent le dernier maximum glaciaire entre -25000 et -17000 ans. C'est donc à cette époque que s'est constituée la fameuse terrasse sous-marine de -110 mètres, profondeur maximale (pour le Quaternaire). Ce niveau -110 mètres a été retrouvé dans le monde entier (à quelques mètres près selon les régions). L'océan s'y est maintenu pendant plusieurs milliers d'années, comme le montre l'étude minutieuse du talus continental. C'est la grande époque du *Pléniglaciaire*, contemporain du *Paléolithique* supérieur, avec ses civilisations bien connues : le Moustérien, d'abord, puis l'Aurignacien, le Gravettien et le Solutréen.

Les masses glaciaires sont alors énormes, atteignant un volume total de près de 75 000 000 km³ contre 26 000 000 km³ de nos jours, soit quasiment trois fois moins. Cela signifie que les *deux tiers* des glaciers ont disparu depuis, et que parallèlement la remontée globale du niveau marin ait été de près de 110 mètres en moyenne.

Réchauffement et montée des eaux

C'est entre -17000 et -15000 qu'eut lieu un premier réchauffement (dit réchauffement solutréen) et une première fonte des glaces les plus exposées. Parallèlement, quasi automatiquement, démarra une remontée du niveau de la mer, lente mais inexorable, qui grignota le talus continental jusque-là préservé des effets mécaniques de l'érosion marine. Ce fut aussi le début de l'exode pour les tribus qui vivaient paisiblement au bord de la mer, où ils trouvaient facilement leur nourriture grâce à la pêche de poissons et de petits crustacés.

C'est en -13500, alors que le niveau marin était à -80 mètres (il avait déjà progressé de 30 mètres par rapport au niveau plancher), que se produisit une première débâcle, dite *débâcle atlantique* ou *Déluge de Lascaux*. La déglaciation s'accéléra soudainement avec l'éclatement définitif de la calotte glaciaire qui recouvrait tout le nord de l'Europe et qui bloquait surtout toute circulation maritime dans la mer du Nord que nous connaissons. Les glaciologues pensent que le plus gros de la débâcle eut lieu *en moins d'un siècle*, suite à une série de cataclysmes en chaîne (l'un alimentant le suivant). Le niveau de la mer augmenta alors *de près de 20 mètres en quelques années seulement*, ce qui est fantastique. Ce très remarquable exemple peut être médité et transposé à l'époque future, si le glacier antarctique subit un sort analogue. Près de 20 mètres en quelques années, on voit d'ici le résultat : toutes les villes côtières disparaissent sous les flots !

Une géographie sans cesse remaniée

Après ce paroxysme étonnant par sa rapidité et son intensité jamais revue, la montée des eaux se ralentit. Le seuil -68 mètres (appelé seuil des Dardanelles et qui séparait le lac de Marmara et la mer Égée) fut atteint en -11700. C'est alors que cette mer trouva provisoirement un exutoire naturel

vers le nord-est, mais elle se trouva ensuite bloquée au seuil du Bosphore infranchissable avec son altitude de -38 mètres. L'ancien lac de Marmara doubla alors de surface, devenant une mer salée entourée de rives dévastées.

Il se produisit alors une très longue période de stabilisation autour du niveau -55 mètres qui dura près de 3000 ans (entre -11000 et -8000). Ce seuil est très identifiable sur tous les talus continentaux et il est même considéré comme un repère clé par les océanographes. Cette période d'accalmie, venant après plusieurs millénaires de tracasseries et d'insécurité permanente, fut mise à profit par les populations pour se fixer et se sédentariser puisque la superficie de leurs terres n'était plus constamment remise en cause par des modifications géographiques.

Il ne faut pas perdre de vue que la géographie avait été très sérieusement chamboulée, avec en particulier, en Méditerranée, l'ouverture de nouveaux passages maritimes importants (cruciaux mêmes pour les déplacements), notamment le détroit de Messine (entre l'Italie et la Sicile avec la formation des fameux Charybde, le tourbillon, et Scylla, le rocher) et les Bouches de Bonifacio (entre la Corse et la Sardaigne jusque-là soudées).

Avec la fin de la stabilisation à -55 mètres se termina le *Tardiglaciaire*, c'est-à-dire la deuxième grande phase de la déglaciation, qui a vu parallèlement l'éclosion de la civilisation magdalénienne et l'essor du Mésolithique. Ce fut l'entrée dans le Postglaciaire ou Holocène.

A partir de -8000, la mer recommença à monter lentement sur la Terre entière, et donc partout les transgressions marines entraînèrent des conséquences catastrophiques, notamment au niveau des dunes côtières qui furent souvent désintégrées. Cela tint en partie à une substantielle augmentation de la température (plus 4 degrés en une dizaine de siècles) qui contribua à faire fondre, en plusieurs étapes, le grand glacier rescapé du maximum glaciaire qui occupait encore la Scandinavie et la Baltique. Cette fonte allait entraîner plus tard, en -6700, une véritable débâcle qui elle-même allait être la cause du seul déluge de très grande envergure dont on a gardé la trace.

Comme l'expliquent André et Denise Capart :

" Nous ne pouvons pas ignorer l'histoire de la mer Baltique, car c'est sous ces lointains horizons que s'élabore le déséquilibre des masses glaciaires qui provoquera le seul déluge de la préhistoire dont les hommes ont gardé et transmis le récit circonstancié. Nous pensons, bien entendu, au déluge de Noé. " (7)

Dès -7300, les océans atteignirent le fameuse cote de -38 mètres, celle du seuil du Bosphore. Cela signifie qu'à partir de cette époque, environ 600 ans avant le Déluge, la mer Egée, qui avait déjà envahi le lac de Marmara à partir de -11700, commença d'envahir progressivement *le lac d'eau douce de la mer Noire*, la salinisant petit à petit. Partout ce fut la débâcle, notamment dans la

Manche dans laquelle l'Atlantique se fraya un passage de plus en plus large et sépara définitivement la France et l'Angleterre, jusque-là riverains d'un grand fleuve Seine qui se jetait alors dans l'Atlantique.

La bipartition de -6700

C'est la période de la plus grande catastrophe terrestre recensée depuis près de 10 000 ans. C'est celle que les glaciologues appellent la "bipartition" associée à la grande débâcle du glacier scandinave. Pour la première fois depuis longtemps, les eaux froides de la mer du Nord rejoignent les eaux salées de l'Atlantique au large des Pays-Bas, pays entre tous menacé par l'océan, suite à un gigantesque raz-de-marée parti des côtes de Norvège. Celui-ci est associé à la débâcle de la partie occidentale du glacier scandinave, qui représentait le quart de la masse totale avec un volume de 200 000 km³. C'est un nouveau passage ouvert d'une façon irréversible qui change tout l'environnement géographique, mais aussi culturel de la région.

Il faut rappeler en passant un fait géophysique et historique très mal connu jusqu'à maintenant : l'ouverture du passage Manche/mer du Nord est contemporaine du Déluge de Noé, qui a eu lieu à l'autre extrémité de l'Europe. Les deux sont datés de -6700. Plus à l'est, c'est la grandiose catastrophe dont il sera question dans la section suivante : l'eau du glacier scandinave après avoir traversé une bonne partie de l'Europe, en suivant le cours des grands fleuves (le Dniepr principalement et dans une moindre mesure la Volga et le Don), et envahi la mer Noire ouverte au sud depuis peu, va se déverser pendant une année au moins dans la mer Egée qui s'en trouvera bouleversée.

Il faut savoir d'abord que le Bosphore a servi plusieurs fois de moyen de communication aquatique, d'exutoire, entre la mer Noire et celle de Marmara au cours du Quaternaire, au gré des glaciations et des déglaciations. On peut dire que le chemin était déjà tout tracé ! L'épisode de -6700 avait donc déjà eu plusieurs précédents, mais alors les hommes n'étaient pas encore là pour en attester.

Le Déluge revisité par les glaciologues et les hydrologues

Dans leur livre, André et Denise Capart, sûrs de leurs preuves et de leurs arguments que certains qualifieront de révolutionnaires, et qui racontent très en détail ce cataclysme, énigme millénaire pour les humains qui ne se contentent pas de la pseudo-vérité biblique, précisent :

" Nous allons devoir entraîner le lecteur loin de l'horizon traditionnel des pays bibliques pour qu'il puisse réaliser à quel point les différentes phases du déluge de Noé n'ont pu se dérouler que sur les bords de la mer Noire, à l'exclusion de tout autre point du globe. Le récit de la Genèse sera alors non seulement situé

dans le temps et dans l'espace de manière irrécusable, mais chacun des épisodes deviendra plus crédible à la lumière des nouvelles découvertes de la science. " (8)

Il faut constater que cette hypothèse colle admirablement avec les données scientifiques et qu'il revenait à des glaciologues et des hydrologues de résoudre ce mystère plusieurs fois millénaire : " *Le Déluge a-t-il vraiment eu lieu ? et si oui, quand ?*" Nous allons voir maintenant le déroulement des différentes phases du cataclysme et ses répercussions humaines, qui ont été si importantes que, 8700 ans plus tard, des scientifiques s'en font encore l'écho. Avec ce progrès important de pouvoir croire que le scénario actuellement retenu est assez proche de la réalité des faits. Encore un magnifique succès pour la science du XX^e siècle.

Un glacier scandinave de plus en plus instable

Le Déluge ne fut qu'un épisode très spectaculaire d'un processus physique plus global et qui démarra bien avant --6700. Depuis plus de 1000 ans, le glacier scandinave, rescapé de la période glaciaire, se désagrègeait progressivement en liaison avec le réchauffement de la température. La base même du gigantesque glacier se réchauffait, ce qui permit la formation de poches d'eau de plus en plus nombreuses et volumineuses au contact du substrat rocheux qui servait d'assise et de point de fixation.

De telles poches d'eau, tous les glaciologues le savent (9), sont les prémices de catastrophes de grande envergure (10). A plus forte raison pour le glacier scandinave dont le volume se mesurait encore à près de 800 000 km³, soit le cinquième de sa masse initiale. Sa fragilisation accélérée par l'augmentation de la température, et plus encore par la chaleur géothermique qui agissait par le dessous, "décollant" littéralement le plancher du glacier, ne pouvait durer éternellement. Cette fragilisation déboucha d'abord sur la partition en deux "petits" glaciers autonomes, encore accrochés pour une ultime survie à leur substrat rocheux. C'est ce que les glaciologues ont appelé la "*bipartition*" du glacier fenno-scandien. Puis arriva inexorablement le moment du point de rupture.

Dans leur livre *L'homme et les déluges*, qui retrace magnifiquement l'histoire de ce glacier géant, André et Denise Capart parlent de cet instant critique qui se passa dans le nord de l'Europe :

" Y eut-il des oreilles humaines pour percevoir le bruit de tonnerre de ce que les glaciologues ont appelé la "bipartition" ? Pour eux, tout s'est probablement passé dans les solitudes glacées d'un monde chaotique où s'affrontaient les forces aveugles d'une nature inhumaine. De toute façon, personne n'a dû survivre au cataclysme pour le décrire, ce qui n'empêche pas les savants de dater à un ou deux siècles près l'ultime destruction de ce qui fut la calotte glaciaire fenno-scandienne : aux alentours de l'an 6700. "
(11)

La débâcle de -6700

Les glaciologues qui ont étudié très en détail ce phénomène exceptionnel pensent que près d'un quart (200 000 km³) resta accroché sur les monts scandinaves, et qu'un autre quart déboula vers l'ouest et atteignit les côtes de la mer du Nord, ouvrant le passage avec la Manche. La moitié environ de ce glacier moribond (400 000 km³) s'effondra *vers l'est* dans le *lac Baltique* (alors fermé à l'ouest), charriant, outre la glace et l'eau qui le composait, une quantité de roches décrochées du substrat sous-jacent, provoquant dans un premier temps un raz-de-marée comme la Terre n'en a pas connu depuis, haut de *plusieurs centaines de mètres*.

Dans un deuxième temps, l'onde de choc submergea les pays Baltes, inversant sans problème le cours des rivières qui coulaient ordinairement vers le nord. Le mur d'eau était désormais inarrêtable et son parcours a pu être déterminé avec précision. Ce furent d'abord les barrières de Minsk (en Belarus actuel) qui furent détruites et franchies, puis les marais du Pripet (à la frontière Belarus et Ukraine) et de la Bérésina (plus au nord en Belarus), deux affluents du Dniepr, le grand fleuve qui arrose l'Europe de l'Est du nord au sud. Ces marais, vestiges du cataclysme, n'ont jamais pu être totalement asséchés depuis.

Le mur d'eau qui représentait encore un cinquième de la masse initiale (soit 80 000 km³) s'engouffra ensuite dans la vallée même du Dniepr sur un front de près de 10 km, identifié avec le lit majeur du fleuve encore facilement repérable aujourd'hui, débouchant sur la mer Noire après avoir éliminé tous les obstacles sur son passage à travers les plaines de l'Ukraine.

La mer Noire et l'histoire de Noé

Le niveau de la mer Noire, qui était inférieur de 60 mètres au niveau actuel, monta alors à une vitesse vertigineuse au contact avec le mur d'eau qui alla se heurter aux monts de Cappadoce (aujourd'hui en Turquie) et d'Arménie, se frayant quelques passages entre les montagnes, repoussant l'eau des cours d'eau vers leur source.

C'est à ce moment précis que André et Denise Capart placent l'histoire de Noé et de son arche, histoire qui pourrait être, d'après eux, plus ou moins véridique. Poussée par le mur d'eau, à partir de la mer Noire, l'embarcation du patriarche aurait bel et bien pu se retrouver en haut d'une montagne de Turquie et d'Arménie. L'histoire du mont Ararat, qui a traversé les millénaires sans jamais trop convaincre (à part les fondamentalistes, pour qui la Bible doit se lire au premier degré) ne leur paraît pas invraisemblable. Bien sûr la légende a embelli l'histoire, mais Noé (ou un autre) pourrait être un *rescapé* du cataclysme de la mer Noire, lui même consécutif de la débâcle du glacier scandinave.

C'est la première fois que la légende biblique trouve sa place dans une version scientifique d'un déluge. L'histoire pourrait donc remonter en fait

à -6700, c'est-à-dire à une période beaucoup plus ancienne que les -4000 du déluge de Sumer et a fortiori que les -2348 de la Genèse. Ce n'est pas très surprenant en fait. Tout montre que *le mythe écrase le temps* et certains événements de l'histoire ancienne devront peut-être être nettement reculés dans le temps. Croire que toutes les dates actuellement retenues sont définitives relève de l'utopie.

La tradition orale a probablement permis le transfert de l'histoire d'un rescapé du Déluge d'une civilisation à une autre dans tout le Bassin méditerranéen et dans tout le Proche et le Moyen Orient. C'est donc au fil des siècles que certaines variantes, adaptées au milieu local et à la mythologie régionale, auraient pu voir le jour et supplanter l'histoire originale.

Terminus : mer Égée

Mais l'histoire du raz-de-marée *d'origine glaciaire* ne s'arrête pas à la mer Noire et à Noé (dont l'épopée ne fut qu'un épiphénomène tout à fait marginal), et nous allons voir la fin du périple pour ces kilomètres cubes d'eau douce qui ont fait le voyage Scandinavie - mer Égée en quelques jours ou quelques semaines.

Par contre, la totalité du flot en provenance du nord mit probablement plus d'une année à s'écouler totalement, laissant sur leur passage des régions totalement dévastées, des populations anéanties et à plus long terme une géographie transformée. Ainsi on pense que la superficie de la mer Noire (qui est aujourd'hui de 420 000 km²) a pu augmenter d'un tiers et son niveau de 60 mètres en quelques mois seulement.

Très rapidement le seuil d'Istamboul fut atteint et la mer de Marmara fut inondée à son tour. Il faut savoir que le Dniepr à l'époque de la débâcle glaciaire déversait près de 80 km³ d'eau par jour, ce qui est tout à fait considérable, alors que le détroit du Bosphore n'en laissait passer que 30 km³. Donc, bien que le Bosphore ait servi de déversoir naturel, la mer Noire continua de monter, inondant sans cesse des côtes autrefois à sec. Quand elle atteignit la cote +80 mètres, par rapport à son ancien niveau, l'eau put s'écouler par un deuxième exutoire vers le sud : la vallée de Sakariah située à 100 km à l'est du Bosphore, avant de rejoindre le golfe d'Izmit, extension est de la mer de Marmara. Ainsi celle-ci subit à son tour un sort analogue à la mer Noire, voyant sans cesse son niveau monter.

Laissons la conclusion à André et Denise Capart :

" Il faudra des mois, voire des années, pour que l'eau douce ainsi stockée se déverse dans la Méditerranée et établisse le fragile équilibre de leurs niveaux respectifs. Mer Noire et mer Egée sont enfin reliées par deux détroits qui dressent une barrière symbolique mais définitive entre l'Asie Mineure et le monde balkanique. " (12)

Une géographie nouvelle issue du Déluge

La géographie de la mer Égée a été transformée très rapidement, phénomène si étonnant pour les Anciens que plusieurs textes de l'Antiquité le relate, rapportés notamment par Hérodote (484-420) et Diodore de Sicile (90-20) qui vécut à l'époque des derniers soubresauts de ces changements du niveau de la mer.

Relisons ce texte important de Diodore, concernant les habitants de Samothrace, une île grecque du nord de la mer Egée dont la surface aujourd'hui est de 180 km², mais qui était beaucoup plus grande il y a quelques milliers d'années.

" Les Samothraces racontent qu'avant les déluges qui ont frappé les autres nations, il y en avait eu, chez eux, un très grand par la rupture de la terre qui environne les Cyanées et, par suite, de celle qui forme l'Hellespont. Le Pont-Euxin, c'est-à-dire la mer Noire, n'était alors qu'un lac tellement grossi par les eaux des fleuves qui s'y jettent qu'il déborda, versa ses eaux dans l'Hellespont et inonda une grande partie de l'Asie. Une vaste plaine de la Samothrace fut convertie en mer. C'est pourquoi, longtemps après, quelques pêcheurs ramenèrent dans leurs filets des chapiteaux de colonnes de pierre, comme s'il y avait eu là des villes submergées. Le reste des habitants se réfugia sur les lieux les plus élevés de l'île. Mais la mer continuant à s'accroître, les insulaires invoquèrent les dieux et sauvés du péril, ils marquèrent tout autour de l'île les limites de l'inondation et y dressèrent des autels où ils offrent encore de nos jours des sacrifices. Il est donc évident que Samothrace a été habitée avant le Déluge. " (13)

On voit à travers ce texte, récit des conséquences locales d'un cataclysme vieux de plusieurs milliers d'années, combien les effets du Déluge avaient alarmé les habitants de l'époque quand ils virent monter le niveau de la mer à une vitesse tout à fait anormale. Ils durent supplier les dieux pour être sauvés de la destruction totale. Quand tout allait mal pour eux, les Anciens invoquaient les dieux, seuls susceptibles d'intervenir efficacement. D'où une importance à leurs yeux qui nous paraît un peu exagérée aujourd'hui.

Diodore ne contestait pas l'authenticité du Déluge (le vrai et pas ses ersatz qui furent multiples durant les millénaires suivants), ni son ancienneté, car il était persuadé que ce grand cataclysme avait marqué la fin d'un des âges du monde dans un passé déjà conséquent. Il ne faut pas oublier que plusieurs philosophes penchaient pour un Univers vieux de plus de 10 000 ans, période durant laquelle le Déluge trouve sa place sans problème. Pour en revenir au texte cité plus haut, il faut aussi noter son commentaire très intéressant sur les îles Cyanées. Leur isolement remontait au cataclysme de -6700, car auparavant, au niveau -38 mètres dans la mer de Marmara, elles faisaient partie intégrante de l'Asie Mineure.

Hérodote, quatre siècles plus tôt, parlait des îles Cyanées comme des "îles flottantes" ou "îles noyées" car comme elles étaient très basses sur l'eau, elles furent tour à tour apparentes ou submergées au fil des siècles selon la fluctuation quasi continue du niveau de la mer de Marmara. On sait que la mer Égée fut particulièrement tributaire du niveau des eaux marines, leur montée isolant certaines îles et réduisant la superficie d'autres, surtout sur la côte asiatique. Chaque cartographie de la région était obligée de prendre en compte les nouvelles transformations.

Une multitude de déluges locaux partout dans le monde

Il fallait insister sur le Déluge de Noé, version *glaciologues* (plus crédible que les diverses versions *mythologiques*), car il nous montre quelques conséquences géographiques et humaines d'une déglaciation importante et de sa phase ultime : la débâcle. Cette débâcle a eu lieu bien souvent sous d'autres cieux que la Scandinavie. De très nombreuses observations ont montré que l'Amérique du Nord a particulièrement souffert de la dernière grande glaciation et aussi de la déglaciation qui a suivi. Souvent des débâcles ont découlé sur des *cataclysmes en chaîne* : raz-de-marée, destructions de cordons littoraux, inondations, décimations de populations humaines et animales, géographie transformée.

Plusieurs livres (14) ont été consacrés aux divers déluges recensés dans les mythologies du monde entier, et il est indéniable que tous les continents ont été confrontés à des cataclysmes dont *l'eau* était la principale responsable. Les récits concernant ces déluges sont extrêmement variés, et parfois poétiques car souvent le mythe "en rajoute" au cataclysme lui-même.

On les regroupe en cinq grandes familles : l'eau des glaciers, l'eau du ciel, l'eau des fleuves, l'eau de la mer et les raz-de-marée. Il faut dire quelques mots des quatre familles dont il n'a pas encore été question.

– ***l'eau du ciel***. A priori, le déluge *vient du ciel* : pluies exceptionnelles durant plusieurs jours ou plusieurs semaines, liées parfois à la mousson ou à des orages tropicaux. Des contrées entières peuvent être dévastées. Mais il ne faut pas perdre de vue que dans certaines régions il s'agit d'un acte naturel *positif*, notamment en Inde où la mousson est assimilée à un *renouveau*. Le déluge est à la fois force de destruction et de création. L'un des fondements de la philosophie bouddhiste est celui-ci : " *De la vie naît la mort, de la mort naît la vie*". Le déluge biblique, d'après les textes eux-mêmes, est de cette nature : il a plu pendant quarante jours et quarante nuits et cette pluie diluvienne a tout inondé, tout détruit.

– ***l'eau des fleuves***. Tout le monde a en mémoire le souvenir de crues catastrophiques. Ces crues devaient être encore bien pires à l'époque où les cours de grands fleuves n'étaient pas canalisés, notamment en Chine, où au fil des siècles des millions de personnes moururent victimes d'inondations

phénoménales qui noyèrent des régions entières. Le déluge de Sumer et son ersatz babylonien seraient de cette nature, liés à une inondation catastrophique de l'Euphrate vers -4000 d'après l'étude des alluvions remontant à cette époque.

– ***l'eau de la mer***. Il s'agit ici des inondations dues à la rupture de barrages naturels comme celles qui ont dévasté à plusieurs reprises des pays côtiers, comme les Pays-Bas, qui sont à fleur d'eau. Des tempêtes, associées à des grandes marées et à une mer déchaînée, ont entraîné maintes fois la rupture de cordons littoraux, parfois impressionnants mais extraordinairement fragiles s'ils ne sont pas suffisamment stabilisés. En quelques jours seulement, la mer a pu gagner définitivement plusieurs milliers de kilomètres carrés sur des terres auparavant émergées. Ce genre de cataclysme a dû être très fréquent durant la longue période (plusieurs milliers d'années) de la montée des eaux océaniques qui se trouvaient forcément de temps à autre en présence de nouveaux obstacles, obstacles provisoires qu'elles "avalait" quand le point de rupture était atteint.

– ***les raz-de-marée***. Ils sont parfois liés à des éruptions volcaniques, mais surtout à des séismes dans les régions côtières, frontières de plaques tectoniques (15). Les vagues ainsi créées peuvent dépasser couramment la dizaine de mètres (parfois même beaucoup plus) et avoir une force prodigieuse (16). Dans cette catégorie de "déluges", on place surtout le *déluge de Deucalion* qui date de vers -1600 et que l'on associe au raz-de-marée "grec" consécutif à l'explosion du Santorin. Il est également lié au fantastique raz-de-marée, haut de près de 200 mètres, qui balaya la côte nord de la Crète, comme nous allons le voir plus loin dans la section consacrée à Santorin.

Sodome et Gomorrhe : un cataclysme sismique

Ce cataclysme a été évoqué au chapitre 2, du fait de sa présence dans le texte biblique (17). On sait qu'il fut contemporain du patriarche Abraham, que l'on situe au XIX^e siècle avant J.-C. Originnaire d'Ur, cité antique de la basse Mésopotamie, c'est lui qui s'installa en Palestine avec sa tribu. Comme le raconte la Bible : " *Yahvé fit pleuvoir sur Sodome et sur Gomorrhe du soufre et du feu venant du ciel* ". Pour les rédacteurs de la *Genèse*, il s'agissait d'une vengeance de Dieu. Pour les géologues, bien sûr, il en va tout autrement.

Dans son livre *La Bible arrachée aux sables* (18), l'historien allemand Werner Keller explique fort bien le cataclysme. L'engloutissement de la vallée de Siddim avec ses quatre villes martyres (Sodome, Gomorrhe, Adma et Seboïm) ensevelies dans le bitume serait dû principalement à un grand tremblement de terre. Celui-ci aurait débouché d'abord sur un affaissement de terrain, qui lui-même aurait libéré des forces volcaniques tout au long de la crevasse ainsi formée, avec comme conséquences d'importantes explosions et des dégagements de gaz naturel, dans ce qui est aujourd'hui la partie méridionale de la mer Morte, qui n'est profonde que d'une quinzaine de mètres et qui n'existait pas il y a 4000 ans.

Ce cataclysme naturel qui se produisit dans une région déjà peuplée à l'époque, et qui anéantit au moins quatre villes, marqua fortement les esprits par sa soudaineté et son ampleur, comme le raconte *la Bible*. Les premiers compilateurs des textes bibliques récupérèrent sans complexes le cataclysme pour en faire un acte de la justice divine, destiné à punir des populations corrompues et licencieuses, et surtout pour servir d'exemple pour les autres qui voudraient s'engager sur une mauvaise pente.

Si les géologues croient, probablement avec raison, à un événement d'abord sismique, puis volcanique, il s'est pourtant trouvé un astronome compétent comme Ernst Opik (1893-1985) (19) pour conclure à un impact cosmique. Ce savant, l'un des premiers ouvertement catastrophiste, était à la recherche de cataclysmes répertoriés pouvant être liés à des impacts de comètes et d'astéroïdes, et celui de la mer Morte lui paraissait une éventualité qu'il conviendrait d'étudier plus en détail. Apparemment, concernant cet exemple précis, il s'est trompé, mais un petit doute subsiste quand même, qui tient principalement au texte lui-même. En effet, celui-ci parle bien d'un déluge de soufre et de feu *venant du ciel* et non pas de la terre.

L'éruption du Santorin et ses conséquences

Le cataclysme volcanique du Santorin est l'une des deux grandes catastrophes qui se sont produites au cours du II^e millénaire avant notre ère dans le Bassin Méditerranéen. Il a eu des conséquences extraordinaires et mérite un exposé détaillé pour bien faire comprendre que le *cataclysme*, quel qu'il soit, peut avoir des prolongements inimaginables sur la vie des humains et peut conditionner leur avenir, en détruisant des civilisations prospères et en contribuant à la refonte des sociétés humaines. Santorin, on le sait aujourd'hui, c'est le quasi-anéantissement de la civilisation minoenne, alors au zénith de sa puissance. Quatre siècles plus tard, la comète Sekhmet sera le coup de grâce définitif pour une civilisation en sursis, incapable de se relever totalement et de retrouver sa gloire passée.

Le cataclysme, s'il est force de création au niveau de l'espèce, est aussi, et surtout, une force de *destruction* au niveau des peuples et des civilisations. Et cette vérité était encore plus vraie dans le passé, quand les peuples meurtris ne pouvaient compter que sur eux-mêmes, et non, comme aujourd'hui, sur une solidarité internationale capable d'atténuer quelque peu le traumatisme subi.

La redécouverte de la Crète minoenne

C'est dans les premières années du XX^e siècle que l'archéologue anglais Arthur Evans (1851-1941) redécouvrit la civilisation de l'âge du bronze de la Crète. Il lui donna le nom de *minoenne*, d'après Minos le roi légendaire, héros de nombreux récits mythologiques. En 1900, Evans mit à jour le fameux palais de Cnossos au nord de la Crète. D'autres fouilles dans toute l'île permirent par la suite de sortir également de l'oubli plusieurs autres sites de

première importance, comme ceux de Phaistos, Haghia Triada, Mallia et Zacros. Partout, des vestiges de palais montrèrent l'existence d'une très brillante civilisation que l'on a daté du second millénaire avant J.-C. Étonnamment, d'après les spécialistes, cette civilisation s'était pratiquement effondrée aux alentours de -1600, et après un ultime soubresaut s'était positivement désintégrée vers -1200.

En 1909, un autre archéologue britannique, Kingdon Frost (1877-1914), publia un article intitulé *Le continent perdu*, dans lequel il suggérait pour la première fois que la légende de l'Atlantide était probablement liée à la destruction de la civilisation crétoise nouvellement mise à jour. Frost nota que, tout comme dans le texte de Platon, Cnossos et ses villes alliées furent détruites alors qu'elles se trouvaient au sommet de leur puissance. Aucun déclin ne put être mis en relief, mais au contraire une destruction quasi instantanée, due presque obligatoirement à un cataclysme.

" Ce fut comme si le royaume tout entier avait été englouti sous les flots, comme si l'histoire de l'Atlantide était vraie. "

Cette lumineuse idée de l'archéologue britannique, associant Crète et Atlantide (20), passa pourtant pratiquement inaperçue, ne soulevant apparemment aucun écho dans les milieux spécialisés. Comme c'est souvent le cas, cette découverte essentielle était trop en avance sur son temps.

Ce n'est qu'en 1932 que le débat allait rebondir. L'archéologue grec Spiridon Marinatos (1901-1974), en fouillant le site d'Amisos, l'ancien port de Cnossos, découvrit parmi d'autres vestiges une fosse remplie de pierres ponce. Il se posa immédiatement la question : " *D'où cette roche, d'origine volcanique, pouvait-elle provenir ?* ". Une seule hypothèse lui parut plausible : la côte nord de la Crète avait été balayée par un tsunami véhiculant ces pierres ponce et certaines étaient restées piégées sur place. Ce raz de marée venant du nord devait être responsable de la destruction des palais crétois, et même de toute la civilisation minoenne dans son ensemble (21).

Cette remarquable découverte en Crète, suivie de l'intuition tout aussi géniale de Marinatos, fut le point de départ de la fameuse hypothèse qu'il publia en 1939 dans la revue anglaise *Antiquity*, dans un article intitulé " *La destruction volcanique de la Crète minoenne* ".

L'histoire d'une île volcanique : Santorin

L'archipel de Santorin se situe au sud de la mer Egée, entre la Grèce et la Crète, et fait partie des Cyclades. Il comporte cinq îles d'une superficie totale de 75 kilomètres carrés. On distingue, en gros, deux grandes unités géomorphologiques. Les trois îles périphériques : Théra, de loin la plus importante, Thérasia et Aspronisi sont les restes d'un ancien volcan qui s'est effondré pour former une grande caldéra de 11 x 7,5 km envahie par la mer. Au centre de cette caldéra, se trouvent les deux autres îles qui sont postérieures à la catastrophe : Nea Kaméni et Palea Kaméni.

Dans les années 1950, une très importante découverte scientifique : la possibilité de datation par le carbone 14 permit de situer dans le passé, avec une précision remarquable, divers éléments contemporains ou liés directement à la fameuse explosion du Santorin, que l'on savait avoir été l'un des événements volcaniques majeurs de la haute Antiquité. Les résultats indiquèrent la période autour de -1500 comme étant celle de la catastrophe qui décapita l'île ancienne unique, connue sous le nom de *Stronghile*, la ronde.

En fait, on savait depuis 1860 que l'archipel de Santorin abritait des trésors archéologiques (datés par la suite de 3500/3600 ans), car à l'époque d'importants éboulements dus à l'exploitation intensive des carrières de pierres ponces sur Thérasia avaient mis à jour les ruines de plusieurs habitations ensevelies auparavant sous trente mètres d'éjections volcaniques. L'ampleur d'une éruption phénoménale et les dégâts catastrophiques qu'elle avait engendrés, principalement la destruction d'une civilisation de l'âge du bronze, avaient très intrigué le minéralogiste et volcanologue français Ferdinand Fouqué (1828-1904) (22) qui avait visité le site en 1867, mais l'intérêt de la découverte n'avait pas paru évident aux savants de l'époque, et Santorin était retombé dans un oubli inadmissible.

En fait, les savants de l'époque, qu'il s'agisse de scientifiques ou d'historiens, *avaient peur des catastrophes*. Ils craignaient plus que tout de découvrir des *vestiges de cataclysmes récents* et de devoir reconsidérer la validité des hypothèses catastrophistes, à une époque où l'uniformitarisme de Hutton et Lyell semblait s'être définitivement imposé.

Il fallut donc attendre la fin des années 1930 pour que Marinatos fasse le rapprochement entre le déclin, la quasi-disparition même, de la civilisation minoenne et l'éruption paroxysmale du Santorin. Toutes les découvertes ultérieures allaient lui donner raison. En particulier, en 1967, des fouilles effectuées à Akrotiri, petit village au sud de l'île principale Théra, permirent de mettre à jour une ville résidentielle, cachée jusqu'alors sous dix mètres de pierres ponces. On découvrit des centaines de poteries de l'époque minoenne et toutes sortes d'ustensiles de la vie courante. Par contre, aucun squelette humain ne fut dégagé, ce qui prouve que les signes précurseurs de l'éruption avaient été suffisamment étalés dans le temps, et surtout suffisamment impressionnants, pour que la population quitte l'île avant le déchaînement final du Santorin.

Les diverses découvertes archéologiques concernant la région et l'étude de la stratigraphie des différents produits éjectés par le volcan lors de la grande éruption de -1600 (période retenue par les volcanologues actuels, plutôt que -1500), notamment leur distribution dans les fonds marins de la Méditerranée orientale, ont permis aux volcanologues et aux historiens de reconstituer les grandes étapes de l'effondrement de la civilisation minoenne qui a régné sur toute la Méditerranée entre -2000 et -1600. Jusqu'à cette époque, Santorin était une île unique d'environ 12 km de diamètre et dont le

sommet volcanique pouvait atteindre 1000 mètres. Sur ses flans, plusieurs villages minoens avaient été bâtis et étaient habités en permanence. Car l'empire minoen, empire essentiellement maritime, comme on l'a largement démontré, s'appuyait principalement sur la Crète, l'île majeure, mais aussi sur plusieurs îles des Cyclades, parmi lesquelles, en premier lieu, Santorin qui fut *l'île sacrée* de la civilisation minoenne, du fait de sa beauté, et surtout de son énorme sommet volcanique qui culminait haut dans le ciel, tout près des dieux, et qui devait être visible loin en mer.

L'empire minoen était alors à son apogée, mais il n'allait plus tarder à sombrer en pleine gloire. Une première alerte eut lieu à Santorin quelques années avant le cataclysme final. Une succession de séismes, probablement en rapport avec le remplissage par la lave du cône volcanique, obligea les habitants de l'île à fuir vers des sites plus sûrs. On a noté en fouillant Akrotiri que des murs lézardés, des plafonds effondrés, des colonnes abattues étaient antérieures à l'éruption elle-même et ne pouvaient dater que de ces secousses sismiques qui précédèrent le cataclysme final d'une dizaine d'années environ, peut-être moins.

Les tremblements de terre s'étant provisoirement calmés, les habitants de Santorin revinrent sur leur île, mais pas pour très longtemps. Ils n'eurent pas le temps de réparer toutes les maisons endommagées avant le réveil du volcan qui s'effectua progressivement. On a noté plusieurs couches successives de cendres d'une épaisseur totale de 1,50 mètre environ. Les habitants quittèrent alors définitivement Santorin, c'est pourquoi on n'a retrouvé aucun squelette humain sur l'île. Elle était déjà désertée quand la conflagration finale eut lieu.

L'explosion de l'île des dieux

C'est autour de -1600 (23) que le volcan explosa littéralement. Une fantastique éruption, l'une des plus extraordinaires que l'homme ait connue, allait balayer en quelques jours, et à tout jamais (malgré quelques petits sursauts désespérés) une civilisation quasiment millénaire (24/25). Plus de 60 mètres d'épaisseur de pierres ponces recouvrirent Santorin. Le vent dominant nord-ouest/sud-est porta quantité de cendres jusqu'en Égypte. La Crète qui se trouve à environ 110 km au sud de Santorin vit toute sa partie centrale et orientale recouverte de 10 centimètres environ de ces cendres, alors qu'étonnamment la partie occidentale fut plus ou moins épargnée.

Le bruit de l'éruption dut être phénoménal, puisqu'on prétend qu'il fut audible jusqu'en Égypte, et l'obscurité fut totale durant plusieurs jours en Crète et partielle en Égypte durant une bonne semaine. Le magma ayant totalement abandonné le cône volcanique (60 km³ de matériaux furent envoyés dans l'atmosphère, quatre fois plus que pour le Krakatoa en 1883), le fier volcan s'effondra sur lui-même pour former la caldéra très spectaculaire que l'on connaît encore de nos jours et qui montre si bien l'envergure du cataclysme.

Un impressionnant nuage mortel de cendres chaudes se déplaça dans toute la partie est de la Méditerranée. On pense que la couche de cendres sur les îles voisines atteignit plus de cinq centimètres d'épaisseur, couche largement suffisante pour étouffer définitivement la végétation, les hommes et aussi quasiment tous les animaux et les insectes autochtones. Le nuage de poussières et de cendres se dispersa ensuite dans toute l'atmosphère terrestre, faisant partiellement obstacle au rayonnement solaire (26).

Des pluies acides associées complétèrent le désastre dans les jours et les semaines suivants. La quasi-totalité des récoltes furent détruites et les terres empoisonnées durant des années. L'écologie de la Crète fut perturbée pendant pratiquement un demi-siècle. La fragilisation de la civilisation minoenne fut enclenchée d'une manière irréversible tout de suite après le cataclysme, avec une crise économique terrible et déstabilisante.

Des forages océanographiques dans l'est de la Méditerranée ont permis de retrouver des traces du cataclysme, notamment à proximité des côtes de Turquie et de Chypre, sous la forme de dépôts de cendres à 60 centimètres de profondeur.

Tous les touristes ont un pincement au cœur quand ils connaissent l'histoire de l'île, et on peut dire que Santorin, comme le Meteor Crater, sont des lieux magiques. Tous deux, très différents, sont des vestiges de catastrophes qui défient l'imagination, et qui sont là, siècle après siècle, pour nous rappeler les forces prodigieuses de la nature qui les ont créés. Ces forces, ce n'était pas seulement celles qui ont "cassé la montagne des dieux" et projeté dans l'atmosphère des kilomètres cubes de débris, c'était également celles du gigantesque raz de marée qui se forma comme conséquence principale de l'effondrement du cône volcanique. Il s'agit là d'une répercussion géologique quasi instantanée bien connue. Ce raz de marée atteignit au moins 200 mètres de hauteur, puisque l'on a retrouvé à cette même altitude des pierres ponces sur les collines d'îlots avoisinant Santorin. Ce mur d'eau, d'une puissance inouïe, véhiculant des produits éjectés du volcan, balaya littéralement la côte nord de la Crète, détruisant tous les ports (dont Amnisos, où 3500 ans plus tard Marinatos retrouva des pierres ponces "piégées" dans une fosse). Le tsunami atteignit aussi les côtes de la Grèce, Rhodes et toute la côte orientale de la Méditerranée.

Qu'en est-il du Santorin aujourd'hui ? On connaît bien son histoire ultérieure (27). Après son coup de force de -1600, il resta inactif pendant 1400 ans. C'est vers 197 avant J.-C. que naquit dans la caldéra l'îlot volcanique baptisé Paléa Kameni. L'autre îlot existant à l'heure actuelle, Nea Kameni, est l'issue récente (de 1866 à 1870) de la fusion de deux petits îlots, nés l'un de 1570 à 1573 (Mikra Kameni) et l'autre de 1707 à 1711 (Néa Kameni primitif).

La datation du cataclysme du Santorin (bien qu'elle reste approximative) a été l'une des grandes nouveautés du XX^e siècle. Jusque-là *la compression du temps* avait totalement occulté les divers cataclysmes différents qui se sont

succédé au fil des siècles. Ainsi *l'Apocalypse* de Saint Jean regroupe pêle-mêle des fléaux hétéroclites observés lors des drames humains associés aux cataclysmes de Sodome et Gomorrhe, de Santorin et de l'impact de la comète Sekhmet qui se sont étalés sur près de huit siècles.

La période post-catastrophe et les conséquences humaines

La conséquence principale du cataclysme, outre la désintégration du volcan, fut la destruction quasi complète de la Crète (28), centre principal de la civilisation minoenne. Le peuple minoen était surtout un peuple *maritime*. Il perdit la quasi-totalité de sa flotte à cause du tsunami meurtrier qui détruisit tous les ports de l'est méditerranéen. En même temps que la destruction d'une grande partie de la population, c'est la force vive de ce peuple, sa raison d'être, qui fut détruite en quelques jours. Quasiment la fin du monde pour cette civilisation presque millénaire, fleuron de l'âge du Bronze, qui régnait sans partage sur le Bassin méditerranéen, et même probablement bien au-delà, et partie pour perdurer au moins quelques siècles encore.

Un cataclysme grandiose comme celui du Santorin, l'île des dieux, devait inévitablement être la base de légendes qui allaient se transmettre au fil des siècles. On y associe notamment le déluge de Deucalion qui raconte la lutte féroce entre Zeus et Poséidon et certains épisodes de l'histoire des Argonautes. Certains auteurs associent également l'éruption du Santorin et les dix plaies d'Égypte, mais cette corrélation est plus que douteuse pour une question de concordance de dates. Santorin, c'est le XVII^e siècle d'après les volcanologues actuels, il ne faut jamais l'oublier. Les plaies d'Égypte, ce sont le XIII^e siècle. Enfin, on sait maintenant que Platon s'est fortement inspiré de l'épisode du Santorin pour écrire son *Atlantide*, comme l'a bien montré Marinatos, 24 siècles plus tard.

Comme quoi un cataclysme de grande envergure peut entraver le cours normal des choses. Avec Santorin, et à une échelle "locale", on se trouve dans le même scénario que celui d'il y a 65 millions d'années. Les dinosaures et la civilisation minoenne, alors au sommet de leur ascension, ont été balayés par un cataclysme et ont dû laisser leur place à d'autres.

Conclusion pour les chercheurs d'aujourd'hui : *le cataclysme de très grande envergure est un carrefour historique entre le passé et l'avenir. La malchance est bien un facteur qui a sa place non seulement dans l'évolution, comme l'ont montré Gould, Raup et quelques autres scientifiques qui travaillent sur les extinctions de masse, mais aussi dans l'histoire des hommes. Dinosaures et Minois ne demandaient qu'à vivre !*

Catastrophisme et atlantides

Plus que toute autre catastrophe remontant à l'Antiquité, celle liée à *l'Atlantide* est synonyme de désastre à la fois terrestre et humain, et les divers auteurs ayant traité du sujet depuis des siècles lui ont attribué des

causes diverses, d'autres accréditant au contraire l'hypothèse d'une fable, inventée de toutes pièces par Platon.

L'historien de l'Atlantide Olivier Boura, dans son livre *Les Atlantides. Généalogie d'un mythe* (29), présente tous les principaux textes qui ont entretenu le mythe depuis l'Antiquité et sous-tendu des hypothèses variées quant à son possible emplacement. Une étude détaillée du texte de Platon a conduit cet auteur à la conclusion suivante :

" Il est clair qu'à travers l'histoire de l'Atlantide Platon mène le procès du matérialisme, des valeurs mêmes du matérialisme, en même temps, sans doute, qu'il interprète, à sa manière, les conflits qui au Ve siècle av. J.-C. opposèrent les cités grecques, petites, pauvres et vertueuses, aux empires orientaux. La victoire d'Athènes, ici, c'est la victoire même de la raison, de la mesure, de l'ordre, sur les forces immenses, nocturnes et abyssales, inhumaines, d'un monde barbare engendré par le chaos, et retourné au chaos. " (30)

Dès l'Antiquité, les plus grands philosophes postérieurs à Platon, à commencer par Aristote lui-même, ne croyaient pas à l'Atlantide, telle que prévue par Platon. Boura le confirme aujourd'hui, lui qui y voit un combat entre la raison, la mesure et l'ordre contre les forces de la barbarie. Déjà à l'époque de Platon, la raison avait bien du mal à s'imposer... Avec l'Atlantide, le problème est que le pays disparu de Platon est devenu au fil des siècles le nom générique des cités et des îles disparues à la suite de cataclysmes divers. Donc, il n'y a rien d'anormal à ce que l'on trouve des *atlantides* partout, quand on sait que le niveau moyen des mers a augmenté de 110 mètres en 15 000 ans, sans parler des autres cataclysmes terrestres et cosmiques. Que de villes côtières noyées, que d'îles englouties, que de territoires submergés, qui tous ont abrité la vie, une vie aujourd'hui disparue.

Là encore il faut se limiter à quelques mots sur les hypothèses principales. De nombreux livres (31/32) traitent du sujet, globalement ou sélectivement, de nombreux auteurs privilégiant leur solution, qui n'est presque toujours qu'une solution parmi d'autres possibles.

– **les hypothèses atlantiques.** L'Atlantide a été considérée parfois comme une grande île située entre l'Europe et l'Amérique, dont les Açores et les Canaries seraient les vestiges. Certains auteurs ont préféré une assise continentale sur l'Atlantique, avec les hypothèses Tartessos, l'Atlantide marocaine ou africaine. Les cataclysmes évoqués sont des effondrements de la croûte terrestre, le volcanisme de grande envergure, l'engloutissement des terres, le raz-de-marée destructeur.

– **les hypothèses méditerranéennes.** Hormis l'hypothèse volcanique de Santorin, on a parlé de villages préhistoriques engloutis dans l'Adriatique (probablement situés sur les rives du Pô avant la montée des eaux dans

l'Adriatique) et d'une Atlantide tunisienne dans ce qui est aujourd'hui le golfe de Gabès qui n'a été recouvert par les eaux que récemment à l'échelle géologique. Il s'agit évidemment de villages engloutis lors de la dernière montée générale des eaux qui pouvaient se situer à un niveau -20 ou -30 mètres par rapport au niveau actuel. L'ensablement et les alluvions ont tôt fait de faire disparaître des vestiges humains, qui ne sont pas détruits souvent, mais seulement *enfouis*.

– **les hypothèses américaines.** La plus célèbre est celle de Bimini (33) que l'on a souvent assimilée à la "vraie" Atlantide". Ce n'est qu'une atlantide parmi d'autres, noyée elle aussi par la montée des eaux. Il est sûr que l'archipel des Bahamas ne représente que les vestiges de terres beaucoup plus importantes. Certains chercheurs ont cru voir dans d'immenses pierres englouties les traces d'un "escalier" qui aurait été taillé par une civilisation disparue. Il n'y a rien là d'impossible, les Anciens savaient tailler la pierre et ils érigeaient des escaliers quand ils en avaient besoin. Seulement, là comme partout, il a fallu "reculer" quand le niveau de l'océan, grossi par les millions de kilomètres cubes des eaux de la déglaciation, est remonté lentement mais inexorablement. Ce fut la loi commune pour tous. On a aussi postulé pour une Atlantide brésilienne et de nombreuses légendes des peuples américains et amérindiens parlent de déluges et de cités englouties. Rien d'étonnant à tout cela : *l'atlantide*, comme *l'apocalypse*, est un canevas de cataclysme.

– **les hypothèses diverses.** L'Atlantide s'est diversifiée au fil des siècles et "décentralisée". Des vestiges de civilisations disparues ayant été repérées partout, des chercheurs ont proposé des sites comme la Suède, l'Allemagne du nord-ouest, plus récemment la mer du Nord (34), ou même des sites orientaux. Rien à voir avec l'Atlantide de Platon, mais *atlantides* parmi d'autres. Une chose paraît évidente : partout, sur tous les continents, sur toutes les mers, des villes, des régions ont été détruites par des cataclysmes divers. Quand elles sont par trop exotiques, les atlantides peuvent prendre un nom particulier : Pount, Mû, ..., noms haïs par les scientifiques mais qui peuvent cacher des cataclysmes bien réels : îles englouties, régions côtières affaissées, ou régions continentales devenues désertiques. Des sondages océanographiques et des études sur le terrain, permettront peut-être de repérer quelques-uns de ces sites atlantidiens avec certitude.

Retour au monde cyclique des Anciens

Pour clore ce chapitre sur les grands cataclysmes terrestres (de notre zone culturelle, car on ignore presque tout des autres), il faut revenir sur le fameux *temps cyclique* des Anciens dont il a été question au chapitre 1. Tous les philosophes de l'Antiquité étaient persuadés que *le monde*, et *l'humanité* avec elle, se renouvelaient à l'occasion de catastrophes dues alternativement au feu et à l'eau. Les quelques exemples cités dans ce chapitre concernent surtout *l'eau*, c'est-à-dire les cataclysmes d'origine terrestre (une petite partie concerne aussi les effets du volcanisme). Dans le chapitre suivant, nous allons voir en détail l'autre volet, celui concernant surtout *le feu*, c'est-à-dire principalement des cataclysmes d'origine cosmique.

Pour les Anciens, le temps était cyclique pour des raisons astrologiques. Ils attachaient beaucoup d'importance aux ères précessionnelles et étaient persuadés de leurs rapports avec des événements recensés ou supposés. Ces signes astrologiques qui leur étaient attachés ont traversé les millénaires pour arriver sans problème jusqu'à nous. On ne peut s'empêcher d'admirer cette sagacité des Anciens pour rechercher les causes de ces *Grandes Années*, qui se terminaient en drames, liés à la violence de la nature, drames qui étaient tout autant *humains*, et dont ils ont été si souvent victimes. Ils ont tout fait aussi pour les dater, s'appuyant pour ce faire sur le mouvement des planètes, leur meilleur calendrier, les divisant même en *Grands Étés* et *Grands Hivers*. Dans *Le système du monde* (tome 1), Pierre Duhem rappelle ce texte d'Olympiodore, érudit chrétien de la fin du VI^e siècle qui vivait à Alexandrie et lointain disciple d'Aristote, qui résume assez bien le problème :

" Que la mer se dessèche, que la terre ferme, à son tour, se transforme en mer, cela provient de ce que l'on nomme le Grand Été et le Grand Hiver. Le Grand Hiver a lieu lorsque tous les astres errants se réunissent en un signe hivernal du zodiaque, le Verseau ou les Poissons ; le Grand Été, au contraire se produit lorsqu'ils se réunissent tous en un signe estival comme le Lion ou le Cancer. De même, le Soleil, pris isolément, produit l'Été lorsqu'il vient dans le Lion et l'hiver lorsqu'il vient dans le Cancer... Lorsqu'après une très longue durée, tous les astres errants se trouvent en une même place, pourquoi donc cette conjonction produit-elle la Grande Année ? C'est que tous les astres errants, lorsqu'ils approchent du point culminant [de l'écliptique], échauffent comme le fait le Soleil ; ils refroidissent, au contraire, lorsqu'ils sont éloignés de ce point ; il n'est donc pas invraisemblable qu'ils produisent le Grand Été lorsqu'ils viennent tous au point culminant, et le Grand Hiver lorsqu'ils en sont tous éloignés. Donc, pendant le Grand Hiver, la terre se change en mer tandis que le contraire a lieu au cours du Grand Été. " (35)

Ce texte alambiqué d'Olympiodore explique l'essentiel : la mer peut se transformer en terre ferme, et inversement la terre ferme peut se transformer en mer. Plus simplement, on peut dire que la variation du niveau des océans et des lacs découvre et inonde successivement certaines régions côtières et des îles dont l'altitude maximale ne dépasse pas quelques mètres.

Il ne faut jamais perdre de vue que, depuis la fin du dernier maximum glaciaire, les océans ont regagné 110 mètres en moyenne, ce qui n'est pas rien. Ce que les glaciologues appellent "*la débâcle atlantique*", datée d'environ -13500, est aussi appelée "*Déluge de Lascaux*". Nos ancêtres proches étaient quasi contemporains de la plus grande catastrophe mondiale arrivée sur la Terre depuis 20 000 ans. On sait par les innombrables traces qu'ils nous ont laissées que l'art était déjà bien présent (il suffit de visiter les merveilleuses grottes de Dordogne et d'ailleurs pour s'en convaincre) et qu'il était l'un de leurs moyens d'expression.

Ainsi ont été ensevelis (recouverts par la sédimentation et pas forcément détruits), parallèlement à la montée progressive des eaux, et pour très longtemps, des vestiges d'anciennes civilisations protohistoriques qui vivaient au bord des océans, là où la vie était nettement plus facile, grâce à la pêche côtière qui assurait la survie de groupes humains relativement importants. Certaines n'étaient pas si primitives que l'on voudrait nous faire croire, même s'il est hors de question d'admettre qu'elles aient pu atteindre un niveau tel que celui de l'Antiquité classique. La découverte de mégalithes noyées n'est qu'un exemple.

Pour les astronomes aussi les glaciations sont cycliques, mais pour des raisons différentes bien sûr, liées principalement à la théorie astronomique des climats (36) de Milutin Milankovic (1879-1958). Ce qui est tout à fait nouveau, du fait des activités humaines qui interfèrent pour la première fois d'une manière significative et qui participent à un réchauffement indéniable de la planète, c'est que le prochain maximum glaciaire ne se produira peut-être pas à la date normale, et qu'il devra attendre plusieurs dizaines de milliers d'années, si l'homme reste raisonnable et ne dépasse pas les "bornes" acceptables.

L'homme est un prédateur nouveau pour la planète. Mais bien que sa présence soit un facteur à prendre en compte, il est loin d'être le seul et surtout le plus important. L'homme ne fait pas le poids devant le cataclysme, qu'il soit naturel (terrestre ou cosmique) ou même humain (technologique ou écologique). La nature reprendra vite ses droits. Le rapport des forces n'est pas, et ne sera jamais, le même.

Notes

1. G. Rachet, *Dictionnaire de l'archéologie* (Robert Laffont, coll. Bouquins, 1983).
2. Université d'Oxford (sous la direction de M.C. Howatson), *Dictionnaire de l'Antiquité* (Robert Laffont, coll. Bouquins, 1993). Titre original : *The Oxford companion to classical Literature* (1989).
3. M. Déribéré et P. Déribéré, *Histoire mondiale du déluge* (Robert Laffont, 1978).
4. A. Capart et D. Capart, *L'homme et les déluges* (Hayez, 1986). Un livre essentiel pour comprendre la déglaciation et ses conséquences humaines
5. J. Labeyrie, *L'homme et le climat* (Denoël, 1985).
6. J.-C. Duplessy et P. Morel, *Gros temps sur la planète* (Odile Jacob, 1990).
7. A. Capart et D. Capart, *L'homme et les déluges*, op. cit., citation p. 212.
8. idem, citation p. 250.
9. C. Lorius, *Glaces de l'Antarctique* (Odile Jacob, OJ37, 1993).
10. L'exemple du glacier alpin qui s'est effondré le 12 juillet 1892 est bien connu. Une poche d'eau, estimée à 200 000 m³ creva la surface du glacier et entraîna sa *débâcle* en quelques minutes. La masse totale des divers résidus (glaces + terre + roches arrachées par le mouvement) atteignit un volume de 800 000 m³ (quatre fois supérieur à la poche d'eau initiale). Tout ce qui

existait comme arbres et comme végétation sur le passage du glacier fut arraché et le sol fut totalement "nettoyé".

11. A. Capart et D. Capart, *L'homme et les déluges*, op. cit., citation pp. 259-260.

12. idem, citation p. 262.

13. Diodore de Sicile, *Bibliothèque historique*, V, 47. Diodore de Sicile (90-20), dans sa *Bibliothèque*, raconte l'histoire universelle des origines à son époque.

14. Pour en savoir plus au sujet des déluges à travers le monde, le lecteur peut se référer à *Histoire mondiale du déluge* de Maurice et Paulette Délibéré (voir référence 3).

15. A. Cisternas, L. Dorbath, B. Delouis et H. Philip, *La préparation d'un grand séisme*, Pour la Science, 242, pp. 42-48, décembre 1997. Dans cet article, il y a une carte impressionnante (p. 43) qui indique la position des 22 séismes, avec des magnitudes entre 7,6 et 9,5, qui ont secoué la côte ouest du Pérou et du Chili entre 1868 et 1996, c'est-à-dire en 128 ans. La moyenne ressort à un grand séisme destructeur tous les 6 ans seulement. Le plus extraordinaire est le fameux séisme de 1960 dans le sud du Chili, le plus énergétique des séismes connus avec précision (magnitude 9,5), qui est associé à une rupture de la croûte terrestre sur une longueur de 1000 km.

16. Parmi les exemples assez récents de cataclysmes ayant entraîné la formation de raz-de-marée destructeurs, on peut citer les suivants : les séismes de Lisbonne en 1755 et d'Arica en 1868, et les éruptions volcaniques du Tambora en 1815, du Krakatoa en 1883 et du Katmai en 1902. Pour montrer la force de ces raz-de-marée, il suffit de se rappeler qu'à l'occasion du grand séisme dans la région d'Arica (dans le sud du Pérou) en 1868, qui a atteint la magnitude 9,0, un navire de guerre ancré dans le port d'Arica se retrouva à 4 km à l'intérieur des terres, littéralement soulevé et emporté par une vague de 13 mètres, tandis que le port et la ville étaient réduits en ruines.

17. A.-M. Gerard, *Dictionnaire de la Bible* (Robert Laffont, coll. Bouquins, avec la collaboration de A. Nordon-Gerard et P. Tollu, 1989).

18. W. Keller, *La Bible arrachée aux sables* (Presses de la Cité, 1962).

19. E.J. Opik, *News and comments : asteroids-cratering*, The Irish Astronomical Journal, 13, 1-2, pp. 59-67, 1977. Opik fut l'un des premiers astronomes catastrophistes de l'histoire moderne.

20. K.T. Frost, *The "Critias" and minoan Crete*, Journal of Hellenic studies, 33, pp. 189-206, 1908.

21. S. Marinatos, *The volcanic destruction of minoan Crete*, Antiquity, 13, 1939.

22. F. Fouqué, *Santorin et ses éruptions*, 1879. S'il avait su prendre ses responsabilités, ce chercheur aurait pu devenir l'un des grands savants du XIX^e siècle. Il a eu la chance de découvrir le premier les restes d'une catastrophe sans précédent, mais il n'a pas voulu en admettre les conséquences catastrophistes. Le cataclysme faisait peur désormais aux chercheurs de la deuxième partie du XIX^e siècle. Après avoir été un dieu, Cuvier était devenu un "repoussoir".

23. Plusieurs dates différentes circulent concernant l'explosion du Santorin, notamment celle approximative de -1500 (retenue par les premières datations) souvent conservée comme un repère, plutôt que comme une date

précise. Certains chercheurs modernes ont tenté de préciser cette date à l'intérieur d'une trop large fourchette (-1650/-1200), souvent pour la faire coïncider avec d'autres événements historiques (notamment la sortie des Hébreux d'Égypte) ou avec un souverain égyptien (plusieurs ont été retenus comme étant contemporains de l'explosion du Santorin). La date de l'automne 1628 avant J.-C. (-1627) a été proposée par des volcanologues et est donc crédible, même si elle paraît bien haute à beaucoup.

24. A.G. Galanopoulos et E. Bacon, *L'Atlantide, la vérité derrière la légende* (Albin Michel, 1969). Titre original : *Atlantis, the truth behind the legend* (1969).

25. J.-Y. Cousteau et Y. Paccalet, *A la recherche de l'Atlantide* (Flammarion, 1981).

26. On a une bonne comparaison avec l'explosion du Tambora en 1815, cataclysme assez semblable d'ailleurs à celui du Santorin et d'une énergie équivalente (magnitude 9,0 et énergie 2×10^{18} joules). Pour fantastiques qu'elles aient été, ces deux catastrophes volcaniques restent loin d'avoir dégagé une énergie comme celle du séisme du Chili (voir note 15). Il ne faut surtout pas lier obligatoirement la magnitude d'un cataclysme avec les divers dégâts associés qui peuvent être très différents selon sa nature, la région et les populations concernées.

27. M. Krafft, *Guide des volcans d'Europe* (Delachaux & Niestlé, 1974). Un guide complet et très intéressant. Sur Santorin et son histoire, voir pp. 352-367.

28. M. de Grèce, *La Crète, épave de l'Atlantide* (Julliard, 1971).

29. O. Boura, *Les Atlantides. Généalogie d'un mythe* (Arléa, 1993). Ce remarquable ouvrage rassemble une quarantaine de textes grecs, latins, espagnols, français, suédois, italiens, anglais et allemands.

30. idem, citation pp. 11-12.

31. Th. Moreux, *L'Atlantide a-t-elle existé ?* (Doin, 1949).

32. J.V. Luce, *Lost Atlantis : new light on an old legend* (McGraw-Hill, 1969).

33. C. Berlitz, *L'Atlantide retrouvée. Le huitième continent* (Rocher/France-Amérique, 1984). Titre original : *Atlantis, the eighth continent* (1984).

34. J. Deruelle, *De la préhistoire à l'Atlantide des mégalithes* (France-Empire, 1990).

35. P. Duhem, *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* (Hermann, 10 volumes, 1913-1957). Citation pp. 293-294.

36. W. Churlton et autres, *Les périodes glaciaires* (Time-Life, 1984). Titre original : *Ice ages* (1983). Le chapitre 4 : *La théorie astronomique* (pp. 119-141) explique la théorie de Milankovic et ses différentes implications.

CHAPITRE 10

LES CATACLYSMES COSMIQUES

Un avertissement en guise de prologue

Il est nécessaire, avant d'aborder l'histoire de l'impactisme depuis 13 000 ans (en liaison avec le *Younger Dryas Event* mis récemment en évidence) et le catastrophisme qui lui est associé, d'avertir le lecteur. Cela dans un souci d'honnêteté intellectuelle, car il est inutile de préciser que le sujet reste pour une bonne part spéculatif. Il est bien évident que si les choses étaient simples et la mémoire collective des hommes irréprochable, il n'aurait pas fallu attendre le début du XXI^e siècle pour connaître les grandes lignes des catastrophes cosmiques et terrestres qui ont affecté à plusieurs reprises nos ancêtres de la protohistoire et de l'Antiquité, dans leur vie sociale, et même pour beaucoup d'entre eux dans leur chair.

Comme je l'ai expliqué dans l'introduction et aux chapitres 4, 6 et 7, c'est seulement à l'époque actuelle que des éléments nouveaux et incontestables pour progresser ont été obtenus. Des éléments astronomiques surtout, grâce aux nouvelles techniques d'observation et à l'informatique. Ces progrès essentiels ont permis de mieux comprendre ce qui a pu se passer, et aussi de nous faire connaître de nombreux objets cosmiques nouveaux, dont certains sont apparentés aux comètes et aux astéroïdes responsables des catastrophes passées.

En 1982, dans *La Terre bombardée*, j'ai entrepris la première tentative de reconstitution historique de l'impactisme terrestre et de ses conséquences humaines. Depuis la seconde moitié du XIX^e siècle, plusieurs auteurs avaient déjà essayé de faire avancer le problème, à commencer par Ignatius Donnelly (1831-1901) dans un livre fameux : *Ragnarok, or the age of fire and gravel* (1), paru en 1883, mais il faut bien le dire sans réel succès, si ce n'est commercial parfois. Ces auteurs étaient pourtant souvent d'authentiques érudits, bien conscients que l'histoire ancienne des hommes était beaucoup plus complexe que celle, assez misérable, il faut bien le dire, qui était enseignée. Aucun n'était astronome malheureusement, c'est ce qui explique en partie leur échec en ce qui concerne les explications proposées.

Comme je le disais dans la conclusion de mon livre, seuls des spécialistes des astéroïdes ou des autres petits corps du Système solaire (comètes, météores) avec l'aide des spécialistes de mécanique céleste étaient en mesure d'obtenir des éléments décisifs. Et c'est bien ce qui s'est passé, ce sont les astronomes, assez nombreux maintenant à s'intéresser à ce problème essentiel, qui ont fait la différence, notamment ceux de l'école britannique néo-catastrophiste, très en pointe sur le sujet, et surtout débarrassés de tous complexes superflus. Ils surfent donc avec aisance sur un terrain quasiment vierge.

Une obligation : sortir des sentiers battus

J'ai rappelé les mésaventures d'Immanuel Velikovsky (1895-1979) dans le chapitre " *Fausse pistes* ", car son cas est exemplaire, on peut même dire caricatural. Son nom, comme ceux des autres grands pionniers du catastrophisme, est associé à un phénomène de rejet systématique. C'est encore vrai aujourd'hui (à une échelle moindre heureusement). Malgré tous les progrès récents qui montrent chaque année la réalité du catastrophisme d'origine cosmique, et comme tous les auteurs qui ont écrit sur le sujet, je ne serai pas à l'abri de critiques plus ou moins virulentes de certaines catégories de scientifiques et d'historiens trop imbibés de classicisme. La nouveauté dérange, on le sait, elle déstabilise les mandarins en place qui ont du mal à admettre que de nouvelles approches, différentes des leurs, permettent de progresser là où ils ont échoué.

Pourtant, seule une approche vraiment nouvelle peut permettre de percer d'une manière satisfaisante le voile épais qui enveloppe encore l'histoire naturelle des hommes depuis 13 000 ans. Pour progresser il est nécessaire de sortir des sentiers battus.

L'histoire mondiale des différentes civilisations du passé est pourtant assez bien connue maintenant dans son ensemble (2). Des siècles de recherches et de découvertes ont permis de broser une synthèse acceptable, bien que les documents écrits ou gravés authentiques remontant avant 2000 avant J.-C. soient rares, et qu'il subsiste de sérieux problèmes avec certaines langues mortes qui résistent à toutes les tentatives de déchiffrement. On sait que l'incendie des grandes bibliothèques de l'Antiquité et la destruction de plus d'un million de volumes et de papyrus, véritable mémoire écrite des hommes du passé, a été le plus grand fléau intellectuel qu'ait jamais connu l'humanité. C'est toute *notre Histoire* qui est partie en fumée dans cette démonstration de bêtise humaine, tare qui franchit hélas allègrement siècles et millénaires, car il est utopique d'espérer encore la découverte future de documents "miraculeux" qui éclaireraient d'un jour nouveau la protohistoire des hommes.

Ce manque de documents écrits ou gravés fait que l'on connaît très mal l'histoire naturelle des anciennes populations et civilisations. Seule leur histoire domestique est assez bien reconstituée, puisque c'est dans ce domaine que l'on trouve encore des traces indiscutables (villages, outils, bijoux, poteries, etc.). Les catastrophes naturelles qu'ont subi les populations ne sont jamais connues avec précision, mais survivent seulement camouflées sous formes de mythes plus ou moins obscurs et déformés. La meilleure preuve à ce sujet est la formidable éruption du Santorin, dont j'ai parlé au chapitre précédent, vers -1600, qui était déjà totalement oubliée dans la Grèce antique, seulement 1000 ans plus tard.

On se rend compte ainsi des difficultés qu'il y a à établir la *chronologie* et parfois la *nature* même des différents cataclysmes naturels du passé. Mais depuis le début des années 1980 les choses se sont éclaircies, grâce au

travail de nombreux scientifiques *catastrophistes*, parmi lesquels il convient de citer en premier lieu Victor Clube et Bill Napier, deux astronomes britanniques, qui ont publié ensemble deux livres essentiels : *The cosmic serpent* en 1982 et *The cosmic winter* (3) en 1990.

Ce qui est intéressant surtout, c'est que ce problème des catastrophes cosmiques est devenu un sujet d'étude *multidisciplinaire*, preuve à la fois de son intérêt et de sa crédibilité, de sa complexité aussi. Ainsi des chercheurs de formation différente, comme le physicien et mathématicien italien Emilio Spedicato, le géologue autrichien Alexander Tollmann (1928-2007), le paléocéanographe italo-américain Cesare Emiliani (1922-1995), le paléoécologiste britannique Mike Baillie, l'astronome américain Paul LaViolette, l'érudit américain Alfred de Grazia, initiateur de la quantavolution, le physicien américain Barry Warmkessel, qui publie sur son site une chronologie détaillée des impacts, le géophysicien et mythologue grec Stavros Papamarinopoulos, et deux géologues femmes, la Française Marie-Agnès Courty et l'Américaine Dallas Abbott, ont proposé des solutions nouvelles et stimulantes, sans parvenir toutefois, malgré leur notoriété reconnue et l'importance de leurs travaux, à convaincre la communauté scientifique qui reste très conservatrice dans sa majorité.

Dans *La Terre bombardée*, j'ai parlé de grands savants comme Fred Hoyle (1915-2001) et Francis Crick (1916-2004) qui ont été marginalisés d'une manière incompréhensible pour certaines de leurs recherches sortant de l'ordinaire. A plus forte raison, des chercheurs indépendants comme les Britanniques Graham Hancock et Robert Bauval, et l'ingénieur maritime italien (et amiral) Flavio Barbiero ont aussi du mal à se faire entendre de la communauté scientifique. Leur travail n'en est pas inintéressant pour autant. Au contraire ! Ils ont mis le doigt dans le domaine controversé de l'archéoastronomie, très mal connu et riche de promesses à venir.

Pour écrire ce chapitre, j'ai tenu compte des nombreuses nouveautés notées dans les chapitres précédents, mais le canevas reste le même que celui retenu pour *La Terre bombardée* de 1982. En effet, les cataclysmes retenus restent les mêmes, explicités pour certains d'entre eux par *l'hypothèse Hephaistos* qui les éclaire parfois sous un jour vraiment nouveau et qui justifie aussi leur fréquence qui paraissait un peu suspecte autrement.

L'Apocalypse de l'an 10000 avant J.-C. : mythe ou réalité ?

Dans son dictionnaire *Les archives de l'insolite*, Jean-Louis Bernard (1918-1998), un historien et érudit français, donne la définition suivante pour l'article "*Apocalypse de l'an -10000*" (4) :

" Série de catastrophes qui se produisirent vers l'an 9 ou 10000 avant notre ère, en touchant l'ensemble de la planète, et à propos desquelles il y a accord entre la Tradition et la science moderne. Enumérons ces cataclysmes : en Europe, fin de la dernière période glaciaire, peut-être à la suite d'une montée du pôle vers le

nord actuel, par compensation, le dessèchement du Sahara préclauda ou s'accéléra ; fin probable de l'archipel d'Atlantide ; en Afrique orientale, exhaussement brutal des monts, avec disparition d'une mer intérieure (aux sources du Nil) et d'un archipel (Pount), vers l'océan Indien ; exhaussement possible des Andes, avec disparition d'archipels en océan Pacifique (et isolement de la fameuse île de Pâques)... "

Cette définition n'est que très partiellement satisfaisante, car elle tente de regrouper sur une courte période plusieurs catastrophes prouvées, ou purement hypothétiques, d'époques en fait fort différentes, puisqu'elles s'échelonnent sur plusieurs milliers d'années. J'aurai l'occasion de reparler de certaines d'entre elles. Ce qu'il faut retenir, c'est que cette date de -10000 (chiffre très arrondi évidemment, simple repère chronologique en fait) est une date clé de l'histoire récente de la Terre et des hommes.

Mais d'abord, est-on vraiment sûr qu'il y a eu cataclysme ? Les avis ont été longtemps très partagés, faute de preuves incontestables. La fin rapide de la dernière glaciation est une certitude, avec ses deux conséquences principales : réchauffement du climat et surtout relèvement très important (de 100 à 180 mètres selon les régions) du niveau des eaux océaniques. Celles-ci ont complètement transformé la géographie côtière, en envahissant progressivement les différents talus continentaux. La mini-extinction de la mégafaune américaine, qui date de la fin du Pléistocène, est avérée elle aussi depuis les années 1940. La double question que se posaient les scientifiques était donc la suivante : Qu'est-ce qui a bien pu entraîner une modification aussi radicale et aussi rapide du climat ? Et pourquoi tant d'espèces animales ont disparu en si peu de temps ?

Depuis le début du XXI^e siècle, une nouvelle théorie multidisciplinaire, restée jusque-là simple hypothèse faute de preuves incontestables, souvent connue sous le nom de *l'extinction du Pléistocène*, est apparue dans la littérature scientifique. Elle est liée au phénomène géophysique et climatique connu depuis longtemps des spécialistes sous le nom de *Younger Dryas Event* (l'événement du Dryas récent en français).

L'examen approfondi de cette théorie a fait l'objet d'une importante conférence qui s'est déroulée à Acapulco en mai 2007. Elle a été suivie par de nombreux scientifiques d'horizons et de spécialités différents, qui ont apporté des contributions inédites, complémentaires et convaincantes. *L'origine cosmique de l'extinction du Pléistocène* est apparue comme une quasi-certitude. La théorie a donc pris de la consistance, nourrie par de multiples preuves et arguments souvent définitifs et incontournables. Ses promoteurs croient qu'elle est appelée à un succès comparable à celle qui a expliqué la fin cosmique des dinosaures. Ce n'est qu'une question de temps, comme toujours quand il s'agit d'une théorie nouvelle, et très importante dans le cas présent. Les mentalités ont souvent du mal à évoluer, surtout chez les anciens chercheurs qui n'aiment pas remettre en cause leurs certitudes.

Le Younger Dryas Event et l'extinction du Pléistocène

La conférence d'Acapulco de mai 2007

Plusieurs scientifiques internationaux ont reçu, début 2007, une invitation pour participer à une conférence organisée sous l'égide de l'Union géophysique américaine (l'AGU, pour *l'American Geophysical Union*), et devant se dérouler à Acapulco, au Mexique, du 22 au 25 mai 2007. D'autres, qui avaient quelque chose à dire, et qui ne voulaient pas manquer une réunion qu'ils prévoyaient historique (et elle le fut, fondatrice même d'après certains participants), se sont invités eux-mêmes. Le sujet annoncé, alléchant pour de nombreux chercheurs, était le suivant : *New Insights into Younger Dryas Climatic Instability, Mass extinction, the Clovis People, and Extraterrestrial Impacts*. Cette conférence se voulait donc résolument multidisciplinaire, seul moyen efficace pour faire confronter les différents points de vue, et donc pour faire avancer les connaissances.

Le texte de présentation de la conférence expliquait notamment :

“ La déglaciation qui a suivi la dernière période glaciaire a été brutalement et spectaculairement interrompue il y a environ 12 900 ans par un refroidissement étendu qui marque le début du Dryas récent. De nombreux signes montrent que le Dryas récent a été marqué par des changements soudains dans la configuration de la calotte glaciaire, l'assèchement soudain des lacs préglaciaires, le détournement des flots d'inondation de l'Amérique du Nord vers l'Atlantique nord, et la réorganisation de la circulation de l'eau des océans...

Le début du Dryas récent paraît avoir coïncidé également avec des changements massifs, étendus et ponctuels dans la faune et le développement culturel paléolithique centré en Amérique du Nord et en Amérique du Sud. Ceci est représenté par la plus récente de toutes les extinctions massives, la disparition de la mégafaune des Amériques, comprenant les mammouths, les chevaux et les paresseux et la fin de la culture Clovis et les autres cultures humaines paléolithiques contemporaines...

Une nouvelle hypothèse avance que le refroidissement du Dryas récent a été déclenché par des impacts extraterrestres qui ont provoqué la déstabilisation de la calotte glaciaire, le détournement des eaux d'inondation, et les changements dans les courants océaniques. Ce travail offre des preuves nouvellement découvertes d'un impact ou d'explosions aériennes extraterrestres il y a 12 900 ans, comprenant des sédiments de la période de Clovis dans toute l'Amérique du Nord avec des niveaux élevés en iridium, des sphérules magnétiques et en carbone, du carbone

ressemblant à du verre, des fullerènes, et des proportions de gaz nobles extraterrestres souvent associés aux couches carbonifères (tapis noirs) avec un biote inhabituel... » (5)

Cette extinction concernant la mégafaune d'Amérique du Nord avait été notée dès les années 1940 par l'archéologue américain Frank Hibben (1910-2002), à la suite d'une expédition en Alaska qui l'avait beaucoup marqué et qu'il a racontée dans son livre *The lost Americans* (6). Il avait trouvé dans la boue gelée des restes d'animaux disparus comme les mammoths et les mastodontes mélangés aux ossements d'animaux d'autres espèces qui ont réussi à survivre comme des bisons et des ours. Pour lui, le cataclysme de très grande ampleur ne faisait pas de doute, mais sa nature restait totalement inexpliquée.

On sait que cette décimation n'a pas seulement concerné l'Amérique du Nord, mais qu'elle s'est manifestée aussi en Europe avec les rhinocéros géants, en Sibérie avec les mammoths et les bisons et aussi dans tout le nord de la Terre. On parle d'une disparition de 80 % des grands mammifères et même de l'extinction totale de certaines espèces. Dans son livre *Les grands bouleversements terrestres* (7), paru en 1955, Velikovsky publia plus d'une centaine de citations extraites de livres et d'articles sur le sujet, qui toutes racontent la réalité et les conséquences d'un même événement. Les causes étaient indéfinies pour la majorité des auteurs qui ont traité le sujet. Velikovsky, lui, parlait de noyaux cométaires comme possibles responsables. Mais ce chercheur avait une très mauvaise image auprès des scientifiques américains, et son travail fut ignoré, à tort. Dans les années 1950, le catastrophisme n'était vraiment pas à la mode !

Tous les animaux retrouvés gelés ont, semble-t-il, été surpris par un événement imprévisible et imparable qui ne leur a pas laissé le temps de se mettre à l'abri. En un seul jour, la vie a été anéantie en de nombreux endroits. Dès les années 1940, tous les scientifiques qui ont étudié les divers débris et les terrains choqués ont été obligés d'admettre que la théorie de l'uniformitarisme, en vogue à l'époque, ne pouvait pas rendre compte des effets produits, et qu'il était nécessaire de mettre en jeu *un événement cataclysmique*. Mais lequel ? Hibben a simplement écrit : « *La période du Pléistocène a fini dans la mort. Ce n'était pas une extinction ordinaire d'une période géologique vague qui s'est finie dans une fin incertaine. Cette mort était catastrophique et globale.* » Mais lui aussi a un peu parlé dans le vide.

De l'aveu même des scientifiques qui y ont participé, la conférence d'Acapulco de mai 2007 a été très bénéfique pour l'amélioration globale des connaissances sur le sujet, dans la mesure où ils ont pu échanger leurs points de vue, expliquer leurs observations, leurs données et leurs simulations aussi, et tenter de trouver un scénario plausible et acceptable pour ce *Younger Dryas Event* qui est devenu également un phénomène astronomique puisque l'impact cosmique (comète ou astéroïde) ne fait plus de doute.

La nouvelle théorie

On envisage désormais une comète de 2 ou 3 km de diamètre (certains spécialistes parlent même de 4 km), venant probablement du nord-ouest, qui se serait fragmentée en entrant dans l'atmosphère au-dessus de l'Amérique du Nord. L'impact a été le déclencheur, la cause du cataclysme le plus important qu'ait connu notre planète depuis 13 000 ans. Maintenant sa compréhension globale ne peut être que multidisciplinaire puisque plusieurs sciences sont concernées (8).

La comète (ou un fragment majeur) a heurté l'immense glacier qui recouvrait la région des grands lacs. On parle aussi de la baie de l'Hudson un peu plus au nord. L'inlandsis laurentidien aurait été partiellement déstabilisé, phénomène qui aurait entraîné la vidange partielle du réservoir d'eau douce constitué par le lac Agassiz qui était le plus grand lac glaciaire d'Amérique du Nord. On pense qu'il pouvait mesurer 1500 km de long et 1100 km de large et qu'il avait une profondeur moyenne de l'ordre de 200 mètres. Une grande quantité d'eau douce et froide aurait ainsi été injectée dans l'Atlantique nord, entraînant une très importante baisse de la température (on parle de 5 degrés).

Les chercheurs de diverses disciplines ont analysé une cinquantaine de sites archéologiques américains liés à la culture dite de Clovis. Ils y ont trouvé une fine couche riche en carbone datant de 12 900 ans, avec une condensation anormale d'iridium, élément presque toujours associé à un événement extraterrestre. Des nanodiamants et des fullerènes ont également été découverts, ce qui a encore renforcé l'hypothèse de l'origine cosmique de la catastrophe.

On comprend donc que la comète a été le déclencheur de toute *une réaction en chaîne* associée à de multiples événements climatiques, géologiques, paléontologiques, sans parler évidemment des *conséquences humaines* qui ont dû être épouvantables, non seulement en Amérique, mais dans tout le nord de la Terre. On pense notamment à un ou plusieurs tsunamis géants qui auraient balayé les côtes européennes. L'Europe a elle aussi été concernée parce que l'on a retrouvé des traces du cataclysme cosmique en Belgique (sur le site de Lommel, dans le nord du pays).

Le géologue néerlandais Johan Kloosterman, qui a étudié le site de Lommel, espère pouvoir démontrer que c'est le même cataclysme qui a mis fin à la culture magdalénienne en fouillant certains abris sous roche du Périgord. S'il réussit à trouver les preuves indispensables, c'est toute l'histoire des hommes qui sera remise en cause. Le catastrophisme d'origine cosmique ne pourra plus être ignoré.

De plus, l'hypothèse cométaire permet d'expliquer assez bien l'important refroidissement constaté à cette période et qui aurait duré un bon millier d'années. Les particules issues de l'explosion de la comète auraient

augmenté d'une manière importante l'absorption de l'énergie du Soleil, phénomène qui aurait accéléré la fonte du glacier.

Certains scientifiques croient aussi aujourd'hui que les fameuses *Carolina Bays*, qui existent par centaines de milliers dans l'ouest des Etats-Unis, pourraient avoir été formées par effet de souffle à l'occasion de ce cataclysme cosmique. On a trouvé dans certaines d'entre elles des traces (d'iridium notamment) qui semblent conforter l'hypothèse astronomique pour leur formation. On sait que l'absence de météorites et d'impactites dans et à proximité de ces structures ont toujours fait douter d'une origine extraterrestre pour les *Carolina Bays*, mais en fait elles s'intègrent bien dans un cataclysme global.

L'astronomie propose deux autres solutions possibles pour expliquer la cause de cette "*Apocalypse de l'an -10000* ", une astéroïdale et l'autre cométaire. Je vais en dire quelques mots.

L'hypothèse Sithylemenkat

J'ai déjà parlé du cratère météoritique de *Sithylemenkat*, découvert en 1972 par le satellite Landsat 1, dans une région montagneuse et déserte de l'Alaska. Cette découverte a permis d'envisager une corrélation avec la fin de la dernière glaciation, puisque l'on a attribué (approximativement) un âge de 12 000 ans à ce cratère.

Une première étude géologique et géographique de la région eut lieu en 1969, avant même que l'on soupçonne l'origine météoritique du cratère (9), puisque vu du sol, rien ne semble indiquer son caractère exceptionnel. Il s'agit d'une vaste dépression de 12,4 km de diamètre et de 500 mètres de profondeur. Son nom dans l'idiome local signifie "le lac dans les collines", car au fond de la dépression existe un lac de 3 km environ de diamètre. Des échantillons prélevés à l'intérieur du cratère montrèrent une proportion anormale de nickel qui étonna les chercheurs. D'autant plus que cette forte concentration de nickel fut également mise en évidence dans des échantillons périphériques à la dépression elle-même. En outre, une étude magnétique de la région indiqua une anomalie négative associée avec cette dépression, ce qui signifie une intense fracturation du lit du cratère, en dessous de la zone d'impact.

S'il n'est pas reconnaissable du sol comme cratère d'impact, par contre *Sithylemenkat* fut immédiatement repéré par le premier Landsat, comme ce fut d'ailleurs le cas pour plusieurs autres formations disséminées dans le monde entier. Des reconnaissances aériennes effectuées en 1976 ont montré la présence de fractures dans les murs du cratère, et son origine cosmique n'est pratiquement plus contestée.

L'énergie cinétique libérée lors de l'impact de *Sithylemenkat* est de l'ordre de $1,1 \times 10^{20}$ joules. Cette valeur est donc comparable à l'énergie dégagée par les deux événements les plus cataclysmiques de l'époque historique :

l'éruption du Tambora en 1815 et le séisme du Chili en 1960. Cependant, bien que cette énergie dégagée ne soit pas extraordinaire en elle-même, il n'est pas tout à fait exclu qu'elle ait servi comme énergie additionnelle pour mettre en route, ou pour accélérer, un glissement de la lithosphère (rigide) sur l'asthénosphère (visqueuse) sous-jacente. Ce glissement aurait pu durer quelques dizaines ou centaines d'années et amener le pôle géographique à son emplacement actuel. J'ai parlé au chapitre 13 de ces migrations polaires auxquelles quelques (rares) scientifiques croient fermement, même si leurs causes, qui peuvent être multiples, restent encore mal connues.

Mais est-il vraiment crédible que le dernier déplacement soupçonné ait pu faire dériver l'écorce terrestre sur près de 3000 km, comme l'a écrit Charles Hapgood (1904-1982), et amener le pôle géographique nord de la baie d'Hudson à son emplacement actuel ? Bien que ce mécanisme explique parfaitement la fin subite de la glaciation, beaucoup de chercheurs pensent plutôt à un cataclysme de moindre envergure.

Il faut retenir deux choses concernant Sithylemenkat. D'abord la présence de nickel à l'intérieur et autour du cratère signifie obligatoirement l'impact d'une sidérite ou d'une sidérolithe. Ce qui exclurait que ce soit un fragment de *Hephaistos*, objet carboné d'origine cométaire. Ensuite on peut remarquer que la simple collision d'un EGA de 600 mètres, comme ce fut le cas à Sithylemenkat, c'est-à-dire dans une région proche du cercle polaire, est capable de faire des dégâts très importants au niveau de la cryosphère. La fantastique chaleur dégagée a pu perturber la distribution des glaces sur plusieurs milliers de kilomètres carrés, mais de là à envisager qu'elle ait pu entraîner une déglaciation générale, il y a une marge infranchissable.

L'hypothèse Sithylemenkat n'est pas incompatible avec la précédente. Il est possible que l'impact de l'astéroïde ait précédé l'impact cométaire de quelques milliers d'années. On sait que la courbe des variations climatiques comprises entre 20 000 et 10 000 ans comprend plusieurs hiatus qu'un impact cosmique (comète ou astéroïde) pourrait fort bien expliquer.

Un impact d'astéroïde dans l'Atlantique ?

Cette hypothèse de *l'impact océanique* (ou partiellement océanique s'il y a eu désintégration de l'objet responsable dans l'atmosphère) a déjà été proposée par plusieurs auteurs, notamment par l'ingénieur et érudit allemand Otto Muck (1892-1956) (10) au début des années 1950. Comme Velikovsky, il s'est un peu discrédité en donnant une date trop précise pour l'impact de l'astéroïde responsable : le 5 juin de l'année 8498 avant J.-C. dans le calendrier grégorien, date qui selon lui correspondrait au jour Zéro de la chronologie des Mayas, qui on le sait remonte à plusieurs milliers d'années. Le jour de l'impact serait également d'après Muck, le fameux jour de la disparition de l'Atlantide (celle de Platon). Il donne de multiples raisons et arguments pour justifier son hypothèse, mais il n'a jamais pu convaincre le monde scientifique (très conservateur) de son époque.

Muck a pressenti aussi que les *Carolina Bays* pourraient être liées à l'impact de l'objet cosmique et qu'elles auraient été formées par effet de souffle. Cette hypothèse, longtemps discréditée, refait actuellement surface et pourrait bien être la bonne, comme je l'ai expliqué dans la section précédente. Ouragan et tsunami d'origine cosmique semblent bel et bien avoir eu lieu.

Il faut donc revenir à l'idée de Georges Cuvier (1769-1832) dont j'ai rapporté les propos au chapitre 3 : cette "vague" géante qui a inondé les continents. En fait, la meilleure explication est la formation d'un tsunami d'origine cosmique, consécutif à un important impact océanique ou dans une région glacée qui a instantanément fondu. Ce tsunami, qui pourrait avoir atteint plusieurs centaines de mètres de haut d'après certaines simulations, s'est transformé en un gigantesque mur d'eau et de boue au fur et à mesure de son avance sur les continents. Il a pu tout balayer sur son passage, et détruire en un instant plusieurs peuplades de l'époque, notamment celles qui vivaient à proximité des côtes, et faire reculer la civilisation de quelques milliers d'années. On sait que la culture américaine de Clovis a pratiquement été anéantie à cette époque comme l'a montré Hibben dans les années 1940. Le recul démographique, mais aussi culturel, a dû être très important pour les générations qui ont suivi celle qui a été victime directe du cataclysme.

C'est probablement cette catastrophe obscure qui est restée dans la mémoire des hommes comme étant le Chaos ou l'Apocalypse, la vraie, la première, celle qui a survécu dans le subconscient des hommes à travers les millénaires. Elle a pu se doubler d'une période de recul, durant laquelle l'homme survécut misérablement, conscient de sa faiblesse face aux forces cosmiques, d'où la mise en place d'un panthéon de divinités protectrices. Mais l'aventure humaine allait reprendre son essor vers le Néolithique, quand les séquelles de la catastrophe s'estompèrent pour ne plus devenir qu'un souvenir d'apocalypse transmis de génération en génération.

Un leurre : l'Atlantide atlantique de Platon

Cette époque voisine de -10000 a été souvent utilisée par les auteurs qui ont écrit sur *l'Atlantide*. On sait, en effet, que Platon (427-347) racontait dans ses deux récits, le *Timée* et le *Critias*, que c'est à cette date que s'était engloutie l'île mythique (et très controversée dès l'Antiquité), suite à un cataclysme dont il ne précisait pas d'ailleurs la nature mais qui remontait à soi-disant 9000 ans avant lui. Plus de 5000 livres ou articles ont, dit-on, été écrits sur le sujet, et je n'y reviens brièvement que pour faire deux remarques. D'abord, il est possible que le tsunami géant (s'il a réellement eu lieu) déclenché par un impact océanique ait détruit, outre bien sûr les populations, quelques petites îles et modifié quelque peu la géographie côtière de l'époque. Mais il ne peut avoir englouti définitivement une île grande "comme l'Asie (mineure) et la Libye réunies" pour reprendre l'expression de Platon. On pourrait certes alléguer qu'un impact sérieux a provoqué des séismes d'une magnitude extrême et englouti des continents entiers, mais l'examen des fonds océaniques n'a jamais confirmé ces engloutissements.

Ce qui est sûr, par contre, c'est que la fonte des glaces (quelle que soit sa cause) a fait remonter sensiblement le niveau des océans, et que cette montée des eaux a rayé de la carte bon nombre de terres anciennement émergées. Mais les océanographes n'ont eu aucune peine à démontrer que cette montée des eaux a été progressive et s'est étalée sur plusieurs milliers d'années, en liaison avec le réchauffement général du climat de la planète. Donc, on peut dire que le tsunami a éliminé *les populations* côtières et îliennes et que la transgression marine a noyé des îles et plusieurs millions de kilomètres carrés de terres anciennement habitées.

Un impact sérieux en Autriche vers -7800

Le village de *Köfels* se trouve à environ 60 km au sud-ouest de Innsbrück dans le Tyrol autrichien, à 400 mètres d'altitude par rapport au fond de la vallée du massif de l'Ötztal. Il intéresse depuis longtemps les géologues, car sur son territoire se trouve une formation de 5 km de diamètre que l'on soupçonne d'être le plus récent des grands cratères d'impact terrestres. C'est une formation de montagne qui ne présente pas la netteté d'un cratère de plaine et qui pose des problèmes non résolus. Certains géologues modernes anticatastrophistes ne veulent même pas en entendre parler, ne voyant dans le "cratère" de Köfels qu'un résidu d'*éboulement* gigantesque. Pour eux, la montagne se serait effondrée pour une raison indéterminée, peut-être un tremblement de terre, peut-être aussi en liaison avec la fonte des glaces.

Il n'empêche que ces géologues sont bien en peine pour expliquer les éléments dont je vais parler maintenant. On a trouvé, en effet, dans la région de Köfels de nombreux verres ressemblant à des pierres ponces vésiculaires qui ont été étudiées dès le XIX^e siècle. Ces verres ont une composition chimique qui peut être expliquée par une courte et incomplète fusion à très haute température des roches préexistantes, suivie d'un très rapide refroidissement.

Les premiers chercheurs qui ont analysé ces verres, notamment Adolf Pichler (1819-1900) en 1863 et W. Hammer en 1923 (11), les ont interprétés comme étant les produits d'un événement volcanique, quoique aucun volcanisme récent ne soit connu dans les Alpes, et que la structure de Köfels n'ait rien d'une bouche volcanique. Conscients de ces anomalies, Otto Stutzer (1881-1936) en 1936 et Franz Suess (1867-1941) en 1937 ont proposé l'origine cosmique pour le cratère et les verres qui seraient donc bel et bien des *impactites*.

Depuis 1966, plusieurs géologues les ont étudiés à nouveau et ont confirmé qu'ils ne peuvent être volcaniques. De plus, le cratère a gardé des traces de la collision et on a pu mettre en évidence certains effets de *métamorphisme de choc*. C'est sûr qu'il y a eu éboulement, mais celui-ci a été la *conséquence* de l'impact qui a "cassé" la montagne. On doit donc parler pour l'origine du cratère de Köfels de "impact + éboulement", alors que d'autres géologues veulent s'en tenir d'une manière restrictive à l'éboulement sans impact, ignorant les impactites qui demandent pour être formées une énergie d'une

ampleur nettement supérieure à celle résultant d'un éboulement, même si celui-ci est d'envergure, ce qui a été le cas de toute manière.

Récemment, on a parlé aussi de traces d'*iridium*. Si cette découverte était confirmée, ce serait la preuve qu'il y a bel et bien eu impact cosmique. D'ailleurs, le cratère de Kōfels a été remonté en catégorie 2 des structures d'impact (les probables). Pendant des années, selon les auteurs, Kōfels était classé en catégorie 3 (les possibles) ou même 4 (structures rejetées). D'ici quelques années, Kōfels pourrait très bien passer en catégorie 1 (structures certaines). Il prendrait alors un autre "statut", confirmant l'impact très récent d'un objet d'envergure sur la Terre, avec toutes les conséquences terrestres et humaines qui en découlent.

Car ce qui est particulièrement intéressant avec Kōfels, c'est l'extrême jeunesse du cratère et des verres, notée dès les premières recherches. Toutes les datations modernes et précises ont confirmé cette jeunesse puisque la collision ne remonte qu'à *9800 ans environ*, soit autour de *la date historique -7800*. A noter donc que ce cataclysme est plus récent de 3100 ans environ que celui du Younger Dryas Event, qui fut une catastrophe d'une tout autre envergure. Je signale que l'âge de Kōfels a été réévalué à la hausse récemment, puisque longtemps on a admis pour le site un âge moins important : 8500 ans, donc une date historique voisine de -6500 seulement.

Pour former le cratère de Kōfels, il a fallu un petit astéroïde de 250 mètres de diamètre environ, très probablement d'origine planétaire. L'impact, selon les normes classiques, a libéré une énergie de l'ordre de $8,2 \times 10^{18}$ joules, soit l'équivalent d'un très important séisme de magnitude 8,6. Un tel séisme reste cependant inférieur à celui relativement bien connu de Lisbonne, en 1755, qui libéra une énergie voisine de 10^{19} joules. On sait que ce cataclysme de triste mémoire reste à ce jour le principal séisme qui se soit produit en Europe depuis plus de 500 ans et le seul qui a probablement approché sans l'atteindre la magnitude 9,0.

Même si la collision de Kōfels n'a pu avoir que des incidences régionales au niveau énergétique, il est certain que le volume de débris expédiés dans l'atmosphère a été très important. Il y a eu probablement désintégration complète à l'instant de l'impact, puisqu'on n'a pas retrouvé de météorites dans la région. Comme pour d'autres cataclysmes similaires, les poussières résiduelles se sont dispersées sur pratiquement toute l'Europe (et sans doute au-delà) et ont entraîné une période de "ténèbres", ou tout au moins un obscurcissement de l'atmosphère, de plusieurs jours ou même plusieurs semaines, le temps que celle-ci se débarrasse de cet aérosol.

Cette collision probable remonte à -7800, et bien que la vallée de l'Ötztal n'ait sans doute été qu'assez peu peuplée à cette époque, il est probable qu'elle a été observée dans toute l'Europe centrale. La boule de feu avant l'impact a dû être formidablement brillante, aveuglante même, et les populations ont dû croire que le Soleil (ou un soleil) tombait sur la Terre. On peut donc penser que ce cataclysme a eu, avec d'autres non identifiés encore

avec précision, des répercussions sur la mise en place de concepts religieux, sur la croyance en l'effondrement de la voûte céleste, et sur cette peur panique qu'avaient les Anciens que le ciel leur tombe sur la tête. L'impact de Köfels est l'un des jalons les plus reculés qui permettaient aux auteurs de l'Antiquité d'affirmer que la chute du ciel est cyclique.

On comprend mieux que la transmission de bouche à oreille d'un tel événement pendant plusieurs milliers d'années ait débouché sur de nombreuses variantes régionales. Plusieurs chutes de météorites beaucoup moins importantes ont aussi été observées par la suite, et elles ont sans doute servi à entretenir ce mythe de la chute du ciel, car ce n'est pas quand même tous les millénaires que tombe sur l'Europe un astéroïde d'un diamètre de 250 mètres, comme celui qui forma le cratère de Köfels.

"La Nuit de l'écroulement des mondes" des anciens Égyptiens

Le *Livre des Morts des anciens Égyptiens* (12) est l'un des plus vieux documents que les hommes du passé nous ont légués. Il existait déjà (tout au moins les chapitres les plus importants) vers 2700 ans avant J.-C., sous le règne du pharaon Men-kau-ra de la IV^e dynastie. Mais il pourrait remonter encore plus loin et dater du IV^e millénaire avant notre ère.

L'un des leitmotivs de ce *Livre des Morts* est la succession de catastrophes cosmiques qui a prévalu depuis la création des hommes, la fréquence de l'écroulement des mondes. Les cataclysmes cosmiques rappelés sommairement, et sans détails précis, sont obligatoirement antérieurs à -2700 et ne peuvent être confondus avec le cataclysme beaucoup plus récent dont je parlerai plus loin. Tout ce que l'on peut dire c'est que ces anciennes catastrophes cosmiques furent une réalité, même s'il n'est pas facile de savoir à quoi elles correspondent exactement et surtout quelles ont été leurs conséquences. Le *Livre des Morts* insiste particulièrement sur " *la Nuit de l'écroulement des mondes* " qui semble avoir été une catastrophe de réelle envergure, tout au moins au niveau de l'Afrique du Nord dans son ensemble.

Un impact en Afrique du Nord

De nombreux arguments laissent à penser que l'Afrique du Nord a probablement été victime d'un impact cosmique d'origine cométaire assez important, qui pourrait dater du début du V^e millénaire ou même de la fin du VI^e millénaire avant J.-C. (autour de la date historique -5000). Plusieurs auteurs sérieux pensent en effet que l'Égypte archaïque était très différente géographiquement de l'Égypte historique, qui commence pratiquement avec Ménès, le pharaon qui vécut vers -3300 et qui fonda la première dynastie. Tous les documents semblent indiquer que les premiers Égyptiens venaient de l'ouest (13), d'où ils furent chassés par ce fameux cataclysme cosmique, et qu'ils s'intégrèrent avec une seconde ethnie venant du sud, à une population beaucoup plus primitive qui vivait déjà sur les bords du Nil.

Cette migration forcée des pré-Égyptiens pousse tout naturellement à soupçonner un impact saharien. Car ce n'est un secret pour personne, il est certain que cette zone immense, qui est aujourd'hui le plus grand désert du monde (avec environ huit millions de kilomètres carrés) et l'un des plus arides, était un territoire fort accueillant et verdoyant, habité dès la haute préhistoire. L'ancien Sahara était baigné par un grand fleuve, le fleuve des Tritons, qui coulait du sud au nord, parallèlement au Nil, et au bord duquel évidemment devaient vivre principalement les populations de l'époque. Le tracé de ce très étonnant fleuve fossile, fort important apparemment, a pu être reconstitué avec précision car il a laissé son empreinte indélébile, même si de nos jours elle n'est pas évidente pour les non-spécialistes. Le fleuve des Tritons descendait du Hoggar, et après un cours de 2000 km et la traversée de deux lacs importants (lacs Tritonis et Pallas) se jetait dans le golfe de Gabès, qui avait une géographie différente de celle d'aujourd'hui. Ce n'était donc pas un simple ruisseau saisonnier, et depuis des millénaires il contribuait avec ses différentes ramifications à humidifier et à rendre prospère une vaste région.

La désertification du Sahara a toujours étonné les spécialistes des climats par sa rapidité fulgurante, notamment son début, car ensuite les choses s'enchaînent naturellement selon un processus bien connu. On le voit encore de nos jours avec l'avance catastrophique des sables et le recul parallèle de la vie dans le Sahel. Faire croire que ce sont quelques troupeaux de chèvres et autres animaux domestiques qui ont été *la cause* de la désertification des huit millions de kilomètres carrés du Sahara est une plaisanterie.

Il est beaucoup plus logique de penser que ce phénomène est dû au départ à un *cataclysme naturel*. Celui-ci n'a jamais pu être identifié, ni localisé avec précision, car il remonte à plusieurs milliers d'années, mais toutes les mythologies des peuples autochtones et périphériques, que ce soient les Égyptiens, les Marocains, les Berbères, les Touaregs et d'autres, parlent de *cataclysme cosmique*. Ce n'est pas pour rien. Il semble raisonnable d'opter pour l'explosion dans la basse atmosphère, comme en juin 1908 avec le cataclysme de la Toungouska, d'un objet cométaire, ou d'origine cométaire. L'hypothèse *Hephaistos* permet maintenant d'envisager sérieusement l'impact d'un des innombrables fragments générés par la désintégration de cet ancien centaure venu il y a quelques dizaines de milliers d'années dans le Système solaire intérieur.

Cette importante explosion dans l'atmosphère serait à *la base du processus de désertification*. Nous avons vu comment une telle explosion peut rayer toute vie sur plusieurs milliers de kilomètres carrés. Des incendies immenses de forêts, l'absence totale de végétation durant plusieurs années dans une région torride ont des conséquences climatiques et écologiques certaines. Les précipitations s'affaiblissent, la sécheresse s'installe, ce qui accélère ensuite l'ensablement, les fleuves et rivières s'assèchent et la désertification peut ainsi gagner très rapidement du terrain.

Des populations traumatisées

Ce scénario explique fort bien que les habitants de la région sinistrée aient été obligés d'émigrer vers les régions périphériques. Ce fut le cas pour les pré-Égyptiens, mais aussi pour d'autres peuples martyrs, ancêtres des populations actuelles d'Afrique du Nord. D'autre part, cette explosion dans l'atmosphère a pu entraîner une augmentation de la radioactivité (comme dans la région sinistrée de la Toungouska) et des radiations anormales et dangereuses. Le taux de radioactivité locale et régionale a pu dépasser les seuils supportables pour l'organisme humain. De nombreux textes du passé, qui ont été raillés un peu à la légère par des savants ignorant tout de l'impactisme terrestre, parlent de pollution biologique et même psychique.

Cette pollution biologique a pu déboucher à la fois sur une dégénérescence des cellules (du fait de brûlures et de cancers, notamment de la peau), et à la limite sur une dégénérescence de certaines espèces dans leur ensemble, et sur un gigantisme (noté dans la région sinistrée de la Toungouska) probablement sans avenir durable. Or de nombreuses légendes parlent d'êtres dégénérés et de géants existant à l'époque protohistorique. Sont-elles tout à fait dénuées de fondement ? Ce n'est pas si sûr. Hésiode et Homère qui vivaient au premier millénaire avant J.-C. parlent encore de géants dégénérés, de Titans, de Cyclopes (14) et autres créatures suspectes. On raconte même que ces géants auraient survécu jusque vers l'an 1000 avant J.-C. dans le Haut-Atlas marocain, où la tradition populaire les prétendait cannibales.

On sait de manière formelle depuis l'événement de la Toungouska (même si certains chercheurs occidentaux, qui n'ont pas eu accès au site avant les années 1980, le nient avec véhémence), qu'une explosion dans l'atmosphère peut déboucher sur des mutations dans la faune et la flore par suite de radiations. Ce souvenir d'une population de géants, ou même de monstres, qui étonnaient tant les auteurs du monde antique, au point qu'ils ont consigné leur existence dans leurs chroniques et leurs légendes, était peut-être bien basé sur des faits et des observations réels.

L'avenir pourra peut-être confirmer cet impact saharien, le dater avec précision quand on connaîtra mieux le passé des fragments de *Hephaistos*, et aussi localiser la région de l'impact d'une manière plus précise. En tout cas, cette hypothèse saharienne présente de multiples avantages, car elle explique d'une manière fort plausible à la fois le début ou l'accélération de la désertification du Sahara, l'exode des pré-Égyptiens et leurs innombrables allusions à cette *Nuit de l'écroulement des mondes* qui, apparemment, les avait sérieusement traumatisés. Bien que sa datation soit délicate, je penche pour moins de 2000 ans avant Ménès, vers -5000. Mais les astronomes du XXI^e siècle devraient pouvoir sensiblement améliorer la précision de cette datation, très approximative pour le moment.

Un impact dans le Pacifique vers -2350

Dans toutes les régions du monde, les peuples anciens ont laissé pour la postérité des histoires concernant des déluges plus ou moins importants (15), conséquences de cataclysmes assez divers mais toujours meurtriers (crues exceptionnelles, pluies torrentielles durant plusieurs jours ou même plusieurs semaines, raz de marée, ouragans, déglaciation, rupture de digues naturelles, etc.). Le plus connu en Occident est bien sûr le Déluge biblique qui aurait eu lieu *vers -4000*, d'après certaines sources archéologiques et non plus d'après la Bible (qui le situe plus tard dans le temps), et qui aurait été causé soit par une crue exceptionnelle de l'Euphrate, soit par un raz de marée sismique venu du golfe Persique, peut-être en rapport avec la montée irréversible des eaux océaniques.

Mais ce Déluge, qui a bénéficié d'une publicité toute particulière du fait qu'il figure en bonne place dans la Bible n'est probablement pas le plus important qu'ait connu la Terre depuis 13 000 ans. Parmi ces récits de *déluges*, plus ou moins obscurs du fait qu'il s'agit de catastrophes protohistoriques, plusieurs semblent concerner un même événement assez important, qui pourrait avoir été consécutif à *l'impact d'un astéroïde ou d'une comète* dans l'océan Pacifique (l'océan Oriental des Anciens) *autour de -2350*, époque à laquelle plusieurs civilisations anciennes étaient en place et rayonnaient autour d'elles.

Certains peuples anciens de la région parlent dans leurs légendes et traditions d'une "étoile tombée du ciel" ou d'une "énorme boule de feu" qui serait tombée dans l'océan ou même sur d'anciennes terres émergées, englouties depuis la catastrophe. Comme je l'ai rappelé au chapitre 1, en Chine c'est le dragon Kong-Kong qui aurait fait écrouler l'une des colonnes du ciel un jour de colère en lui donnant un coup de tête et qui aurait provoqué le déluge. Toutes ces histoires ont un point commun : c'est l'origine astronomique du cataclysme, un objet cosmique est entré en collision avec la Terre. Événement qui n'étonnera plus outre mesure les lecteurs qui auront lu ce livre avec attention, puisqu'il se produit régulièrement depuis que notre planète existe. Les océans sont les principales surfaces terrestres visées, puisqu'elles occupent 71 % de la surface totale, et il est donc tout à fait logique qu'elles soient concernées par des collisions qui ont laissé leur empreinte, sinon physique, du moins historique et mythologique, dans l'histoire des peuples du passé.

La thèse du continent perdu dans le Pacifique (Mû ou un autre) a toujours passionné les amateurs de mystère et d'insolite, mais elle n'a jamais pu être confirmée par la science, notamment par les recherches océanographiques qui se sont multipliées depuis une soixantaine d'années. Les fonds océaniques sont bien connus de nos jours, et leur formation et leur renouvellement constant à l'échelle géologique parfaitement explicités. Il est vrai cependant que les énigmes concernant la région restent nombreuses,

notamment celles liées à l'origine de l'île de Pâques (16) et que des surprises de taille restent possibles. Ce qui est fort plausible pour le moment, c'est l'impact d'un objet cosmique qui remonterait à 4350 ans et ses diverses conséquences que nous allons examiner.

La collision a pu se produire à l'époque de Yao, l'un des empereurs légendaires de la Chine qui aurait vécu vers 2350 avant notre ère. A son époque, on signale plusieurs catastrophes qui ne seraient en fait que des sous-produits de l'impact. D'abord, un tsunami terrible qui aurait ravagé l'Asie du Sud-est et notamment la Chine, et englouti des îles du Pacifique et même de l'océan Indien. La vague de plusieurs dizaines ou centaines de mètres ("elle montait jusqu'au ciel" racontent les légendes) aurait provoqué des inondations terribles. Ces inondations auraient été à la fois d'origine maritime, mais dues également d'autre part à des crues gigantesques, consécutives à des pluies torrentielles.

Nous avons vu plus haut que les collisions océaniques peuvent faire bouillir la mer, du fait de la chaleur engendrée (plusieurs milliers de degrés) et entraîner des quantités énormes de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Cette vapeur d'eau se condense en nuages et provoque par la suite des pluies exceptionnelles que l'on peut assimiler à des déluges. Ainsi l'inondation se produit de trois côtés à la fois : de la mer, du ciel et des fleuves gonflés par les pluies diluviennes et qui quittent rapidement leur lit habituel. L'eau ne peut plus s'écouler pendant plusieurs semaines.

Ce cataclysme pourrait être bel et bien lié au *Déluge biblique* dont j'ai parlé au chapitre 2. Il faut se rappeler l'hypothèse (fausse) de Whiston et de sa comète de 575 ans, qui était contemporaine du Déluge, daté par les théologiens à 2349 ans avant l'ère chrétienne et aussi le fait que Noé aurait pu vivre en Chine à la même époque. Coïncidence ou relation de cause à effet ? Les astronomes du XVIII^e siècle se posaient déjà la question, et certains n'étaient pas loin de répondre positivement.

Enfin, si les légendes chinoises de l'époque ont un fond de vraisemblance, il n'est pas exclu que cette partie de l'Asie ait été victime de l'impact de plusieurs fragments mineurs d'un objet plus volumineux, ayant peut-être un rapport avec la désintégration de *Hephaistos*.

La collision qui a bouleversé l'ordre du monde à la fin du XIII^e siècle avant J.-C.

Deux questions essentielles : quel objet et pourquoi cette date ?

Avec cette collision dont j'ai déjà beaucoup parlé tout au long de ce livre, on arrive à la dernière grande catastrophe d'origine cosmique qu'a subie la Terre. D'autres événements ont été postérieurs à celui-ci, comme par exemple la collision de l'époque de Josué, plus récente de seulement une

quarantaine d'années et que j'ai évoquée au chapitre 2, mais aucune n'a pu atteindre l'ampleur de celle-ci qui a eu des répercussions sur au moins trois continents, l'Afrique, l'Asie (dans sa partie occidentale) et l'Europe.

Au chapitre 18, j'ai évoqué les cataclysmes terrestres qui ont eu lieu au II^e millénaire dans le Bassin méditerranéen, pour bien les différencier. L'éruption volcanique du Santorin, notamment, a toujours plus ou moins interféré avec le cataclysme cosmique et de nombreux auteurs l'associent encore aux Plaies d'Égypte et à l'Exode, bien que les époques diffèrent de quatre siècles. Il est exclu que le début de cet Exode des Hébreux se soit passé avant le XIII^e avant J.-C., même si le problème du Pharaon incriminé dans cette histoire, et c'est un élément vraiment important, n'a été définitivement élucidé que durant le dernier quart du XX^e siècle.

Certains égyptologues penchent encore pour Ramsès II (17), mais il s'agit déjà d'un combat d'arrière-garde. Le pharaon de l'Exode est très probablement le treizième fils de Ramsès II, connu sous le nom de Merenptah (et souvent en France sous celui de Mineptah) qui lui a succédé et qui a régné au moins cinq ans et au plus dix ans (de 1213 à 1203 avant J.-C. d'après les Égyptologues modernes). Les dates de règne de ces pharaons qui varient suivant les auteurs, selon qu'ils utilisent la chronologie *haute* ou la chronologie *basse*, d'une bonne vingtaine d'années (ainsi pour Ramsès II, la date de sa mort est 1236 avant J.-C. pour certains et 1213 pour d'autres), sont précisées aujourd'hui.

En toute logique, c'est la chronologie basse qui s'impose aujourd'hui pour des raisons astronomiques et historiques (18) et je l'utilise également, contrairement à ce que j'avais fait en 1982. De ce fait, le cataclysme de -1225 dont je parlais se trouve avancé en -1208 (c'est-à-dire 1209 avant J.-C., date historique qu'il est bon de retenir) (19) pour des raisons que je vais développer.

Les choses ayant sérieusement évolué depuis 1982, je rappelle d'abord rappeler ce que j'écrivais alors (pp. 236-237) pour répondre aux deux questions de base qui se posaient : quel type d'objet et pourquoi cette date ?

" Certains auteurs croient à une comète très importante, mais en fait c'est peu probable pour plusieurs raisons, dont la principale est que les impacts de comètes actives sur la Terre sont des événements extrêmement rares, puisqu'il ne s'en produit pas un seul en moyenne par million d'années. Nous penchons plutôt pour un cataclysme "courant" : l'impact d'un EGA cométaire qui s'est fragmenté en plusieurs morceaux et qui a eu tendance à se désagréger et à s'émietter tout au long de sa trajectoire intra-atmosphérique. Nous aurons l'occasion de voir pourquoi.

La date de -1225 résulte principalement de l'examen des textes égyptiens, notamment ceux découverts à Médinet Habou (partie sud de l'ancienne Thèbes occidentale) au XX^e siècle seulement.

Ces textes très importants ont été gravés sous le règne de Ramsès III, quelques dizaines d'années seulement après la catastrophe. Ce sont eux qui, seuls, permettent de dater avec précision (à quelques années près, ce qui est fantastique quand on sait le flou des datations anciennes) le cataclysme auquel il font allusion. Ces textes ont permis de cerner la période incriminée, qui ne peut être que celle de Merenptah, ou moins probablement l'un de ses deux successeurs directs. "

Sekhmet, Phaéton, Absinthe, Surt et les autres

Depuis l'écriture de ce texte, il y a eu en effet une nouveauté essentielle : la découverte que P/Encke et Oljato ne formaient qu'un seul objet il y a 9500 ans et qu'ils sont membres de la grande famille de *Hephaistos* qui comprend un astéroïde aussi gros que *Hephaistos* (le fragment principal de l'objet originel auquel il donne son nom) qui a 8 ou même 10 km de diamètre moyen. Les astronomes catastrophistes croient aujourd'hui que l'objet céleste du XIII^e siècle était *mixte*, à la fois cométaire et astéroïdal, qu'il pouvait être de taille kilométrique, qu'il s'est *progressivement disloqué dans l'atmosphère* (heureusement !) et qu'il n'a touché le sol que d'une manière partielle, certains fragments ayant pu résister à la traversée de l'atmosphère, d'autres non.

Pour ce qui est de la période incriminée, le mérite en revient essentiellement au théologien et archéologue allemand Jürgen Spanuth (1907-1998) (20) qui a étudié cette période troublée avec beaucoup de pertinence. Cet auteur, à la recherche après beaucoup d'autres de l'Atlantide, a cherché à démontrer que les fameux *Peuples de la Mer*, dont il est longuement question dans les textes gravés de Médinet Habou, ont été chassés de leur région d'origine (un ancien empire de la côte occidentale du Schleswig-Holstein en Allemagne du Nord, partiellement englouti aujourd'hui dans la mer du Nord, et qui serait l'Atlantide d'après Spanuth) à la suite du cataclysme cosmique de -1208. Spanuth, en se basant sur des calculs de l'astronome allemand Mario Zanot, imputait ce cataclysme à un passage très rapproché de la comète P/Halley en -1226 et à un impact d'un fragment de cette comète qu'il pensait être *Phaéton* (rebaptisé, nous l'avons vu, *Surt* dans la mythologie germanique et nordique), dont la légende transmise par Ovide (voir le texte au chapitre 1) est parvenue jusqu'à nous.

Cette quasi-collision entre la Terre et P/Halley supputée par Zanot et retenue par Spanuth est exclue. Par contre, Phaéton est bien l'un des noms associés à la catastrophe cosmique, avec de nombreux autres dont les plus connus sont Typhon en Grèce, Anat en Syrie, l'étoile de Baal en Canaan (Palestine et Phénicie), Absinthe (l'étoile de l'Apocalypse) chez les Hébreux, Surt dans les pays du nord et surtout *Sekhmet* en Égypte. Je garderai ce dernier nom, pour continuer l'histoire, car ce sont les textes égyptiens qui, grâce surtout à *un passage capital* des fresques de Médinet Habou, permettent de démontrer que c'est *un même cataclysme* qui a concerné l'Égypte et les pays du Nord.

" Le feu de Sekhmet a brûlé les pays du neuvième cercle. " (21)

Il faut savoir pour comprendre l'intérêt et l'importance de cette citation que, dans l'Antiquité, la Terre était divisée en neuf cercles parallèles (un dixième concernait l'axe du monde lui-même) et que le neuvième cercle concernait les pays de l'extrême nord de la Terre connus à cette époque (en gros la Suède, la Norvège, le Danemark, l'Allemagne du Nord et aussi l'Islande actuelles).

Spanuth explique dans son livre, en citant de nombreuses sources de différentes époques, les raisons qui lui permettent de dater avec une bonne approximation la collision et sa relation avec la comète Phaéton, dont il raconte également la légende dans la version d'Ovide.

" Il est possible de dater les catastrophes naturelles rapportées par cette légende car il y est dit, par exemple, que "la Libye devint un désert" et que, parmi de nombreux autres fleuves, "le Nil fut mis à sec".

Ces deux événements ne sont rapportés qu'une seule fois dans les textes de l'ancienne Égypte. Dans l'inscription de Karnak on trouve, pour la cinquième année du règne de Merenptah (1232-1222 avant J.-C.) : "La Libye est devenue un désert infertile, les Libyens viennent en Égypte pour chercher la nourriture de leur corps" (Hölscher, 1937).

Ramsès III rapporte, dans les textes de Médinet Habou : "La Libye est devenue un désert, une redoutable torche lança les flammes du ciel pour détruire leurs armes et pour ravager leur pays... Leurs os brûlent et grillent dans leurs membres".

Il est dit également dans les textes de Médinet Habou que le Nil aurait été asséché. On y lit entre autres : "Le Nil était asséché et le pays était livré à la sécheresse" (tableau 105)...

Dans les textes de Sési II (vers 1215-1210 avant J.-C.), on trouve : "Sekhmet était une étoile qui tournait en lançant des flammes, une gerbe de feu tempétueuse" (Breasted, Ancient Records of Egypt, 1906-07).

Dans une inscription de Ougarit (Ras Shamra) datée de l'époque qui précéda de peu la destruction de la ville au cours du derniers tiers du XIII^e siècle avant J.-C., on trouve "L'étoile Anat est tombée du ciel, elle a massacré la population du pays syrien et elle a inverti le crépuscule ainsi que la position des étoiles" (Bellamy, 1938). " (22)

Ce passage contient une information capitale : *La collision se serait passée lors de la cinquième année du règne de Merenptah, soit l'année 1209 avant J.-C. si l'on utilise la chronologie basse (Spanuth, lui, utilise la chronologie*

haute (23), comme on le faisait encore généralement dans les années 1970). Cette année 1209 peut en fait s'écarter de quelques années de la réalité, car l'on sait que les dates de règne de Merenptah ne sont qu'approximatives. Si l'on en croit les Égyptologues modernes, Merenptah aurait eu pour successeurs directs : Amenmès (1203-1200) et Séthi II (1200-1194). Or ce dernier a laissé le texte rappelé ci-dessus et est donc obligatoirement postérieur au cataclysme. Plus loin, j'essaie de préciser la date de l'impact de Sekhmet, événement majeur de l'histoire cosmique des hommes.

La trajectoire de Sekhmet et les conséquences du cataclysme

Peut-on essayer de reconstituer l'orbite intra-atmosphérique de Sekhmet, qui était considéré par les auteurs de l'Antiquité soit comme une *comète* (le plus souvent), une étoile, une boule de feu, un nœud de flammes, un deuxième soleil, un serpent ou un dragon ? A mon avis, c'est très possible, car les traces de son passage sont nombreuses dans les textes des Anciens. Sekhmet venait de l'océan Indien et suivait une trajectoire sud-est/nord-ouest. Première chose quasi certaine : *la collision a eu lieu de jour*.

On signale d'abord son passage en Éthiopie et en Arabie. Apparemment, l'objet cosmique, qui a probablement subi une première fragmentation partielle en traversant les hautes couches de l'atmosphère, continue de se disloquer, de s'émietter et perd une partie substantielle de sa matière, probablement de couleur rouge, puisque c'est à cette époque que l'Érythrée et la mer Rouge vont recevoir leur nom. Les morceaux de Sekhmet, qui a déjà la forme d'un "dragon" du fait qu'il est suivi d'une épaisse et longue traînée de poussières, s'écartent un peu les uns des autres grâce à "l'effet fusée". L'un de ceux-ci explose au-dessus de la Libye (qui devient définitivement désertique seulement à cette époque) et un autre au-dessus de la Syrie (qui est victime d'incendies gigantesques). Un troisième fragment tombe peut-être dans la Méditerranée (*c'est l'épisode biblique du "puits de l'abîme", un impact suivi d'une éruption*) et cause des séismes et un tsunami.

Mais le corps principal continue sa route vers le nord-ouest, passe au-dessus de la Grèce, brûlant plusieurs régions, détruisant de nombreux palais et entraînant en définitive la disparition de la culture mycénienne. On perd alors sa trace, mais en fait Sekhmet survole l'Europe centrale (où les Celtes et d'autres peuples sont des témoins effrayés qui conserveront une peur panique, quasi malade, des dangers venant du cosmos), puis l'Allemagne du Nord et le sud de la Scandinavie (*c'est l'épisode du Ragnarök* rappelé au chapitre 1, avec *Surt arrivant du sud avec les Géants du feu*), avant d'exploser ou de heurter l'océan Atlantique ou la mer du Nord. Cet impact final pourrait avoir été multiple, si les Géants du feu de la légende constituaient de nouveaux fragments de l'objet principal.

On ne peut savoir avec exactitude si finalement il y a eu explosion dans l'atmosphère ou impact océanique. Il faut rappeler ici ce que j'ai expliqué au chapitre consacré aux comètes. La ceinture de Kuiper est composée de milliards d'objets de nature hétéroclite que les astronomes appellent des

objets de Kuiper (ou KBO pour Kuiper Belt Objects). Beaucoup sont des *comètes* formées quasi exclusivement de glace et de poussières très grossièrement agglutinées. D'autres sont des *astéroïdes* rocheux, d'autres sont des *objets mixtes*. Il n'est même pas tout à fait exclu que certains gros objets soient différenciés, avec donc la possibilité d'un noyau ferreux et nickélicifère.

Si l'objet de -1208, probablement issu de *Hephaistos* et autonome depuis seulement quelques milliers d'années, était un fragment cométaire (genre P/Encke), je ne crois pas qu'il y ait pu avoir un impact terrestre (ou océanique bien sûr). Par contre, il reste possible que le dernier fragment qui a survolé l'Europe du nord pouvait être partiellement rocheux, et donc avoir une densité supérieure (de l'ordre de 3,0 g/cm³ peut-être), dans quel cas ce bloc, ou seulement une partie de celui-ci, aurait pu percuter l'océan.

Quoi qu'il en soit, et même s'il y a eu seulement désintégration dans l'atmosphère au stade final, il est quasiment sûr qu'un *gigantesque tsunami* se forme et revient vers l'Europe. C'est lui qui balaie "l'empire englouti de la mer du Nord" cher à Spanuth, peut-être à la suite d'un bouleversement isostatique post-impact (la région se serait enfoncée soudainement de dix mètres d'après certains géologues) et qui pousse les Peuples du Nord (qui deviendront bientôt une composante des Peuples de la Mer) à un exil forcé vers le sud de l'Europe, comme le racontent si bien les prisonniers de Ramsès III, dessinés d'une manière très précise, sur les fresques de Médinet Habou. L'épopée du *Ragnarök* a conservé tous ces divers stades du drame cosmique (et surtout *humain*), qui ont été transmis par la suite de génération en génération.

Le fait que cette orbite intra-atmosphérique soit possible, et il suffit de regarder un atlas pour s'en persuader, est très important, car une mauvaise répartition des zones géographiques sinistrées exclurait une catastrophe unique. Pourtant, une telle catastrophe *unique* est probable, car les récits de catastrophes transmis par les Anciens se rapportent réellement à *une même époque*.

L'hypothèse de la comète active, du noyau de comète, ou de l'objet mixte permet d'expliquer assez bien les diverses conséquences associées à Sekhmet. L'extrême chaleur constatée serait due à l'échauffement progressif du corps céleste (qui aurait atteint plusieurs milliers de degrés) et aussi à la formidable onde de choc qui l'accompagnait et qui aurait créé des désordres atmosphériques sérieux (ouragans, etc.). Le bruit infernal, les séismes, les explosions, les ténèbres, les incendies gigantesques, les tsunamis, le tarissement et l'empoisonnement des fleuves (le Nil fut asséché d'après Ovide) s'expliquent fort bien, de même que le "monde rouge" qui a tant étonné les Anciens.

Les multiples mouvements de populations constatés en cette fin de XIII^e siècle et dans le premier quart du XII^e avant J.-C. s'expliquent également. Ces peuples furent conduits à l'exil parce que *leurs ressources naturelles*

habituelles étaient détruites ou empoisonnées, la géographie chamboulée. Pour survivre, il fallait partir ailleurs, quitter sa région, souvent sans espoir de retour, et automatiquement se frotter aux autochtones qui voyaient d'un bien mauvais œil des étrangers émigrer sur leurs terres. De tels exodes massifs débouchent obligatoirement sur la guerre et sur une refonte des sociétés humaines. Tout cela est observé entre -1208 et -1180. En une seule génération souvent, on note des transformations inexplicables si on ne prend pas en compte les conséquences du drame cosmique. Comme l'ont si bien dit les Égyptiens du temps de Ramsès III, une trentaine d'années seulement après le cataclysme, et dont beaucoup avaient été les témoins oculaires :

" *Sekhmet a bouleversé l'ordre du monde.* " (24)

Après le passage de l'objet cosmique et les conséquences terrestres et humaines qu'il a engendrées, *aucune* des anciennes civilisations sinistrées ne survécut sans des remaniements profonds. L'événement a été si exceptionnel pour les populations, surtout pour les Égyptiens d'ailleurs, que Pline s'en est fait l'écho treize siècles plus tard, avec l'évocation de "la comète terrible".

Cet événement est pourtant totalement passé sous silence dans les livres sur l'Antiquité, car les historiens du passé et ceux de la génération actuelle n'ont jamais pris en compte *le cataclysme* dans leurs travaux, faute de documents suffisamment explicites laissés par les Anciens. C'est pourquoi *l'histoire ancienne devra être réécrite* à la lumière des cataclysmes mis en évidence par les chercheurs actuels. Cela ne pourra se faire que par une nouvelle génération d'historiens.

Peut-on dater la collision avec précision ?

Il est aujourd'hui possible de proposer quelques dates pour le cataclysme cosmique, bien que la double chronologie pour les pharaons complique singulièrement le problème, puisque les dates varient dans une fourchette de 22 ans pour la mort de Ramsès II (1235 et 1213 avant J.-C.) et pour celle de Merenptah (1225 et 1203 avant J.-C.). Un tableau publié dans *La Terre bombardée* donne toutes les dates possibles *entre 1230 et 1201 avant J.-C.*, sachant que certains textes égyptiens précisent que le cataclysme a eu lieu un *12 Tybi*, ce qui correspond à des dates de fin octobre et début novembre de notre calendrier moderne.

La légende de Phaéon, version Ovide, et le passage de l'Apocalypse traitant du *puits de l'abîme* permettent d'obtenir la date dite *volcanologique*. Ovide nous apprend que suite à la chute de Phaéon, l'Etna eut une éruption très importante. Le passage de l'Apocalypse précise que suite à la chute d'une étoile sur la Terre (*Il lui fut donné la clé de l'abîme*), il y eut une éruption (*Elle ouvrit le puits de l'abîme*). Les volcanologues modernes sont précis : la première grande éruption de l'Etna, encore décelable malgré que ses dépôts soient recouverts par ceux de multiples éruptions ultérieures, date de 1227 avant J.-C. (à quelques années près).

Je propose donc une première date : 5 novembre 1227 avant J.-C. (= -1226). Deux dates peuvent être proposées concernant Merenptah, puisque les textes égyptiens disent que le cataclysme eut lieu la cinquième année de son règne. Dans la chronologie haute, la date est le 5 novembre 1230 avant J.-C. (= -1229) et dans la basse le 31 octobre 1209 avant J.-C. (= -1208). D'autres auteurs donnent 1232-1222 pour le règne de Merenptah, la cinquième année tombe alors en parfait accord avec la date volcanologique (simple coïncidence ou datation inespérée grâce à Ovide ?). Mais la date plus récente de -1208 (1209 avant J.-C.) me semble préférable, du fait des dates de Merenptah mises en avant par plusieurs générations d'Égyptologues.

Sekhmet et l'Exode

Dans le cadre étroit de ce chapitre, je ne peux m'appesantir trop longtemps sur l'impact de -1208 (il faudrait un livre entier pour être complet et citer tous les textes et les conséquences qui lui sont associés), mais je dois dire quelques mots sur *l'Exode des Hébreux* qui se situe probablement à la même époque. La majorité des théologiens et des spécialistes de la Bible sont d'accord, en effet, pour considérer que Merenptah était le pharaon de triste mémoire qui persécuta les Juifs et les poussa à la rébellion et à l'Exode.

Certaines des *dix plaies* trouvent naturellement leur place suite à la catastrophe cosmique de -1208. Particulièrement, les plaies 1 (l'eau changée en sang du fait de la pigmentation rouge des poussières issues du corps céleste), 5 (la peste du bétail), 6 (les ulcères), 7 (le tonnerre et la grêle) et 9 (les ténèbres) sont des conséquences "normales" de l'explosion d'une comète ou d'un astéroïde d'origine cométaire.

On sait qu'il y a eu probablement un nombre accru de cancers de la peau et de brûlures à cette époque (" *Leurs os brûlent et grillent dans leurs membres* ", rappellent les textes), ils s'expliquent fort bien par les radiations associées à l'explosion et à l'augmentation de la radioactivité au niveau régional. On l'a constaté avec l'explosion de la Toungouska qui était probablement un cataclysme analogue, peut-être même causé par une matière identique si l'origine des deux objets est la même, mais d'une amplitude beaucoup moins forte. L'objet de la Toungouska ne dépassait pas 100 mètres de diamètre, alors que Sekhmet était sans doute de taille kilométrique avant sa première fragmentation.

Pour ce qui est du *Passage*, voilà ce que j'écrivais en 1982 (p. 242) dans la version originale de *La Terre bombardée* :

" Quant au fameux Passage, où qu'il ait eu lieu, car les avis ont toujours divergé (mer Rouge, mer des Roseaux, etc.), il a dû avoir lieu quelques jours après la collision de Sekhmet, pendant la période "post-catastrophe" quand les ouragans faisaient encore rage et quand la vie normale n'avait pas encore retrouvé tous ses droits. Ce Passage s'explique obligatoirement par le retrait provisoire de la mer, avant son retour furieux sous la forme d'un

tsunami ou d'une trombe d'eau. Que les Juifs aient profité de la confusion générale associée à cette période particulièrement troublée, il n'y a rien là d'in vraisemblable. On comprend même que principaux bénéficiaires (peut-être les seuls en fait) du cataclysme cosmique, ils se soient considérés comme le "peuple élu". Les théologiens, avec cette nouvelle hypothèse assez vraisemblable, pourront sans doute améliorer la théorie de l'Exode qui laissait pour le moins à désirer jusqu'à maintenant. Sekhmet leur ouvre une voie nouvelle. "

Je serai moins affirmatif aujourd'hui, mais aussi plus précis, pour les raisons suivantes. Au chapitre 1, j'ai rappelé un texte égyptien qui précise que le cataclysme a eu lieu un *12 Tybi*, date qui correspond au *31 octobre 1209 avant J.-C.* (soit le 31 octobre -1208), si la catastrophe a bien eu lieu cette année-là, date que je propose pour la première fois à la communauté scientifique et qu'il sera peut-être nécessaire d'ajuster quelque peu. (25)

On sait, par contre, par les textes hébreux que le *Passage* a eu lieu au début du printemps, au mois de mars, période plus tardive de quatre à cinq mois environ. Quatre questions se posent donc concernant cet important épisode biblique :

1. La date du *12 Tybi* correspond-elle à la catastrophe de -1208, ou bien à une autre catastrophe antérieure ? (on sait qu'il y en a eu d'autres durant les millénaires précédents).

2. L'intervalle de quatre ou cinq mois pourrait avoir été marqué par les plaies qui ont d'abord agacé, puis fait peur aux Égyptiens et les ont décidé à laisser partir les Hébreux sous la direction de Moïse. On pourrait alors expliquer partiellement *la mort des nouveau-nés* (qui a toujours paru inexplicable et qui a donc été considérée comme une fable), qui ne serait en fait que la conséquence d'un *empoisonnement des fœtus* dû à une radioactivité résiduelle mais bien réelle, et qui aurait ainsi entraîné *la non-viabilité* ou *l'anormalité* de ces nouveau-nés "post-catastrophe" ou des accouchements prématurés ou des avortements suspects. Mais est-ce vraiment crédible ? (Je rappelle que Tchernobyl, pour d'autres raisons, a montré qu'une forte radioactivité n'avait rien de bon pour les femmes enceintes et surtout pour leur descendance).

3. Peut-on croire que la période post-catastrophe en Égypte ait duré près de six mois ? Quand on lit la Bible, on se rend bien compte qu'il a fallu un certain temps à Pharaon pour se décider et qu'il est resté sourd avant de répondre affirmativement à la demande de départ des Hébreux. Et d'autre part, le cataclysme cosmique et l'Exode ne peuvent pas être tout à fait concomitants. Si le pays était totalement détruit, il paraît évident que le pharaon avait autre chose à faire en urgence, plutôt que de lever une armée et aller courir après des pseudo-ennemis qui pouvaient bien attendre. En fait, l'écart de plusieurs mois entre les deux événements paraît probable (il pourrait même se chiffrer en années, si Merenptah a vraiment régné dix ans

et non seulement six). Par contre, comment expliquer alors le tsunami ou la trombe d'eau qui a "ouvert" la mer des Roseaux, point de passage le moins large, et donc le plus probable ? L'avenir permettra peut-être d'éclaircir un peu ce problème, assez obscur il faut bien le dire.

4. Quel était donc le pharaon de l'Exode qui permet de dater avec précision l'épisode du Passage ? On a la réponse aujourd'hui d'une manière quasi certaine : c'était bel et bien Merenptah, comme l'a montré brillamment Maurice Bucaille (1920-1998) (26). Cet érudit, chirurgien de profession et spécialiste des Écritures saintes, s'est demandé dans les années 1970 si l'on ne pourrait pas tenter d'obtenir des signes directs de la participation d'un pharaon à l'Exode. Il a eu l'idée (qui rappelle celle de Luis Alvarez pour l'iridium) d'autopsier les momies de différents pharaons de l'époque qui sont conservées en Égypte depuis plus de 3000 ans et aussi la chance de pouvoir effectuer ces examens extraordinaires (27). Le résultat est sans appel : Ramsès II est exclu, c'était un vieillard invalide à la fin de sa vie ; par contre Merenptah est décédé de mort violente, avec notamment un sérieux traumatisme crânien. Tout porte à croire qu'il est mort durant l'Exode et que *son corps a été récupéré* et aussitôt embaumé. La momie de Merenptah ne fut retrouvée qu'en 1898 et identifiée comme étant la sienne en 1907 seulement. C'est le fait même qu'on l'ait retrouvée qui fit croire à une majorité d'Égyptologues et de théologiens du XX^e siècle que Merenptah ne pouvait pas être le pharaon de l'Exode, supposé mort noyé durant le Passage. Noyé peut-être, mais récupéré sûrement !

L'impact cosmique de l'époque de Josué

Cet événement est intéressant, bien qu'il n'ait pas eu l'importance des catastrophes plus anciennes que j'ai passées en revue. Les textes bibliques associent (involontairement, car les compilateurs du texte n'ont jamais fait la liaison entre les deux événements) le *pseudo-miracle de Josué* (l'arrêt du Soleil) et *la chute de pierres* qui décima les ennemis d'Israël (relire les textes au chapitre 2). Cet impact cosmique qui a eu lieu, d'après la Bible, 40 ans après le précédent qui datait de l'époque de Moïse, s'explique mieux à la lumière de *l'hypothèse Hephaistos*. En effet, cette succession de deux cataclysmes quasiment dans la même région à 40 ans d'intervalle paraissait totalement invraisemblable. Comme quoi, il faut croire (partiellement) aux textes des Anciens, les données scientifiques finissent quelquefois à les expliquer d'une façon satisfaisante.

Je rappelle d'abord ce que cache le *Complexe des Taurides*, comme l'appellent les astronomes, pour bien comprendre cet événement. Il s'agit de multiples essaims d'objets astéroïdaux et cométaires, de météoroïdes et de poussières qui circulent sur des orbites relativement similaires et qui sont les débris d'un objet *unique*, l'ancien centaure *Hephaistos*, qui a été introduit dans le Système solaire intérieur, il y a quelques dizaines de milliers d'années, à la suite de perturbations planétaires.

Ce gros objet a été ensuite brisé en d'innombrables fragments, en plusieurs épisodes successifs, ce qui a entraîné une dispersion importante de la matière originelle. Toute cette matière hétéroclite partage la même route (une route assez large quand même du fait de l'accumulation des diverses perturbations), et parfois certains fragments entrent en collision avec une planète, quand ils se retrouvent au même moment à un point de croisement commun. Pour l'essaim des Taurides, qui est plus spécialement lié à la comète P/Encke, dont la période de révolution est de 3,3 ans (28), la rencontre avec la Terre peut se produire toutes les trois révolutions : $3,3 \text{ ans} \times 3 = 10 \text{ ans}$. Tous les dix ans (aux perturbations près), la Terre est donc davantage menacée par un impact qui peut être d'importance très variable.

Cela s'est produit en -1208 (à quelques années près) et aurait pu se reproduire avec un décalage de dix ans, c'est-à-dire en -1198, en -1188 ou en -1178. La rencontre s'est apparemment reproduite au quatrième croisement (29) en -1168, et cet événement ne peut pas choquer les astronomes, s'il s'agit d'un fragment originaire du *Complexe des Taurides*. Rappelons qu'en 1908, la collision de la Toungouska a été une catastrophe du même type, peut-être même avec la même matière originelle, mais différente quand même dans la mesure où en 1908 il n'y a pas eu de chute de pierres, mais désintégration totale dans l'atmosphère de l'objet cosmique.

A l'époque de Josué, il y a eu explosion dans l'atmosphère d'un fragment cométaire (peut-être de taille hectométrique). La diffusion des poussières issues de la désintégration a permis une prolongation inhabituelle du jour (anormale et donc "miraculeuse" pour les témoins oculaires), comme je l'ai raconté au chapitre 2. Par une chance inouïe (un peu "arrangée" par les auteurs du texte original), une chute de pierres a pulvérisé les ennemis d'Israël. Cela montre que le fragment en question était partiellement rocheux et non constitué en totalité de glace et de poussières agglomérées. Mais il n'y a rien là d'anormal, vu l'hétérogénéité du corps céleste originel.

Seul le texte biblique a permis de recenser cet événement, probablement secondaire au niveau des dégâts réels engendrés par l'explosion. Quelques vies humaines peut-être, qui se sont transformées pour les besoins de la cause en une armée "sélectionnée" par Dieu, et en un fait d'armes à transmettre aux générations futures pour bien montrer la puissance du Créateur. Scientifiquement, en résumé, un événement d'origine cosmique *ordinaire*, comme la Terre dans sa totalité a dû en compter *plusieurs dizaines* depuis 20 000 ans, mais qui restent, eux, inconnus faute de témoignages humains et de textes les ayant relatés et datés avec précision.

L'impact de Chiemgau en Bavière

Depuis quelques années, il est question d'un sérieux impact qui s'est produit en Bavière dans la région de Chiemgau (30/31). L'objet responsable, connu sous le nom de *Chiemgau comet*, qui pouvait avoir plusieurs centaines de mètres de diamètre en entrant dans l'atmosphère, venait du nord-est. Il a explosé à 70 km d'altitude et s'est fragmenté en de nombreux fragments qui

ont généré 80 cratères dans une vaste zone de 58 km x 27 km entre Salzburg et Munich. Ces cratères ont entre quelques mètres de diamètre pour les plus petits et plusieurs centaines de mètres pour les plus grands, avec un cratère majeur de 600 mètres, occupé aujourd'hui par le lac Chiemsee. Les prochaines années vont préciser toutes ces données.

L'impact avec la comète se serait produit au V^e siècle avant J.-C. On parle d'une date voisine de -465 d'après certaines données historiques. De très nombreuses traces archéologiques ont été trouvées dans la région, ce qui indique une population déjà relativement nombreuse. Les peuples locaux étaient des tribus celtes. Certains chercheurs se demandent donc si cette catastrophe cosmique n'a pas eu d'incidence sur la fameuse peur chronique, quasi malade, des Celtes, puis des Gaulois, que le ciel leur tombe sur la tête. Toutatis a peut-être fait son entrée dans la mythologie celtique à la suite de cet impact.

Quelques autres collisions possibles et non datées

J'ai retenu dans ce chapitre sept cataclysmes importants probables qui ont eu lieu depuis 13 000 ans, mais il est certain que quelques autres, plus ou moins importants, ont eu lieu également. Je signale surtout que seulement deux impacts océaniques probables sont recensés, alors qu'ils doivent se produire dans une proportion de 7 sur 10. On voit déjà là qu'il y a un très important déficit. Récemment, deux nouvelles hypothèses d'impacts océaniques ont été proposées (32), mais elles sont évidemment contestées par la communauté scientifique.

La première est celle de la géologue américaine Dallas Abbott. D'après cette scientifique, un astéroïde de 1 km de diamètre aurait percuté la Terre dans l'océan Indien autour de -2800. Cet impact océanique aurait provoqué un tsunami géant, avec des vagues de 200 mètres de haut qui auraient ravagé les côtes alentour, notamment celles de Madagascar où l'on trouverait encore des traces suspectes, sous forme de dépôts sédimentaires en forme de V et baptisés "chevrons" par les spécialistes. On recherche actuellement le cratère sous-marin qui pourrait être associé à cet impact océanique.

La seconde hypothèse est celle de la géologue française Marie-Agnès Courty. D'après cette spécialiste, un impact majeur (là encore un astéroïde de taille kilométrique) aurait eu lieu autour de -2000 dans l'océan Antarctique. Sous le choc, une multitude de fragments arrachés aux fonds marins auraient été projetés dans l'espace et seraient retombés dans de nombreux sites terrestres, notamment en Syrie (?) où ils sont encore décelables.

Il faudra attendre pour avoir la confirmation ou l'infirmité de ces deux impacts. Les scientifiques exigent des preuves et le scepticisme semble de rigueur dans la communauté scientifique. Pour les astronomes spécialisés, par contre, ces impacts n'ont rien d'in vraisemblables. Une chose est sûre : la

fréquence des impacts longtemps retenue (jusqu'en 1995) est totalement obsolète depuis que l'on découvre des PHA (Potentially Hazardous Asteroids) par centaines. Le *millier d'années* est l'échelle acceptable pour un impact d'envergure, certainement pas la centaine de milliers d'années. Mais il faut savoir que les objets d'origine cométaire sont particulièrement fragiles et *la fragmentation est la règle*. Les traces terrestres ne sont pas obligatoirement détectables s'il y a eu désintégration dans l'atmosphère. Les cratères météoritiques n'existent pas toujours ou peuvent être rapidement gommés par la sédimentation s'ils sont océaniques.

Actuellement, on ne peut ni dater, ni situer géographiquement, quelques autres cataclysmes d'origine cosmique hypothétiques. A quelles catastrophes correspondent les légendes d'Amérique du Nord, d'Amérique centrale, d'Amérique du Sud et du nord-est de l'Asie ? En Inde également, plusieurs allusions concernant la chute d'étoiles et de météorites meurtrières figurent dans les livres sacrés. Chez les Indiens Parsis, c'est l'étoile Tistrya qui aurait causer à la fois un incendie de grande envergure et un déluge, ce qui semble contradictoire à première vue. Le mystère reste total aujourd'hui sur la cause réelle et la date de ces catastrophes.

Combien d'entre elles peuvent être reliées à des fragments de *Hephaistos* qui auraient percuté la Terre ? Il ne faut pas oublier qu'un astéroïde comme Oljato, membre de cette grande famille cosmique, est sur une orbite de quasi-collision avec notre planète alors que sa sœur jumelle, P/Encke, ne l'est pas. On voit que l'avenir réserve de belles surprises.

Dans un livre dont la lecture fait réfléchir, *Les mystères des mondes oubliés*, Charles Berlitz (1914-2003) (33) cite des extraits de plusieurs livres classiques de l'Inde concernant une mystérieuse "météorite de fer". De nombreux auteurs, spécialistes des ovnis et des civilisations "supérieures" disparues, ont également utilisé ces textes pour faire de cet objet céleste un missile ou un ovni. Mais les textes sont clairs, ce qu'ils décrivent, ce n'est rien d'autre qu'une météorite de fer qui provoqua un "feu du ciel" qui marqua profondément les esprits des témoins.

" ... Un projectile unique chargé de toute la puissance de l'univers. Une colonne incandescente de fumée et de flammes, aussi lumineuse que dix mille soleils, s'éleva dans toute sa splendeur... C'était une arme inconnue, une météorite de fer, un gigantesque messenger de mort qui réduisit en cendres la race entière des Vrishnis et des Andhakas... Les cadavres étaient à ce point brûlés qu'ils étaient méconnaissables. Leurs cheveux et leurs ongles tombaient d'eux-mêmes ; les poteries se brisaient sans cause apparente, et les oiseaux devenaient blancs. Après quelques heures, tous les aliments étaient contaminés... Pour échapper à ce feu, les soldats se précipitèrent dans les cours d'eau...

... Une météorite de fer, par laquelle tous les individus de la race des Vrishnis et des Andhakas furent réduits en cendres... une

cruelle météorite de fer qui ressemblait à un gigantesque messenger de mort... Le roi fit réduire en fine poudre cette météorite de fer... les hommes s'employèrent à projeter cette poudre dans la mer... "

Ces quelques extraits parvenus jusqu'à nous à travers les siècles montrent qu'en Inde aussi des tribus furent brûlées et détruites par les conséquences directes d'un impact. Celui décrit ci-dessus concernait une *sidérite*. Or ces sidérites sont des météorites plutôt rares, bien qu'elles soient relativement nombreuses dans nos collections. Le fait que dans les vieux textes indiens, le roi de l'époque fit réduire en poudre une partie de la météorite signifie que la volatilisation ne fut pas complète au moment de l'impact, et donc qu'il ne pouvait s'agir d'un objet de plusieurs dizaines de mètres.

Les calculs montrent qu'un petit astéroïde de 10 mètres a une masse de l'ordre de 4000 tonnes et une énergie cinétique voisine de 5×10^{14} joules au moment de l'impact. C'est l'énergie libérée par un séisme de magnitude 6,6, donc une énergie supérieure à celle libérée par la bombe atomique de Hiroshima (magnitude 6,4). On voit ainsi qu'un astéroïde minuscule est capable de causer des dégâts considérables, s'il résiste à la fragmentation en traversant l'atmosphère. Les sidérites sont plus résistantes à cet égard et ont de meilleures chances de franchir intactes le bouclier atmosphérique. Même minuscule, la sidérite indienne a exterminé (pas directement, mais par les conséquences que l'impact a engendrées, notamment la chaleur extrême et les *brûlures*) deux tribus entières, si l'on en croit les textes.

Les philosophes de l'Antiquité étaient catégoriques à cet égard, la fin du monde par l'eau et par le feu était la règle. Ils avaient raison et leur perspicacité n'avait rien à envier à celle des savants d'aujourd'hui. Il aura fallu attendre deux millénaires pour pratiquement revenir au point de départ, à savoir que le cosmos reste une menace permanente pour la Terre, pour les hommes et plus encore pour les civilisations.

Notes

1. I. Donnelly, *The destruction of Atlantis - Ragnarok, or the age of fire and gravel* (Courier Dover Publications, 2004). Le livre d'Ignatius Donnelly a constamment été réédité au XX^e siècle. Souvent descendu en flèche par les scientifiques, il n'en est pas moins intéressant. Donnelly a compris que seule une comète pouvait avoir entraîné les désastres qu'il décrit dans son livre, à une époque (le livre a été publié en 1883) où aucun NEA n'était connu, ni même soupçonné (Eros n'a été découvert qu'en 1898).
2. J. Hawkes, *Atlas culturel de la préhistoire et de l'antiquité* (Elsevier-Séquoia, 1978). Titre original : *The atlas of early man* (1976). Un autre livre traite le même sujet : M. Oliphant, *L'atlas du monde antique* (Solar, 1993). Titre original : *The atlas of the ancient world* (1992).
3. V. Clube and B. Napier, *The cosmic serpent* (Faber & Faber, 1982) et *The cosmic winter* (Blackwell, 1990). Ce second livre est paru en français en mars 2006 sous le titre *Hiver cosmique*, aux éditions Le Jardin des Livres. Seize

ans plus tard, il ne pouvait être question de l'actualiser. Ces deux astronomes sont les piliers de l'école britannique néo-catastrophiste. Ce sont eux qui ont initié la théorie de la comète géante qui serait venue à proximité de la Terre et dont les débris sous forme de fragments et de poussière auraient heurté notre planète. On parle parfois pour identifier cette comète de comète Clube-Napier.

4. J.-L. Bernard, *Les archives de l'insolite* (Livre de Poche, 1978).

5. Quatre scientifiques américains étaient associés pour l'organisation de cette importante conférence, patronnée par l'*American Geophysical Union* (AGU) : Richard Firestone, James Kennett, Allen West et Luann Becker. Une partie des débats ont été filmés et sont consultables sur Internet. Ils sont très instructifs. Le texte complet de présentation de la conférence dont sont issus les extraits retenus figure sur le site internet de l'AGU. La traduction française est extraite d'un important article intitulé : "*Le résultat de l'impact du Dryas récent et les cycles de catastrophes cosmiques - les climatologues se réveillent*", consultable sur le site www.quantumfuture.net/fr/.

6. F. Hibben, *The lost Americans* (Crowell Company, 1968). Frank Hibben, archéologue et anthropologue américain, est surtout connu pour avoir étudié très en détail les sites de la civilisation de Clovis, la première culture américaine, décimée après le *Younger Dryas Event*.

7. I. Velikovsky, *Les grands bouleversements terrestres* (Le Jardin des Livres, 2004). La version originale est parue sous le titre *Earth in upheaval* en 1955. Bien que décrié, ce livre est fort intéressant. Velikovsky revisite la géologie pour laquelle il n'est pas vraiment un spécialiste. Mais comme historien des sciences, il détaille bien les événements liés au *Younger Dryas Event* et publie plus d'une centaine de citations sur le sujet glanées dans les livres et travaux scientifiques de la première moitié du XX^e siècle.

8. R.B. Firestone et al. (25 co-auteurs), *Evidence for an extraterrestrial impact 12,900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (PNAS), vol. 104, n° 41, pp. 16016-16021, 2007. Ce très important article est un résumé des travaux effectués lors de la conférence d'Acapulco en mai 2007. Pas moins de 26 chercheurs de nationalités diverses l'ont cosigné. En fait, c'est l'article fondateur de la nouvelle théorie catastrophiste concernant le *Younger Dryas Event* et son association avec l'extinction du Pléistocène. Il faut signaler quand même que de nombreux scientifiques ne croient pas à cette nouvelle théorie révolutionnaire et trouvent les "preuves" insuffisantes et mêmes fausses.

9. P.J. Cannon, *Meteorite impact crater discovered in central Alaska with Landsat imagery*, *Science*, 196, pp. 1322-1323, 1977.

10. O.H. Muck, *L'Atlantide. Légendes et réalité* (Plon, 1982). Titre original : *Alles über Atlantis* (1976). Otto Muck (1892-1956) a écrit ce livre au début des années 1950, peu après celui de Velikovsky.

11. W. von Engelhardt, *Impact structures in Europe*, dans *International Geological Congress, 24th session, section 15 : Planetology*, pp. 90-111, 1972.

12. G. Kolpaktchy, *Livre des Morts des anciens Egyptiens* (Stock, 1978). Voir aussi sur le même sujet : M. Delclos et J.-L. Caradeau, *Le Livre des Morts égyptien décrypté* (Editions Trajectoire, 2007).

13. A. Slosman, *La grande hypothèse* (Robert Laffont, 1992, avec la collaboration de E. Bellecour). Albert Slosman (1925-1981) était un remarquable érudit qui a travaillé de nombreuses années sur une " *Histoire du monothéisme des origines à la fin du monde* ", œuvre restée inachevée. Voir aussi : J.-L. Bernard, *Aux origines de l'Égypte* (Robert Laffont, 1976).
14. Pour ce qui est des soi-disant *cyclopes*, je rappelle qu'il s'agissait en fait de crânes de mammouths découverts dans certaines grottes de Sicile, et qui furent parfois considérés dans l'Antiquité, un peu abusivement, comme des crânes de géants humains avec un œil frontal unique.
15. M. Déribéré et P. Déribéré, *Histoire mondiale du déluge* (Robert Laffont, 1978).
16. F. Kowaks, *Le dossier secret de l'île de Pâques* (Belfond, 1979).
17. Christiane Desroches-Noblecourt (1913-2011) et Christian Jacq (1947), entre autres, postulent pour que Ramsès II soit le pharaon de l'Exode, qu'ils voient plus tôt dans l'histoire de l'Égypte. D'autres, comme Nicolas Grimal (1948), entrevoient les deux possibilités. Le premier égyptologue qui associa Merenptah à l'Exode fut l'Allemand Karl Richard Lepsius (1810-1884) dans son livre *Die chronologie der Aegypter* paru en 1849.
18. L'existence d'une double chronologie pour les pharaons s'explique de la façon suivante. Le lever héliaque de Sirius qui, seul, permet une *datation absolue* a été observé à l'époque de Amenhotep I au XVI^e siècle avant J.-C. comme le raconte le Papyrus Ebers. Mais on ignore si cette observation a été faite à Memphis, capitale de l'Égypte sous l'Ancien Empire, qui se trouvait à 35 km au sud du Caire, ou à Thèbes, capitale sous le Moyen et Nouvel Empire, qui se trouvait beaucoup plus au sud, à 700 km du Caire. Ce n'est pas du tout la même chose et la distance entre les deux villes, supérieure à 650 km, correspond à une différence de 20 ans dans l'apparition du lever de Sirius. Comme le XVI^e siècle correspond au Moyen Empire, les égyptologues modernes, contrairement aux anciens, pensent, avec raison semble-t-il, que l'observation décisive a été faite de Thèbes, qui était la capitale à cette époque. La chronologie basse, même si elle n'est pas certaine, est donc nettement la plus probable.
19. Je rappelle la différence entre les années *astronomiques* et les années *historiques* avant l'ère chrétienne. Elle vient du fait qu'il n'y a pas eu d'année 0 dans la chronologie historique : on est passé directement de l'année 1 avant J.-C. à l'année 1 de l'ère chrétienne. Le premier siècle avant J.-C. s'est donc déroulé entre l'an 100 et l'an 1 avant J.-C. inclus. L'année 0 fut introduite au XVIII^e siècle, par Cassini, pour faciliter le décompte des années antérieures à notre ère et pour qu'il y ait une continuité dans la chronologie mathématique. L'an 1 avant J.-C. fut donc noté année 0, l'an 2 fut noté -1 et ainsi de suite. Le premier siècle avant J.-C. se termina donc le 31 décembre -99 à 24 heures, mais il comporta bien 100 ans comme tous les autres. L'année 1209 avant J.-C., date présumée du cataclysme cosmique, correspond donc bien à l'année astronomique -1208. Le lecteur doit bien se faire à l'idée que ces deux dates apparemment différentes sont en fait strictement identiques.
20. J. Spanuth, *Le secret de l'Atlantide. L'empire englouti de la mer du Nord* (Copernic, 1977). Titre original : *Die Atlanter* (1976). Jürgen Spanuth était un érudit allemand, docteur en théologie et en archéologie. Son apport dans

la compréhension de ce qui s'est passé dans la période 1205-1150 a été considérable. Il a montré que c'est un même cataclysme qui a provoqué les dégâts subis en Egypte et en Allemagne du Nord et que Sekhmet, Phaéon et Surt étaient en fait des personnalisations différentes d'une seule et même comète vue et enregistrée sous des cieux différents. Il a aussi montré que les Peuples du Nord, chassés par le cataclysme, sont devenus une composante des Peuples de la Mer, après leur exode massif vers le sud de l'Europe. Spanuth a été un chercheur indépendant souvent méprisé malgré ses deux doctorats, surtout parce qu'il est resté pasteur toute sa vie. Il s'agit d'un pionnier important, l'un des premiers qui ait pris en compte le cataclysme dans l'histoire des hommes, notamment les migrations humaines *forcées* qui sont les plus dangereuses car elles débouchent inévitablement sur la violence, la guerre et la refonte des sociétés humaines.

21. Cité par Spanuth, p. 175. Ce passage essentiel fait partie des textes de Médinet Habou (tableau 17, 46), qui datent de l'époque de Ramsès III. Ces textes très importants ont été étudiés, relevés et traduits en anglais par les spécialistes de l'Université de Chicago. Ils figurent dans un livre en deux volumes : W.F. Edgerton and J. Wilson : *Historical records of Ramses III. The texts in Medinet Habu, vol. I and II*, in "The Oriental Institutes of the University of Chicago" (1936).

22. Textes cités par Spanuth, pp. 170-171. Ses sources modernes sont les suivantes : W. Hölscher, *Libyer und Aegypter*, in "Beiträge zur Ethnologie und Geschichte libyscher Völkerschaften nach altägyptischen Quellen" (1937) ; J.H. Breasted, *Ancient Records of Egypt* (1906-1907) ; H. Bellamy, *Moons, myths and man* (1938).

23. Si la chronologie haute devait s'avérer la bonne dans l'avenir, l'année du cataclysme cosmique deviendrait 1231 avant J.-C. (ou -1230).

24. Texte cité par Spanuth dans son livre *Le secret de l'Atlantide*.

25. La date dans l'année devra être ajustée si l'année du cataclysme s'avère différente de celle-là, à raison de un jour pour quatre années. Elle pourrait concerner l'un des premiers jours de novembre si la chronologie haute s'avérait la meilleure.

26. M. Bucaille, *Moïse et Pharaon. Les Hébreux en Egypte* (Seghers, 1995). Un livre qui met quasiment fin à une interrogation deux fois millénaire : quel était le pharaon de l'Exode ? Ce pharaon a huit chances sur dix d'avoir été Merenptah, la neuvième appartenant à Ramsès II et la dixième à son successeur direct Amenmès qui reste parfois cité comme le pharaon de l'Exode.

27. Maurice Bucaille (1920-1998) a eu en fait une chance unique. Il a obtenu l'autorisation, grâce à l'intervention et à l'appui indispensable de l'épouse du président égyptien Anouar el-Sadate (1918-1981), qui fut sa patiente à l'occasion d'un passage à Paris en 1974, de faire l'autopsie des momies égyptiennes dès la fin de la même année. Assisté par plusieurs collaborateurs égyptiens et français, et du médecin légiste français Michel Durigon, Bucaille a ainsi pu montrer deux choses primordiales. D'abord que *Ramsès II n'a pas pu être en personne le pharaon de l'Exode*, car il souffrait d'une affection hautement invalidante (mais il n'est pas exclu que l'Exode ait eu lieu à l'époque de Ramsès II). Par contre, il a pu prouver que Merenptah mourut victime de traumatismes multiples ayant occasionné de très graves

lésions quasi instantanément mortelles, notamment un traumatisme crânien. Meremtah est très probablement mort *durant* le Passage, *mais son corps a été récupéré et embaumé.*

28. Cette période de révolution a pu être substantiellement diminuée pour certains fragments, à la suite de perturbations planétaires ultérieures, et la périodicité des approches serrées peut être totalement différente. La *commensurabilité* des périodes de révolution des astéroïdes et des comètes qui frôlent la Terre avec celle de notre planète varie de 1 an à près d'un siècle dans certains cas.

29. Quarante ans paraît une durée bien longue pour aller d'Égypte en Israël. Il n'est pas impossible que les premiers compilateurs des textes bibliques originaux aient un peu "forcé la dose". Mais même si le voyage des Hébreux vers la Terre promise n'a duré que 20 ou 30 ans, la double catastrophe s'explique fort bien. Avant la nouvelle hypothèse privilégiée dans ce livre, cela sentait vraiment le coup de pouce.

30. Il existe un site internet détaillé concernant cet impact. Il se trouve à l'adresse : <http://www.chiemgau-impact.com>. Il bénéficie de nombreuses contributions de chercheurs de différentes spécialités. Le gros problème apparemment reste celui de la datation de l'impact, certaines données obtenues indiquant des dates différentes du V^e millénaire avant J.-C. Plutarque (46-125), dans un de ses écrits historiques, parlait d'une catastrophe cosmique, très ancienne pour son époque, qui aurait eu lieu dans le pays des Celtes en -467. S'agissait-il de la comète de Chiemgau ?

31. Un film de 45 minutes a été réalisé en 2006 sur cette catastrophe cosmique et ses conséquences humaines. Il s'agit de *The Chiemgau comet – Time zero for the Celts* (documentary film by Sven Hartung and Guido Weihermüller). Il a été diffusé sur plusieurs télévisions européennes et existe en DVD. Ce film a été une révélation pour certains historiens de l'Antiquité.

32. E. Martin, *Un astéroïde a percuté la Terre à l'époque des pyramides*, Ciel et Espace, n° 440, pp. 8-14, janvier 2007.

33. C. Berlitz, *Les mystères des mondes oubliés* (Marabout, 1973). Titre original : *Mysteries from forgotten worlds* (1972).

CHAPITRE 11

L'INCONNU, L'AVENIR

Le XX^e siècle a permis une avancée considérable de nos connaissances sur l'Univers et sur la Terre. Mais de nombreux points restent obscurs et d'autres, soupçonnés, n'ont pas encore pu être confirmés ou définitivement abandonnés. Ce sera l'apanage des astronomes et des spécialistes des sciences de la Terre du XXI^e siècle d'apporter une réponse satisfaisante à ces dilemmes et incertitudes en cours. Nous allons voir quelques-unes de ces hypothèses qui constituent " *l'inconnu* ".

Ensuite, nous verrons ce que nous réserve " *l'avenir* ", c'est-à-dire de ce qui attend la Terre, mais surtout nos descendants qui seront confrontés à des problèmes quasiment insolubles, qui, en fait, ne se sont pas encore présentés à l'homme depuis qu'il est devenu *Homo sapiens* comme, par exemple, la future *inversion géomagnétique* ou un *impact multiple* (une pluie de comètes ou d'astéroïdes) comme celui des fragments de SL9 sur Jupiter en 1994.

Nos successeurs devront faire preuve de pragmatisme pour survivre, mais aussi d'audace pour envisager et mettre au point des techniques qui leur permettront de faire face à des situations que nous n'aurions pas été capables de résoudre dans des conditions satisfaisantes. Faisons confiance à nos descendants pour qu'ils prennent en compte, et surtout à *temps*, ce que certains scientifiques visionnaires appellent " *l'impératif extraterrestre* ", sans doute une nécessité vitale si l'humanité veut survivre en tant que telle, ou tout au moins faire face à une surpopulation qui s'annonce à moyen terme comme un danger de première grandeur.

Un impact en Antarctique = déglaçiation partielle

Pour tous les scientifiques qui ont étudié le problème un tant soit peu dans le détail et sans idée préconçue, le danger principal pour la Terre serait un impact, même relativement modeste, en Antarctique. Il apparaît qu'une déstabilisation de la cryosphère antarctique pourrait déboucher sur un authentique désastre écologique, et ensuite humain (1).

Au chapitre 9, il a été question de la dernière déglaciation en Europe. La montée des eaux associée à ce cataclysme a été de 110 mètres (2). La géographie a été totalement transformée, mais avec peu de répercussions au niveau humain, dans la mesure où la transgression a été progressive. A l'époque de la *débâcle atlantique* (appelée aussi *Déluge de Lascaux*), vers -13500, le niveau des océans augmenta de près de 20 mètres en quelques années seulement. Heureusement qu'il n'existait pas de villes côtières à l'époque.

Cet exemple montre ce qui pourrait se passer avec une déglaciation, même très partielle, de l'Antarctique, avec comme répercussion une montée générale des eaux océaniques de deux ou trois mètres seulement. Ce serait le pire désastre que l'humanité ait jamais connu. Aujourd'hui toutes les côtes sont truffées de villes, souvent hyper peuplées. Des pays entiers sont à fleur d'eau et seraient irrémédiablement noyés en quelques dizaines d'années. Une nouvelle refonte des sociétés humaines serait inéluctable, avec les pires débordements que cela entraînerait, les nantis des pays peu touchés n'ayant nulle envie de partager la nouvelle pénurie issue de la débâcle glaciaire. On n'ose penser sur quoi déborderaient des migrations forcées de millions de personnes affamées et sans aucune perspective d'avenir, sinon la survie immédiate.

Une déglaciation générale due à un ensemble de causes dont les effets seraient additionnels (impact + effet de serre + augmentation générale de la température par exemple, mais aussi une augmentation de température due au seul Soleil à l'occasion d'une suractivité anormale) serait la pire des catastrophes pour notre monde moderne. Notre civilisation ne s'en remettrait pas et retomberait rapidement dans la barbarie. La géographie serait à nouveau totalement remodelée avec une remontée des eaux de l'ordre de 60 à 80 mètres selon les régions. Il ne faut jamais perdre de vue que de telles périodes ont déjà existé dans l'histoire de la Terre, périodes au cours desquelles notre planète avait totalement exclu la présence de glace de sa surface, pour des raisons non encore explicitées.

L'homme, lui, survivra. Mais devra accepter un recul, pas forcément génétique, mais au moins *social* et *culturel*. C'est le moment de rappeler ici que la montée des civilisations n'a jamais été linéaire, et que les périodes de recul ont été nombreuses, notamment à la suite de cataclysmes de grande envergure, et en particulier ceux dus aux impacts. Le drame humain causé par l'impact de Sekhmet au XIII^e siècle avant J.-C. a fait reculer la civilisation grecque d'au moins quatre siècles, et il ne s'agissait que d'un cataclysme à l'échelle "régionale".

L'impactisme particulière : le vrai danger pour l'homme

Plus encore que l'impactisme macroscopique, il paraît évident pour l'homme que le principal danger (d'origine cosmique, car il est bien connu que le principal danger pour l'homme, c'est l'homme lui-même) sera *l'impactisme particulière*. Nous allons voir deux éventualités, bien réelles à moyen terme, rattachées à ce problème.

Et si le Soleil se fâche un jour vraiment ?

Le Soleil est une étoile légèrement variable, on le sait (3). Le schéma du cycle solaire ressemble à la respiration cyclique de l'étoile, et pour la période 1750-

2000 tout semble relativement normal, même si d'un cycle à l'autre, on note certaines variations un peu surprenantes par leur ampleur.

Cependant, depuis quelques années, les climatologues s'inquiètent : il semblerait que la luminosité du Soleil augmente lentement (4), avec, en conséquence, premièrement une augmentation de l'énergie solaire reçue par la Terre, et corollairement un réchauffement global de la planète. Bien sûr, au niveau d'une seule décennie, il est très difficile de savoir si le phénomène, va continuer, s'arrêter, ou s'inverser.

La planète se réchauffe, les activités humaines et l'effet de serre qu'elles provoquent sont indiscutables. Mais le Soleil semble aussi avoir sa part dans le processus de réchauffement. Le flux solaire, qui est la quantité de lumière totale émise par le Soleil aurait augmenté de 0,036 % (36/10 000) entre 1986 et 1996, ce qui correspond à une augmentation de 0,5 watt par mètre carré. Les données qui conduisent à cette conclusion ont été obtenues grâce à des satellites spécialisés dans les études solaires et la haute atmosphère terrestre : *Nimbus 7*, *SMM* (Solar Maximum Mission), *UARS* (Upper Atmosphere Research Satellite) et *ERBS* (Earth Radiation Budget Satellite). Ceux-ci ont permis de suivre le Soleil durant les derniers cycles solaires de 11 ans.

L'augmentation, quoique minime, si elle devait se poursuivre un siècle, finirait par provoquer un réchauffement moyen de 0,5 °C de la Terre, qui ajouté à celui dû à l'effet de serre qui pourrait être le triple (soit 1,5 °C) entraînerait *un réchauffement global de 2 °C*, réellement catastrophique, non en tant que tel, mais pour les conséquences inévitables qu'il entraînerait.

L'activité solaire semble bien variable à l'échelle du siècle, et il faut se rappeler qu'entre 1645 et 1715, période sensiblement plus froide que la moyenne en Europe, le nombre de taches solaires a été très faible, parfois même inexistant. C'est la fameuse période appelée "minimum de Maunder", mise en évidence au XIXe siècle par l'astronome britannique Walter Maunder (1851-1928), dont la véracité a été confirmée par la découverte de la quantité anormale de béryllium-10 dans les glaces polaires, quasiment 30 % supérieure à la moyenne ultérieure.

Le Soleil est un ami qui pourrait s'avérer dangereux, notamment durant la prochaine inversion géomagnétique, comme nous allons le voir. Jusqu'à présent, ses colères et ses sursauts ont toujours entraîné des perturbations psychologiques et physiques, mais maintenant, il semble bien qu'ils soient en mesure de déboucher sur une *fragilité technologique* préjudiciable, comme l'ont rappelé quelques incidents notables récents (coupures générales de courant et perturbations dans les circuits informatiques notamment).

La future inversion géomagnétique : un danger mortel

La dernière inversion géomagnétique totale remonte à 700 000 ans. C'est loin, très loin. *Homo sapiens* n'existait pas encore, et certains chercheurs

croient que c'est peut-être *grâce à elle* (5), plus exactement aux conséquences qu'elle a engendrées dans une biosphère fragilisée à l'extrême, traumatisée même, que Homo erectus s'est transformé (a muté) en *Présapiens*, notre ancêtre direct, puisque nous n'en sommes séparés qu'au niveau de la sous-espèce.

Les spécialistes du paléomagnétisme (6) ont enregistré en moyenne trois inversions par million d'années durant les derniers soixante millions d'années, et tous savent bien que la prochaine ne saurait tarder maintenant, même s'il est encore impossible de la dater avec précision comme l'ont fait, un peu inconsidérément, certains d'entre eux particulièrement impatients. On parle de *milliers d'années*, et on a proposé une inversion vers l'an 4000, en calculant la diminution annuelle, de l'ordre de 15 à 20 gammas, par rapport aux 40 000 gammas, valeur actuelle. Mais un effondrement reste possible quand l'intensité du champ sera tombée à quelques milliers de gammas.

On sait depuis longtemps que l'exposition des humains, et du monde animal en général, à des doses de radiations trop fortes conduit à des cancers (notamment de la peau et de la thyroïde, mais pas seulement), c'est-à-dire à une croissance incontrôlée des tissus vivants. Si cette irradiation n'est pas enrayée très rapidement, c'est la catastrophe. Catastrophe qui nous guette.

" Les radiations agissent sur l'organisme en provoquant des réactions qui libèrent des électrons énergiques dans les cellules avec les effets suivants : ils peuvent attaquer directement les molécules contenant l'information génétique des cellules, qu'on appelle l'ADN, ou bien ils peuvent, en détruisant les innombrables molécules qui existent dans une cellule, en générer de nouvelles qu'on appelle des "radicaux libres", oxydants, qui attaquent l'ADN. " (7)

L'organisme humain est très fragile dès qu'il se passe quelque chose d'anormal qui le perturbe ou l'agresse un tant soit peu, et il n'aime pas les apports extérieurs anormaux. Certains organes sont particulièrement exposés au cancer (c'est le cas notamment pour le poumon avec le tabac, le foie avec l'alcool, la peau avec les radiations UV solaires). Tchernobyl a montré que les irradiés voyaient leur tension artérielle monter en flèche dans des proportions inquiétantes, avec corrélativement une extraordinaire fragilisation de l'organisme traumatisé. Les plus faibles sont très mal armés pour supporter les radiations anormales et sont irrémédiablement condamnés.

C'est la raison pour laquelle une forte irradiation durant une longue période ne peut que déboucher sur un *désastre génétique et humain*, dont on a encore qu'une très vague idée. Oui l'avenir sans bouclier magnétique est inquiétant ! Et nos successeurs devront impérativement s'y préparer pour y faire face et limiter les dégâts.

La panspermie microbienne, vrai ou faux ?

Le balayage de la Terre par les queues cométaires

Le passage de la comète de Halley à proximité relative de la Terre au mois de mai 1910 a créé une sorte de panique dans les couches les moins instruites de la population. Camille Flammarion, le vulgarisateur numéro 1 de la science astronomique en France au début du XXe siècle, expliquait dans plusieurs articles que la Terre allait être balayée et enveloppée pendant plusieurs heures par la queue de la comète, et que l'empoisonnement de l'humanité par des gaz délétères n'était pas exclu.

" La tête de la comète sera à 26 millions de kilomètres de nous. Or, les queues cométaires ont souvent 30, 40, 50 millions de kilomètre et davantage, et elles sont toujours opposées au Soleil. Cet immense appendice pourra donc nous atteindre, nous envelopper pendant plusieurs heures. Quelles seront les conséquences de cette rencontre, de cette immersion ?

Sans revenir sur l'exposé que j'en ai donné dans mon ouvrage La Fin du Monde, et sur toutes les formes qu'une rencontre cométaire avec notre séjour errant pourrait présenter aux divers points de vue mécanique, physique, chimique, thermodynamique, physiologique, nous pouvons avouer que nous ignorons la forme que le destin nous réserve pour le mois de mai prochain. L'empoisonnement de l'humanité par des gaz délétères n'est pas probable. Sans doute, si l'oxygène de l'atmosphère venait à se combiner avec l'hydrogène de la queue cométaire, ce serait l'étouffement général à bref délai. Si, au contraire, c'était une diminution de l'azote, une sensation inattendue d'activité physique serait éprouvée par tous les cerveaux, et la race humaine périrait dans un paroxysme de joie, de délire et de folie universelles, probablement, au fond, très enchantée de son sort. L'oxyde de carbone, au contraire, pourrait amener l'intoxication de tous les poumons. L'analyse spectrale ne nous indique pas encore quels éléments domineront dans la queue de la comète. Les combinaisons hydrocarburées de l'azote sont fréquentes. " (8)

En fait, le passage de cette queue cométaire dans notre atmosphère dans l'après-midi du 19 mai 1910 ne se traduisit par aucune perturbation d'aucune sorte, notamment atmosphérique. Seules les personnes observant dans des conditions favorables purent déceler un crépuscule d'une splendeur inaccoutumée, rappelant ceux suivant les grandes éruptions volcaniques, comme celle, célèbre, du Krakatoa en 1883. Il est certain que des poussières très ténues, d'origine cosmique, se sont répandues dans l'atmosphère terrestre le 18 et 19 mai 1910, phénomène présentant une analogie singulière avec celui qui fut observé le 1er juillet 1908, après l'explosion de la Toungouska.

Une authentique interaction entre l'atmosphère terrestre et la queue d'une comète s'était déjà produite quarante-neuf ans plus tôt, le 29 et le 30 juin 1861, période durant laquelle la Terre avait traversé la queue de la Grande comète de 1861, visible sur les deux tiers du ciel dans l'hémisphère sud. Ce phénomène remarquable eut, entre autres, comme témoin l'astronome français Emmanuel Liais (1826-1900), alors en mission en Amérique du Sud, qui écrivit ensuite à ce propos :

" La rencontre de la Terre par la queue d'une comète n'a rien qui doive effrayer... Aujourd'hui que nos connaissances en physique nous permettent d'apprécier l'extrême rareté du milieu gazeux qui forme les appendices cométaires, il est certain que, même quand ces gaz seraient délétères, la quantité mêlée à l'atmosphère serait trop petite pour nuire aux habitants de notre globe. " (9)

Ce premier passage authentique de la queue d'une comète à l'intérieur de l'atmosphère terrestre fut observé dans l'hémisphère nord (où la comète elle-même n'était pas visible) sous la forme d'une bande lumineuse large de 30 à 35°, dirigée exactement suivant la verticale et nettement plus lumineuse que la Voie Lactée, qui fut souvent prise pour une aurore boréale (10). Il n'y eut *aucun effet biologique* signalé. C'est la raison pour laquelle Flammarion, qui aimait bien "faire peur" à ses lecteurs, n'était pas vraiment inquiet pour le remake de 1910.

Aujourd'hui, la majorité des spécialistes sont d'accord pour affirmer que ces balayages de la Terre par des queues cométaires ne peuvent, *en aucun cas*, entraîner des désastres génétiques ou écologiques. Ces queues sont, en effet, d'une teneur si raréfiée (comme le savaient déjà les astronomes de 1860) que l'atmosphère terrestre est pratiquement du plomb en comparaison. Mais quelques auteurs sont d'un avis contraire et pensent que les queues cométaires, tout au moins certaines d'entre elles, pourraient être responsables de plusieurs épidémies *inséminées* sur la Terre depuis l'Antiquité. Ils rejoignent ainsi certains auteurs anciens qui tenaient la relation queue-de-comète/épidémie pour acquise.

Hoyle et Wickramasinghe et la panspermie microbienne

Aujourd'hui, les comètes ne créent plus la vie (tout au moins sur la Terre), mais elles pourraient bien, par contre, véhiculer la mort. Ce sont Fred Hoyle et Chandra Wickramasinghe qui se trouvent à la base de cette hypothèse de la *panspermie microbienne* (11). Ces deux auteurs ont émis l'idée assez étonnante que certaines grandes épidémies de l'Antiquité et du Moyen Age, dont l'origine est toujours restée mystérieuse, pourraient avoir été provoquées par l'apport de germes pathogènes contenus dans des queues de comètes ayant eu une interaction avec l'atmosphère terrestre, au cours d'un passage à proximité relative de notre planète. Dans certains autres cas, ces germes pourraient provenir de débris cométaires récents essaimés le long de leur orbite par des comètes à courte ou longue période, et non encore détruits par les diverses radiations cosmiques.

Cette idée de panspermie microbienne n'est pas nouvelle en fait, contrairement à ce que l'on pourrait croire, et elle a été soupçonnée dès l'Antiquité, avant d'être reprise au XIXe siècle par plusieurs auteurs (12). Tous les méfaits imputés aux comètes ont été recensés vers 1830 par un médecin anglais, Thomas Forster (1789-1850), dans son *Essai sur l'influence des comètes sur les phénomènes de la Terre*, quand l'astronome allemand Wilhelm Olbers (1758-1840) eut calculé que la comète D/Biela s'approchait à seulement 28 000 km de l'orbite terrestre et que, par conséquent, une interaction avec la queue de cette comète, et même une collision, n'était pas à exclure dans l'avenir. On sait que D/Biela se fragmenta peu après, en 1845, avant de se désintégrer et d'être la source des deux fantastiques averses de *Biélides* de 1872 et 1885.

Il ne faut pas oublier que les comètes ont toujours été considérées avec crainte par les peuples anciens, et cela dans toutes les parties du monde, et le recensement du docteur Forster, qui peut paraître bien dérisoire (Arago s'est moqué de lui à l'époque), n'était que l'expression d'une inquiétude larvée face aux comètes, surtout après la très forte approche de D/Lexell en 1770 et la découverte du fait que D/Biela était sur ce qu'on appelle aujourd'hui une orbite de quasi-collision.

On peut mettre ce sentiment de peur sur le compte d'un obscurantisme millénaire, fléau dont certains ont encore du mal à se soustraire à l'époque présente. Mais ce serait peut-être voir les choses un peu trop sommairement. Car souvent des comètes ont été notées dans le ciel, alors que sévissaient des épidémies sévères, notamment la peste. C'est cette *présence simultanée* comète-épidémie qui les a fait associer dans l'esprit des peuples victimes et ce n'était peut-être pas toujours sans raison. La question se pose donc ainsi sur le plan scientifique : " *Oui ou non l'arrivée dans l'atmosphère de matériaux cométaires peut-elle encore affecter la biologie terrestre ?*" Hoyle et Wickramasinghe sont d'avis que ces invasions biologiques extraterrestres n'ont jamais cessé totalement et se poursuivent de nos jours. Ces invasions peuvent prendre la forme de nouveaux *virus* et d'*infections bactériennes* qui frappent notre planète à des intervalles irréguliers et qui tombent au sol dans des poussières d'origine cométaire, ou à l'intérieur de matériaux météoritiques.

Les rapports sur des épidémies inexplicables sont légion dans l'histoire de nombreux pays. Elles sont toutes différentes, mais beaucoup ont des points communs. Elles débutent soudainement sans cause bien définie, elles affligent des villes entières et se propagent rapidement. Cependant, ces épidémies sont de courte durée, environ un an, et n'affectent jamais la population mondiale dans son ensemble. L'infection primaire pourrait venir du contact direct entre la poussière cométaire contaminée et les humains, ou passer par l'intermédiaire d'autres créatures comme les moustiques ou les rats. Ensuite, la transmission de personne à personne diminue sensiblement la virulence de la maladie qui finit par s'enrayer d'elle-même, non sans avoir fait, parfois, des milliers et même des millions de victimes.

Quoique l'hypothèse de ces épidémies d'origine cosmique soit plausible, et qu'elle ait été reprise dans les années 1970 par deux savants de stature mondiale, il faut cependant signaler qu'elle laisse sceptiques la grande majorité des chercheurs. Il faudra des *preuves* pour que la panspermie microbienne gagne ses lettres de noblesse dans l'éventail des théories scientifiques indiscutables. Il n'est pas exclu toutefois que ces preuves nous soient apportées dans un siècle futur par une nouvelle comète venue du fond du Système solaire et qui, par l'entremise d'un balayage de la Terre avec sa longue queue de poussières, déposera sur notre planète quelques virus pathogènes. Alors on pourra dire que les Anciens, pour craintifs qu'ils aient été, n'étaient pas aussi arriérés que l'on a trop voulu le laisser croire.

Conclusion : l'impératif extraterrestre

Ce concept d'*impératif extraterrestre* est dû à l'ingénieur spatial américain, d'origine allemande, Krafft Ehricke (1917-1984) (13) qui, comme quelques autres grands savants allemands, se vit proposer un contrat de travail par les Américains à la fin de la dernière guerre. Le premier, Ehricke a compris que l'avenir de l'homme, à long terme, se situait dans l'espace, et toute sa vie il a été un fervent propagandiste de l'exploration des diverses planètes, mais surtout de *l'humanisation du Système solaire*. Vérité difficile à faire accepter, même aux Etats-Unis, car onéreuse et peu susceptible d'amener des résultats immédiats. Comme beaucoup de visionnaires, ce premier philosophe de l'espace fut souvent critiqué et considéré comme un utopiste.

Et pourtant, pour tous les savants qui voient plus loin que le présent immédiat, l'avenir de l'homme, c'est bel et bien l'espace (14). Cette vérité, déjà assénée par les pionniers de l'astronautique, sera incontournable à long terme. Un astrophysicien comme Nicolas Prantzos n'en doute pas. Dans son livre *Voyages dans le futur* (15), sous-titré *L'aventure cosmique de l'humanité*, il envisage déjà très sérieusement la place de l'homme dans cet Univers en perpétuelle évolution.

Il n'est pas évident que la Terre soit très longtemps habitable pour les hommes, tout au moins tels qu'ils existent actuellement, et "fabriqués" pour être performants dans des conditions atmosphériques et climatiques assez étroites. La biosphère peut se trouver altérée, notamment en cas de *catastrophe nucléaire* (voir Tchernobyl) et devenir rapidement invivable, avec des répercussions sur la *stérilité* de certaines espèces, dont la nôtre. En quelques générations, l'espèce humaine pourrait être rayée de la carte, car incapable de se reproduire d'une façon viable.

L'impératif extraterrestre peut donner à l'homme une possibilité appréciable de survie provisoire, et même à plus long terme s'il arrive à s'adapter à la nouvelle donne. On sait que l'homme est la première espèce engendrée par l'évolution qui soit capable d'*influencer sur son avenir*, ce qui est un progrès inouï par rapport aux espèces précédentes qui ne pouvaient que *subir*.

" Nos sondes quittent maintenant le Système solaire, porteuses de messages pour les étoiles lointaines, cependant que nos radiotélescopes se mettent à l'écoute des autres galaxies.

Trouver des formes de vie autres, dialoguer avec des civilisations extraterrestres, ces vieux rêves de l'humanité se concrétisent aujourd'hui. La réalité dépasse déjà la science-fiction...

A travers les planètes étranges et les étoiles nouvelles, les quasars et les trous noirs, bientôt les autres peuples de l'espace, n'est-ce pas sa propre identité que poursuit l'humanité dans sa quête cosmique ? " (16)

On voit où mène la contingence de Stephen Jay Gould (1941-2002), l'impératif extraterrestre de Krafft Ehrlicke et l'appel des étoiles de Carl Sagan (1934-1996) : à la survie de l'espèce humaine, si elle accepte l'exil de sa planète mère. En attendant l'étape suivante obligatoire : *Homo galacticus*, différent, plus moderne, mais bel et bien authentique successeur de *Purgatorius*, via *Oligopithèque*, *Homo erectus* et *Homo sapiens*. Quelques dizaines de millions d'années et quelques dizaines de cataclysmes d'origine cosmique séparent *Purgatorius* de son futur successeur cosmique, mais ils font partie de la même lignée, lignée dans laquelle nous sommes un simple jalon : "le Primate à la mode".

On apprécie encore davantage, malgré ses nombreux défauts, la période *cruciale* que nous vivons, et on savoure la chance unique d'avoir vécu ce grand jour du 20 juillet 1969 où Neil Armstrong et Edwin Aldrin foulèrent le sol lunaire, faisant entrer l'homme dans une ère nouvelle.

Mais le rêve ne doit jamais faire oublier un impératif plus pragmatique : la *survie de l'espèce*. Et l'obligation en filigrane de rendre habitables les planètes voisines ou de prévoir une solution de remplacement. Pour ce faire, nous allons voir dans les sections suivantes deux solutions souvent envisagées. La première concerne surtout le long terme avec le terraformage de Vénus et de Mars. La seconde concerne l'installation de villes de l'espace et pourrait être éventuellement mise en place durant le XXI^e siècle, si le besoin s'en faisait vraiment sentir.

Rendre Mars et Vénus habitables

Quitter la Terre et s'installer ailleurs. C'est un vieux rêve sur lequel philosophaient les astronomes du XIX^e siècle, quand on croyait encore que l'habitabilité de Vénus et Mars était chose possible. Mais les progrès de l'astrophysique ont brisé ce rêve chimérique, et l'on sait aujourd'hui que ce ne sera pas facile de rendre habitables les deux planètes voisines. Car si elles sont facilement accessibles de nos jours aux sondes spatiales, les conditions de vie y sont pires que prévu, surtout sur Vénus qui devra être totalement terraformée pour devenir un lieu de repli à l'espèce humaine.

Mais, même si cela peut demander des milliers d'années, la tâche ne paraît pas insurmontable contrairement aux apparences. Certains ingénieurs spatiaux planchent déjà sur diverses solutions qui pourraient transformer les deux planètes voisines en annexes de la Terre au même titre que la Lune, et en général, ils se montrent assez optimistes.

Réchauffer Mars

Pour Mars, dont le cas est beaucoup plus simple, et sera donc résolu en premier, le terraformage passe d'abord par un réchauffement de son atmosphère, mais aussi par sa densification. On sait qu'actuellement la planète rouge est hostile à une vie comme la nôtre, ce qui n'a rien de surprenant compte tenu de la composition de son atmosphère, trop peu dense, trop froide, mais aussi toxique. Mais elle a probablement déjà accueilli la vie, apportée par des comètes ou de la poussière cosmique, vie qui a eu des difficultés à s'installer et à prospérer, avant de disparaître du fait peut-être d'un impactisme plus virulent encore que sur la Terre.

Pour les ingénieurs spatiaux, le problème immédiat est le suivant : il faut rendre possible *l'existence d'eau liquide*, qui apparemment a déjà existé dans un lointain passé (17). Pour ce faire, ils envisagent donc de modifier la composition des éléments volatils nécessaires à une vie quasi terrestre : eau, azote, carbone et oxygène qui existent déjà sur Mars, mais non sous une forme gazeuse. Ils existent seulement dans le sol de la planète et dans les calottes polaires.

Plusieurs scénarios sont à l'étude par les ingénieurs spatiaux, jamais à court d'idées neuves, sachant que le plus urgent est un réchauffement initial de l'atmosphère. On pense à introduire une grande quantité d'éléments volatils à partir d'un astéroïde carboné de type C que l'on ferait s'écraser à la surface. Un autre scénario plausible consisterait à introduire massivement des CFC (sigle de chlorofluorocarbures) qui sont des gaz de synthèse fabriqués à partir de méthane, d'éthane ou d'éthylène et de propène et qui ont la particularité d'être peu toxiques et miscibles dans l'eau. Du fait qu'ils absorbent le rayonnement infrarouge, ils participent à l'accroissement rapide de l'effet de serre et seraient très utiles pour réchauffer la planète d'environ une vingtaine de degrés.

Un autre scénario consisterait à introduire massivement des bactéries capables de métaboliser l'azote du régolite martien et de produire de l'ammoniac, autre gaz à effet de serre susceptible de réchauffer l'atmosphère d'une manière substantielle.

On pense que plusieurs processus différents seront nécessaires au début pour envisager avec succès le terraformage de Mars (18). Science-fiction d'aujourd'hui et réalité d'après-demain, tous les spécialistes y croient comme une probabilité sérieuse à long terme. Les plus optimistes pensent même qu'un seul millier d'années pourrait suffire, ce qui semble quand même très optimiste.

Refroidir Vénus

Rendre Vénus habitable sera beaucoup plus difficile et beaucoup plus long. Elle a une atmosphère écrasante, puisque sa pression à la surface est de l'ordre de 90 atmosphères terrestres, et brûlante avec une température de surface voisine de 500 °C. On sait que le formidable effet de surchauffe est du principalement au gaz carbonique et à la vapeur d'eau. Son terraformage consistera donc d'abord, à l'inverse de ce qu'il faudra faire pour Mars, à refroidir l'atmosphère et surtout à la désépaissir sérieusement.

On pourrait tenter de souffler cette atmosphère en faisant s'écraser plusieurs astéroïdes de taille décakilométrique, mais cela paraît bien insuffisant. On a aussi parlé de faire désintégrer des NEA de type Aten et Apollo (des Vénus-crossers qui existent déjà par milliers) à proximité de Vénus, entre celle-ci et le Soleil, pour diminuer la chaleur extérieure reçue par la planète. C'est la technique envisagée par Christian Marchal, un ingénieur français, à la fin des années 1970 (19). Privée d'énergie solaire, Vénus pourrait refroidir progressivement, mais on voit mal comment on pourrait obliger la matière désintégrée à rester en permanence entre Vénus et le Soleil, à moins de renouveler constamment le processus. Dans ce scénario, l'impactisme planétaire et les NEA seraient donc de précieux alliés de l'homme dans sa conquête de l'espace. Les impacts n'auraient donc pas obligatoirement un effet négatif.

Carl Sagan (20), dans les années 1970, se montrait extraordinairement inventif et optimiste, prônant d'ensemencer les nuages vénusiens avec une algue (l'espèce *nostocacae*) qui effectuerait sa synthèse et qui permettrait au gaz carbonique et à l'eau de se convertir en composés organiques, surtout en hydrates de carbone et en oxygène.

" Les algues seraient transportées par la circulation atmosphérique vers des couches plus basses de l'atmosphère, où elles seraient cuites. La cuisson d'une algue libère dans l'atmosphère de simples composés carboniques, du carbone et de l'eau. La teneur en eau demeure constante, tandis que le résultat est la conversion du gaz carbonique en carbone et en oxygène...

Comme le gaz carbonique est converti en carbone et en oxygène, et que l'oxygène se combine chimiquement avec l'écorce de Vénus, la pression globale s'abaisserait, ainsi que le taux d'absorption atmosphérique de l'infrarouge, l'effet de surchauffe se réduirait, et la température descendrait.

Ainsi donc il se peut que l'injection dans les nuages de Vénus d'algues cultivées à cet effet – algues dont le rythme de reproduction excéderait celui de la cuisson – transforme, à terme, le milieu vénusien, aujourd'hui extrêmement hostile, en un lieu plaisant pour les êtres humains. " (21)

Sagan, qui n'y allait pas de main morte, concluait qu'une fois condensée à la surface de Vénus, la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère donnerait une couche d'eau d'une trentaine de centimètres : " *Pas un océan, mais de quoi irriguer le sol et satisfaire les besoins humains* ". Avec lui, le problème de la survie de l'homme en dehors de son berceau terrestre ne faisait pas de doute. Il faut simplement s'attaquer au problème dès que possible.

La diminution drastique des crédits de la NASA consacrés à l'espace, à l'époque du Président Ronald Reagan (1911-2004), dans les années 1980, a tempéré ce bel optimisme des années 1970. Aujourd'hui encore, au début des années 2000, il faut admettre que les priorités budgétaires sont plutôt terrestres (militaires) et que l'espace n'est plus une priorité et devra attendre des jours meilleurs en dépit de quelques succès ponctuels retentissants. Mais les idées restent, et il y en aura d'autres.

Le danger des radiations existera toujours

On peut faire toute confiance à nos successeurs, ils trouveront probablement le moyen de rendre habitables les deux planètes sœurs. Avec du temps, quelques *milliers* d'années pour Mars, quelques *dizaines de milliers* d'années pour Vénus sans doute, ils viendront à bout de ce double chantier qui paraît quelque peu surhumain et utopique avec nos moyens actuels.

Mais quoi qu'il en soit, rien ne sera jamais totalement idyllique. En effet, il faut bien garder une chose à l'esprit. Vénus et Mars seront toujours soumises, comme la Terre, à un double impactisme : macroscopique, mais aussi et surtout *particulière*. On sait que l'atmosphère terrestre est notre indispensable bouclier antiradiations, un bouclier très efficace. Mais qu'en sera-t-il des futures atmosphères martienne et vénusienne terraformées ? Pourront-elles filtrer, comme la nôtre, les rayons ultraviolets, X et autres particules crachés sans discontinuer par le Soleil ? Et les rayons cosmiques, ne perturberont-ils pas la belle atmosphère relookée par les ingénieurs spatiaux ? Comme nous l'avons vu plus haut, une colère du Soleil aurait aussi ses répercussions sur les deux planètes, surtout sur Vénus, d'ailleurs, qui est plus proche et donc davantage exposée.

Envisager des colonies extraterrestres artificielles

Hors les deux planètes voisines, aucun autre astre du Système solaire n'est terraformable dans les millénaires à venir. Seules des *stations spatiales* peuvent être envisagées sur certains astéroïdes ou quelques satellites, mais ce n'est pas la même chose qu'une planète *habitable*. Eros, par exemple, pourrait peut-être accueillir une mini-colonie humaine, mais pour y faire quoi, si ce n'est une station scientifique du genre de celles qui travaillent en Antarctique ? Quelques *centaures* pourraient également accueillir des stations de reconnaissance, mais il ne s'agira jamais de *colonisation*.

Contrairement à l'alternative précédente consistant à terraformer les deux planètes voisines, qui ne peut devenir opérationnelle que sur le long terme (1000 ans pour Mars, plusieurs milliers d'années au bas mot pour Vénus), les colonies extraterrestres *artificielles* peuvent se mettre en place en quelques décennies seulement. D'où leur intérêt évident, même si cela a encore un petit côté science-fiction.

Cette éventualité a été étudiée dans les années 1970, notamment par le physicien américain Gerard O'Neill (1927-1992) qui a écrit un livre passionnant (et évidemment très controversé) sur le sujet : *Les villes de l'espace* (22) . Il considère à juste titre, que de telles colonies assureraient la survie de l'humanité en cas de cataclysme.

" Quand nous aurons colonisé l'espace interplanétaire - ce qui pourrait se produire dès le début du XXIe siècle, d'après le calendrier du physicien de Princeton Gerard K. O'Neill - nous aurons accessoirement gagné notre indépendance par rapport aux futures catastrophes de la Terre. La survie des plus adaptés, à l'échelle d'un bouleversement géologique, pourrait signifier celle des espèces qui, à un moment donné, ont réussi la conquête de l'espace. " (23)

O'Neill postule pour l'installation d'îles de l'espace aux *points de Lagrange* (24) L5 et L4 de la Lune, ou plus exactement dans les régions de stabilité tournant autour de ces points selon une très grande orbite. Il appelle d'ailleurs ces zones de stabilité *Lagrangia*.

Pour O'Neill, un grand visionnaire de l'astronautique, si l'humanité s'y prend suffisamment tôt, elle peut assurer pour longtemps sa survie hors de la Terre, si celle-ci devait être menacée par un cataclysme cosmique ou écologique rendant notre planète invivable.

" Dans chacune de ces régions, un grand nombre d'habitats pourraient s'installer ; ils graviteraient autour de leurs points de Lagrange en 89 jours, parcourant lentement une orbite de 800 000 kilomètres environ. Cinq mille habitats, disposés dans un même plan autour d'un point de Lagrange, occuperaient un disque de 16 000 km de diamètre environ, ce qui est bien peu, comparé à la dimension de l'orbite stable. Chaque grande communauté pouvant accueillir plusieurs milliers de personnes, Lagrangia pourra accueillir une population totale plusieurs fois égale à celle de la Terre. Incidemment, nous n'avons pas à redouter que les orbites de Lagrange elles-mêmes deviennent trop petites. On pourrait placer des communautés sur n'importe quelle orbite du Système solaire ; des modèles appropriés de miroirs leur fourniraient en permanence un ensoleillement aussi intense que celui que nous connaissons (quand il fait beau) sur Terre. " (25)

On voit l'extraordinaire optimisme (l'utopie pour beaucoup) du physicien américain, très violemment contesté aux Etats-Unis dans les années 1970, qui résout à la fois le problème du cataclysme cosmique destructeur pour l'humanité, mais aussi celui, peut-être plus immédiat, de la surpopulation au XXI^e siècle. Malheureusement, comme tous les visionnaires, O'Neill n'est pas près d'être suivi, les contingences financières réduisant son projet à zéro, tout au moins pour l'immédiat.

Une chose apparaît clairement à la lecture de son livre : l'humanité n'est en rien condamnée d'avance *si elle accepte de s'expatrier*, pour survivre d'abord et pour se multiplier et coloniser le Système solaire ensuite. Le cosmos l'attend... C'est bien le XX^e siècle, totalement révolutionnaire, qui aura fait prendre conscience à l'homme que son avenir est cosmique.

Comme l'a écrit, dès le début du XX^e siècle, le savant russe Konstantin Tsiolkovski (1857-1935), l'un des pionniers de l'aéronautique :

" Notre planète est le berceau de l'humanité, mais on ne reste pas au berceau toute sa vie. " (26)

Spaceguard : la sauvegarde de l'humanité

L'impératif désormais admis par tous (astronomes, militaires et politiciens) est la prise en compte du danger cosmique. On comprend mieux aujourd'hui l'intérêt, et même la nécessité absolue, de la fondation *Spaceguard*. Identifier tous les *objets potentiellement dangereux*, qui ont leur sigle depuis les années 1990 : PHO (pour *Potentially Hazardous Objects*), et calculer toutes les approches serrées à l'avance pour pouvoir intervenir en temps utile si cela est nécessaire. C'est le minimum sur lequel tout le monde est d'accord.

Une liste des approches prévues existe et est constamment actualisée par les spécialistes (27). Les très fortes approches réelles à la Terre à moins de 7,5 millions de km (= 0,050 UA et 1/20 d'unité astronomique) se chiffreront à plusieurs milliers par siècle. Mais cette liste reste pour le moment très incomplète. Il est bien évident que les objets les plus dangereux sont ceux qui ne sont pas encore découverts. Apophis, découvert en 2004 seulement, l'a confirmé.

L'affaire est devenue à la fois scientifique et à la fois militaire. Les militaires américains, mais aussi russes et chinois ne pouvaient pas laisser de côté le fameux "*ennemi extérieur*", une véritable aubaine pour tous. Les militaires se sont institués "sauveurs de l'humanité", et pour être totalement crédibles (ce qui est loin d'être le cas, surtout aux États-Unis), ils sponsorisent (parallèlement à leurs propres investigations technologiques) la recherche d'astéroïdes potentiellement dangereux. Tous sont partie prenante, directement ou indirectement, de la fondation *Spaceguard*, qui avec son côté international, se veut rassurante et pragmatique. Plusieurs documents essentiels sont parus à ce sujet (28/29), abordant les divers problèmes scientifiques et techniques indispensables à bien maîtriser.

Une chose est déjà sûre : le Congrès américain a péché par optimisme en croyant que les astronomes seraient capables d'identifier la quasi-totalité des NEO en une dizaine d'années. Comme l'a bien expliqué le spécialiste italien Andrea Carusi, premier responsable de *Spaceguard* :

" Le Congrès américain a péché par optimisme. Comme l'a démontré le rapport Morrison, il est impensable d'identifier - et certainement pas en dix ans - tous les objets dangereux. Parmi les objets menaçants, on compte les comètes, que leur révolution soit courte ou longue. Or, tandis que l'on peut suivre le parcours des comètes de révolution courte, certes difficilement et avec une certaine approximation, les comètes de révolution longue sont totalement imprévisibles. Elles sont généralement découvertes quand elles se trouvent déjà bien à l'intérieur du système planétaire, quelques mois avant de passer à proximité du Soleil (donc de la Terre). Néanmoins, selon les estimations les plus courantes, l'ensemble des comètes ne représente que 10 % tout au plus de la population des objets, alors qu'elles constituent environ 25 % du danger total. " (30)

Les astronomes se méfient terriblement des comètes depuis 1983, quand IRAS-Araki-Alcock, comète usée (et donc d'apparence astéroïdale à plus de 0,20 UA de la Terre) de *plusieurs kilomètres* de diamètre, qui a une période de révolution de l'ordre de 1000 ans, est venue frôler la Terre sans coup férir, et surtout sans s'annoncer, puisqu'elle a été découverte au dernier moment. La Terre et l'espèce humaine l'ont échappé belle ! D'autres objets identiques existent et ne seront identifiés qu'alors *qu'il sera déjà trop tard* pour réagir efficacement, si le besoin s'en fait vraiment sentir. Les astronomes ne sont pas des magiciens, et il ne faut pas leur demander l'impossible.

Cela dit, la fondation *Spaceguard* est un progrès énorme, puisqu'il s'agit pratiquement du premier programme (quasiment d'utilité publique) auquel acceptent de participer des pays très différents idéologiquement, comme les États-Unis, la Russie et la Chine, et ses résultats globaux s'annoncent tout à fait spectaculaires. Le premier maillon de *Spaceguard*, *Spacewatch*, le télescope automatique installé à Kitt Peak, a magnifiquement dégrossi le terrain avec sa cinquantaine de découvertes annuelles depuis 1990. Depuis 1996, une demi-douzaine d'autres équipes lui prêtent main forte avec un succès inattendu par son ampleur. En octobre 2005, pour la première fois, plus de 100 NEA ont été découverts en un seul mois, soit une moyenne journalière largement supérieure à 3, nombre totalement inimaginable vingt ans plus tôt, même par les spécialistes les plus optimistes.

Tous les chercheurs pragmatiques le reconnaissent enfin aujourd'hui : le danger cosmique reste omniprésent à l'échelle astronomique. C'est la raison pour laquelle le cataclysme destructeur prévu par les statistiques ne pourra pas toujours être évité. Une épée de Damoclès existe en permanence au-dessus de nos têtes.

Faire face aux impacts : les stratégies envisagées

Nous avons vu au chapitre 4 comment les militaires américains, qui se désespéraient à la fin des années 1980 de la disparition de leur ennemi traditionnel avec la désintégration de l'URSS, avaient rapidement trouvé la parade à leurs déboires et à la baisse annoncée de leurs (énormes) crédits d'armement. En faisant connaître au monde, mais principalement au peuple et au Congrès américains, l'existence d'un redoutable "*ennemi extérieur*" sous forme de météorites géantes qui pénètrent chaque mois dans l'atmosphère terrestre, ils s'imposaient en même temps comme les sauveurs incontournables de la planète pour l'avenir.

Leurs nombreux ingénieurs et experts en tout genre eurent vite fait d'entreprendre des recherches pour mettre au point des parades aux possibles impacts d'astéroïdes et de comètes. De nombreux scénarios (31) ont été étudiés pour *détruire*, ou plus simplement *détourner*, tout objet qui s'avérerait dangereux. Mais les scientifiques ne veulent pas être en reste, et plusieurs d'entre eux ont déjà mis au point des solutions, certaines fort astucieuses. En fait, dans l'avenir, les décideurs (des politiques sans doute) auront le choix entre plusieurs ripostes possibles, pouvant être différentes selon le type et la taille de l'objet menaçant.

Nous allons en étudier quatre sommairement, mais il en est d'autres qui s'avéreront également crédibles, une fois qu'elles auront été améliorées.

– 1. **La bombe nucléaire.** C'est, bien sûr, la solution militaire déjà évoquée dans le film *Meteor*, sur laquelle travaillent Américains, Russes et Chinois. Elle est quasiment au point, car depuis de nombreuses années tous les calculs théoriques indispensables ont été effectués. Dans ce scénario classique, des charges nucléaires sont emportées par des fusées et tirées sur le corps céleste menaçant. Les simulations montrent qu'un projectile de 30 tonnes pourrait dévier de 100 mètres environ la trajectoire d'un astéroïde. C'est peu, mais suffisant, semble-t-il, pour détourner un objet sur une orbite de collision sur une autre orbite sans danger.

Les spécialistes voient grosso modo les choses de la manière suivante : l'explosion d'une charge nucléaire *à la surface même d'un astéroïde* créerait un cratère important et cela entraînerait une substantielle perte de masse. L'impulsion et l'onde de choc déclenchées seraient suffisantes pour détourner l'objet menaçant. Le risque est double dans l'hypothèse de la bombe cosmique. Le principal est lié au lancement, gare s'il est raté, la Terre en subirait les conséquences. L'autre risque est celui de briser l'astéroïde en de nombreux fragments qui poursuivraient leur route. On se trouverait alors face à un *impact multiple*, du genre de celui de la comète Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter avec une vingtaine de fragments principaux de taille pouvant être kilométrique et hectométrique selon le diamètre du corps initial, ou même carrément face à une *pluie de mini-fragments* qui pourrait s'avérer

extrêmement dangereuse et totalement incontrôlable, avec une multitude de cataclysmes *locaux* meurtriers. Pour pallier ce danger, certains spécialistes préconisent plutôt de faire exploser l'arme nucléaire, non sur l'objet lui-même, mais à côté. L'onde de choc engendrée par l'explosion devrait également être suffisante pour dévier l'objet dangereux, mais on n'en est encore qu'aux simulations, et entre simulation et la réalité, il peut y avoir des variantes d'importance.

– 2. **Le filet à billes.** Cette solution a été proposée par le physicien américain Edward Teller (1908-2003), le père de la bombe H, qui a repris du service à près de 90 ans. Son vieux cerveau, toujours créatif, a imaginé un stratagème remarquable, qui pourrait être fort efficace si l'objet cosmique menaçant n'est pas trop volumineux (200 mètres), et qui a le gros avantage de ne pas faire appel au nucléaire.

Le scénario est le suivant. Une multitude de microprojectiles d'une vingtaine de grammes au maximum (plusieurs millions de billes de tungstène, d'après Teller) sont largués à proximité du corps cosmique, en avant de celui-ci. Pour éviter qu'elles s'éloignent les unes des autres, elles sont reliées entre elles par une fibre solide, un véritable filet, qui entre en collision avec l'objet menaçant à grande vitesse. La première bille le transperce à une grande profondeur, la seconde continue le travail et ainsi de suite. Le criblage de la surface, puis de l'intérieur de l'objet, par des dizaines de milliers de microprojectiles lancés à grande vitesse devrait pulvériser un objet jusqu'à 200 mètres de diamètre.

– 3. **Le miroir géant.** Cette solution astucieuse a été proposée par le planétologue américain Jay Melosh et pourrait être efficace pour des gros objets, notamment des comètes, si on les découvre longtemps avant l'impact calculé. Elle consiste à faire fondre l'objet menaçant.

Dans ce scénario, un miroir concave géant (plusieurs centaines de mètres) en aluminium est lancé dans l'espace. En focalisant les rayons du Soleil en permanence sur une partie très précise du corps cosmique, on doit pouvoir augmenter sa température jusqu'à 1000 °C environ. Cela devrait entraîner la fonte d'une partie importante du corps céleste, surtout s'il s'agit d'une comète, et permettre de le dévier sur une orbite sans danger pour la Terre.

– 4. **Le billard cosmique.** Cette technique n'est pas nouvelle (en tant qu'idée) et a déjà été envisagée pour détruire un objet menaçant, à condition que l'on sache longtemps à l'avance la date de collision prévue. Elle consiste à changer la course d'un petit objet céleste, de telle manière qu'il entre ensuite à grande vitesse en collision avec un objet plus gros, les deux étant alors pulvérisés dans l'espace.

Dans cette hypothèse, qui sera peut-être envisageable dans l'avenir dans certains cas particuliers, notamment celui d'une grosse comète dangereuse repérée longtemps à l'avance, il faut dans un premier temps tirer un projectile capable de dévier un petit astéroïde (avec l'option 1 de la bombe

nucléaire) et maîtriser son orbite pour pouvoir atteindre le deuxième objet. Inutile de dire que cette solution n'est pas pour demain, mais elle pourrait être la plus efficace pour détruire un gros objet d'une dizaine de kilomètres.

Les militaires et les ingénieurs planchent maintenant sur les différentes formules acceptables qui peuvent être utilisées pour protéger la Terre du danger cosmique. Il paraît clair que plusieurs techniques puissent être envisagées selon la nature exacte du danger : une comète peut être plus facilement détruite qu'un astéroïde métallique. Outre les quatre possibilités évoquées ci-dessus, certaines autres peuvent se montrer appropriées à des cas particuliers. Un objet de cent mètres ne présente pas le même danger qu'un objet de taille kilométrique, et il sera nécessaire de bien appréhender *le pour et le contre* de chaque intervention. Il serait inacceptable que le remède soit pire que le mal lui-même ! C'est un risque à ne pas négliger.

Laisser des documents pour les civilisations futures

Les chercheurs actuels souffrent cruellement du manque d'informations disponibles concernant la haute antiquité, informations qui pourraient les éclairer sur les catastrophes terrestres et d'origine cosmique du passé. Aucun texte ancien n'a expliqué avec une relative précision le cataclysme du Santorin, pourtant formidable, et qui ne date que du II^e millénaire avant notre ère (autour de -1600 d'après les volcanologues). Son souvenir était déjà perdu chez les Grecs, et ne survivait que sous forme de légendes imprécises et complexes, quasiment indéchiffrables sur un plan scientifique. Les Crétois, et plus généralement la civilisation minoenne, n'ont laissé aucun témoignage sur ce cataclysme dont ils furent les principales victimes et auquel pourtant une partie non négligeable d'entre eux survécurent. On peut se demander pourquoi.

De tels documents écrits ont-ils existé ? Difficile à dire. Ont-ils été détruits ? On sait que certaines grandes bibliothèques de l'Antiquité ont été détruites inconsidérément, notamment celle d'Alexandrie. Mais de nombreux savants et philosophes y ont eu accès auparavant, et aucun d'entre eux n'a parlé de textes écrits concernant le cataclysme du Santorin, ni des autres grands cataclysmes ayant eu pour cadre le Bassin méditerranéen.

Il est impératif aux yeux des scientifiques et autres intellectuels modernes de prévoir le pire (qui est bien loin d'être exclu), et de laisser à nos descendants *des traces écrites* de notre civilisation. On sait, d'une manière certaine, qu'un cataclysme peut détruire au cours des siècles prochains la *civilisation* actuelle. Mais de toute manière, il y aura des survivants qui "referont surface" et qui redémarreront très progressivement sur les ruines de cette ancienne civilisation. Ces survivants auront *le droit de savoir* ce qui s'est passé *avant le cataclysme* qui les a fait reculer de plusieurs millénaires, et qu'il a existé, avant eux, une autre civilisation avancée. Le bouche à oreille qui prévaudra les premiers temps n'aura jamais la crédibilité suffisante pour

assurer la transmission exacte des informations et des connaissances détenues par les survivants, et des écarts significatifs avec la réalité existeraient dès la deuxième génération. Ce savoir, *notre savoir*, résumé des connaissances essentielles du monde ancien, devra être facilement *accessible* et *compréhensible* pour être utilisable par les descendants des survivants du cataclysme.

La destruction *voulue* de documents anciens est un crime contre l'humanité. Un crime aussi contre l'intelligence et la raison. Pour terminer ce chapitre, voici un texte dû à l'explorateur français Paul-Émile Victor (1907-1995), datant de 1981 et paru comme conclusion de l'avant-propos de la traduction française du livre de Charles Hapgood, *Les cartes des anciens rois des mers* (32) :

" ... Il y a deux mille ans, Jules César, au nom de la civilisation romaine, brûla Alexandrie. Avec Alexandrie disparut sa bibliothèque, unique au monde, de 500 000 volumes (on parle même d'un million...).

Il y a une décennie, Mao Tsé-toung, au nom de la civilisation chinoise communiste, fit détruire par sa révolution culturelle (culturelle... !) plusieurs centaines de milliers (on parle, là aussi, de plus d'un million) de livres uniques au monde.

C'est ainsi que disparaît toute trace des civilisations. " (33)

On sait que certains chercheurs (et notamment Charles Hapgood lui-même) ont postulé pour une civilisation ancienne relativement avancée et disparue sans laisser de traces, tout au moins de traces indiscutables, suite à un grand *cataclisme géophysique* qui aurait entraîné le déplacement des pôles géographiques. Cette idée, très contestée par les milieux scientifiques (et même parfois considérée comme farfelue), repose peut-être cependant sur une réalité aujourd'hui encore indéchiffrable. Pour éviter qu'une telle incertitude se reproduise dans l'avenir, il convient donc de préserver des témoignages concrets et précis de notre passage.

Faire savoir aux survivants d'un holocauste nucléaire (ou moins probablement cosmique) que nous avons *vraiment* existé paraît bien être une obligation minimale pour nous, pour éclairer ceux qui viendront plus tard. Dater approximativement notre passage ne devrait pas être trop difficile, il suffit de s'appuyer sur quelques événements astronomiques facilement déchiffrables.

Aujourd'hui la question que toute personne raisonnable se pose est celle-ci : *"Combien de temps une civilisation comme la nôtre, qui possède les armes pour se détruire, peut-elle survivre ? "* Platon, il y a vingt-cinq siècles, opposait déjà la raison et la mesure à la barbarie et au chaos. Le problème reste entier, mais la menace semble plus proche.

Notes

1. J.-C. Duplessy et P. Morel, *Gros temps sur la planète* (Odile Jacob, 1990).
2. A. Capart et D. Capart, *L'homme et les déluges* (Hayez, 1986).
3. P. Lantos, *Le Soleil en face* (Masson, 1997).
4. Ph. Henajeros, *Quand le Soleil brille trop...*, Science et Vie, 963, pp. 74-78, décembre 1997.
5. M.-A. Combes, *La menace du ciel* (Internet, 1999). L'homme, du fait d'une contingence très favorable pour lui, a eu beaucoup de *chance* jusqu'alors, contrairement aux représentants de certaines espèces disparues, elles, à cause d'une *malchance* résultant de phénomènes cosmiques (impacts et radiations).
6. E. Thellier, *Magnétisme interne* (pp. 235-376 dans *Géophysique* (Gallimard, 1971), publié sous la direction de J. Goguel.
7. G. Charpak et R.L. Garwin, *Feux follets et champignons nucléaires* (Odile Jacob, 1997). A noter surtout le chapitre 5 qui concerne " *Les radiations et le vivant* " (pp. 142-186). Citation p. 155.
8. C. Flammarion, *Rencontre probable de la comète de Halley avec la Terre*, L'Astronomie, 24, pp. 27-31, 1910. Flammarion raconte dans l'un de ses articles de l'époque qu'en 1910, aux Etats-Unis, on vendait des pilules spéciales censées protéger des effets nocifs à venir causés par l'interaction de la queue de la comète de Halley avec l'atmosphère terrestre. On se demande comment les charlatans qui commercialisaient ces pilules ont pu trouver des clients !
9. E. Liais, *L'espace céleste et la nature tropicale* (1865). Cette citation a été utilisée par Anny-Chantal Levasseur-Regourd et Philippe de La Cotardière dans leur livre *Les astéroïdes et les comètes* (p. 44).
10. R. Baer, *Passage de la Terre dans la queue de la comète de 1861* (extrait d'une lettre à Camille Flammarion), L'Astronomie, 24, pp. 404-409, 1910.
11. F. Hoyle and N.C. Wickramasinghe, *Does epidemic disease come from space ?*, New Scientist, 76, 1078, pp. 402-404, 1977.
12. A. Guillemin, *Les comètes*, 1875. Un vieux classique, plus que centenaire, encore utilisé de nos jours par les auteurs modernes.
13. M. Freeman, *Kraftt Ehricke : l'impératif extraterrestre*, Fusion, 56, pp. 27-37, 1995. Ce grand pionnier de l'exploration spatiale a compris l'un des premiers que la survie à long terme de l'espèce humaine passait par la conquête du cosmos. Il fut le premier "philosophe" de l'espace, étonnamment très peu connu en France.
14. C. Sagan, *Pale blue dot : a vision of the human future in space* (Headline Book Publishing, 1995). Carl Sagan, durant toute sa carrière, a été un propagandiste de la vie dans le cosmos et a enseigné que l'avenir de l'homme est dans l'espace.
15. N. Prantzios, *Voyages dans le futur* (Seuil, 1998). Ce livre est sous-titré *L'aventure cosmique de l'humanité*.
16. C. Sagan, *Cosmic connection ou l'appel des étoiles* (Seuil, 1975). Titre original : *The cosmic connection, an extraterrestrial perspective* (1973). Citation p. 4 de couverture.
17. C. Frankel, *La vie sur Mars* (Seuil, 1999).
18. Ph. Jamet, *Faire renaître la vie sur Mars*, Fusion, 63, pp. 4-23, 1996.

19. Christian Marchal était un ingénieur français travaillant à l'ONERA. L'un des premiers, il a saisi l'intérêt des NEA et de leur utilité pour viabiliser une planète comme Vénus, particulièrement inhospitalière. Son idée pour refroidir Vénus est très astucieuse et sera peut-être reprise dans l'avenir pour devenir une réalité d'après-demain.
20. Carl Sagan se réjouissait de vivre à l'époque de la conquête spatiale et tenait absolument à apporter sa pierre en apportant des idées originales. Dans la préface de *Cosmic connection*, il expliquait (p. 10) : "*Après des siècles de conjectures boiteuses, de spéculation débridée, de conservatisme pesant et de désintérêt à courte vue, la notion de vie extraterrestre arrive enfin à maturité*". On doit beaucoup à ce savant prématurément disparu en 1996, à 62 ans seulement.
21. C. Sagan, *Cosmic connection*, op. cit., citation p. 186.
22. G. O'Neill, *Les villes de l'espace* (Robert Laffont, 1978). Titre original : *The high frontier* (1976). Ce livre classique est dû à Gerard O'Neill, un physicien américain qui fut professeur à l'université de Princeton. On lui doit le concept des "*îles de l'espace*". Pour lui, la colonisation de l'espace est à la portée de notre civilisation.
23. Texte de R.N. Bracewell, cité dans le livre précédent, p. 211.
24. Le système Terre-Lune compte cinq points de Lagrange, notés de L1 à L5. Les trois premiers points L1, L2 et L3 sont situés sur l'axe Terre-Lune et sont associés à des points d'équilibre *instables*. Les plus intéressants sont donc nettement les points L4 et L5 qui sont *stables* et qui forment chacun le fameux triangle équilatéral avec la Terre et la Lune (d'où évidemment une distance égale), imaginé en 1772 par le mathématicien et astronome Joseph Louis, comte de Lagrange (1736-1813). Ce n'est qu'en 1906 que les premiers astéroïdes troyens (baptisés Grecs et Troyens) furent découverts dans le ciel formant un triangle équatorial avec Jupiter. Aujourd'hui on en connaît plusieurs milliers.
25. G. O'Neill, op. cit., citation p. 148.
26. Cité par N. Prantzos dans *Voyages dans le futur*, p. 21.
27. Toutes les différentes listes, actualisées chaque jour, concernant les objets connus et les approches passées et futures à la Terre peuvent être consultées sur mon site internet *LA MENACE DU CIEL*.
28. NASA, *The threat of large Earth-orbit crossing asteroids* (U.S Government Printing Office, 1993).
29. T. Gehrels (ed.), *Hazards due to comets and asteroids* (University of Arizona Press, 1994). Tom Gehrels est mort en 2011 à 86 ans. Il a été l'un des grands spécialistes des astéroïdes depuis la fin des années 1950. On lui doit notamment les quatre PLS (Palomar-Leiden Surveys de 1960, 1971, 1973 et 1977, en collaboration avec les époux van Houten, qui ont permis la découverte de plusieurs milliers d'objets, notamment des astéroïdes troyens) et aussi la mise au point, avec son équipe, du télescope Spacewatch, le premier qui a bénéficié de la technique CCD pour découvrir des astéroïdes et notamment des NEA.
30. A. Carusi, *Astéroïdes et comètes : les menaces sur la Terre*, Pour la Science, 212, pp. 90-97, 1995. Citation p. 97.
31. S. Raphaël, *Feu sur les astéroïdes !*, Sciences et Avenir, 606, pp. 54-57, août 1997.

32. C.H. Hapgood, *Les cartes des anciens rois des mers* (Ed. du Rocher, 1981). Titre original : *Maps of the ancient sea kings* (1966). Un livre qui a fait grincer bien des dents, mais qui pose plus de questions qu'il n'en résout. Ces cartes de Hapgood sont un véritable casse-tête, et tous ceux qui ont voulu les prendre trop à la légère ne savent pas toujours de quoi ils parlent.

33. Avant-propos de Paul-Émile Victor pour le livre précédent. Citation p. 14. La possibilité d'une civilisation de niveau minoen, beaucoup plus tôt dans l'histoire des hommes, ne paraissait pas invraisemblable à l'explorateur français, troublé par l'existence de ces fameuses cartes étudiées par Hapgood et son équipe, existence qui n'a jamais été explicitée d'une manière satisfaisante.

CHAPITRE 12

UNE RÉVOLUTION SCIENTIFIQUE ET CULTURELLE

Réhabilitation d'un concept scientifique

On peut se demander pourquoi cette réalité incontournable qu'est le *catastrophisme*, qu'il soit d'origine cosmique ou terrestre, n'a émergé que durant le dernier quart du XX^e siècle. Il suffit de se rappeler deux précédents, tristement célèbres, pour mieux saisir les raisons de ce retard incompréhensible pour un esprit rationnel. A la fin du XVIII^e siècle, les savants de l'époque, parmi lesquels le chimiste Lavoisier, refusaient encore systématiquement d'admettre l'origine cosmique des météorites (1), contre toute logique et malgré des preuves irréfutables accumulées depuis plus de 3000 ans. Il y a moins de 70 ans, l'origine cosmique du *Meteor Crater* de l'Arizona était elle aussi contestée, niée même, par une majorité de "spécialistes" et les astroblèmes étaient systématiquement ignorés. On se demande toujours pourquoi ces "verrous psychologiques" ont mis tant de temps à sauter. C'est exactement la même chose avec l'impactisme terrestre et le catastrophisme d'origine cosmique qui lui est associé.

Cependant, deux générations de nouveaux chercheurs, plus ouverts et conscients de la nécessité d'évoluer et de tenir compte des observations, ont suffi pour balayer les doutes et surtout pour laisser la science "respirer", chercher et trouver les preuves indispensables. Après les preuves, on passe aux causes et aux conséquences, et tout s'éclaire enfin. La révolution technologique aidant (l'apport de l'informatique, des satellites, des instruments modernes et d'internet), c'est la science elle-même qui a fait progressivement sa révolution, avec le renouvellement des chercheurs (2).

Du coup, le catastrophisme, qui avait une image de marque désastreuse depuis Georges Cuvier et ses disciples, qui étaient *catastrophistes* mais surtout *fixistes* (3), c'est-à-dire en fait *créationnistes*, a refait progressivement surface comme un *concept scientifique* régénéré et crédible.

Pour éviter toute ambiguïté malvenue, il faut préciser une chose importante : le catastrophisme *scientifique* et le catastrophisme *religieux* (créationnisme) sont deux façons différentes d'appréhender des phénomènes identiques, une façon scientifique d'une part, et religieuse d'autre part. Les scientifiques et les religieux ne sont pas sur la même longueur d'onde, ce qui peut provoquer des frictions sérieuses. C'est la raison pour laquelle le terme de *catastrophisme*, qui n'est pas dû à Cuvier d'ailleurs, qui parlait seulement de "*révolutions du globe* ", mais au géologue et philosophe anglais William Whewell (1794-1866), peut paraître effectivement un peu ambigu.

La science fait sa révolution permanente

Depuis soixante ans, les connaissances scientifiques ont fait un bond extraordinaire et de nombreux nouveaux concepts ont fait leur apparition, imposés par les observations et les analyses des données toujours plus nombreuses et plus précises. Pour certaines sciences, on peut vraiment parler de révolution. Des disciplines aussi diverses que l'astronomie, la physique, l'astrophysique, la cosmochimie, la géophysique, la géologie, la paléontologie, la biologie et d'autres encore se sont trouvées régénérées.

Les astronomes et les astrophysiciens ont été les témoins de cataclysmes cosmiques très divers, comme le volcanisme hallucinant qui transforme la surface de Io, le satellite de Jupiter, en quelques siècles seulement, la fameuse explosion de la supernova du 24 février 1987 dans le Grand Nuage de Magellan et enfin, et peut-être surtout, la fantastique collision de la vingtaine de fragments de la comète brisée Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter en juillet 1994 (4), qui d'après les statisticiens n'avait pas une chance sur cent milliards de se produire. Et pourtant ! La nature n'a que faire des statistiques humaines...

Ces trois cataclysmes ont bien montré que nous vivons dans un Univers violent en permanence, dans lequel *le cataclysme est la règle* et non l'exception. Le troisième a rappelé que l'impactisme planétaire est *une réalité de toujours* et pas seulement du passé.

En toute logique, les théories catastrophistes, qu'elles soient cosmiques ou terrestres, ont bénéficié d'un regain de crédibilité. On connaissait par l'observation les astéroïdes et les comètes qui frôlent la Terre, on a identifié les cratères qu'ils forment sur notre planète, les astroblèmes (5). La Terre elle-même est une planète violente en permanence, et on a pu expliciter le volcanisme et les tremblements de terre avec précision, grâce notamment à la tectonique des plaques.

Enfin, la décennie 1980 a vu une extraordinaire compétition scientifique entre les différentes équipes de chercheurs de diverses spécialités pour résoudre le fameux et irritant problème de l'iridium surabondant dans la fine couche géologique séparant le crétacé du tertiaire (la couche K/T), prévu théoriquement par le physicien américain Luis Alvarez (1911-1988), et étudié sur le terrain par Walter Alvarez, son fils, géologue de profession (6). Réussite complète et pour tous : astronomes, géologues, volcanologues et aussi paléontologues sont d'accord aujourd'hui pour dire qu'un astéroïde (ou une comète) s'est écrasé(e) sur la Terre il y a 65 millions d'années. Les dinosaures et l'astroblème mexicain de Chicxulub ont un point commun, totalement insoupçonnable jadis : les uns ont été détruits alors que l'autre a été formé *par le même objet*. Les conséquences de cette collision cosmique sont énormes, démesurées, compte tenu du diamètre (10 km environ) de l'objet responsable.

On le sait depuis toujours : pour exister et être crédible, une théorie a besoin de l'appui d'observations incontestables. La fin du XX^e siècle aura été particulièrement bénéfique pour les catastrophistes des différentes sciences, de plus en plus nombreux et conscients de la justesse de leur combat. Ce livre est consacré à *l'histoire cosmique des hommes* depuis qu'ils sont devenus *homo sapiens*. Dans un second ouvrage, il sera question de *l'histoire cosmique de la Terre et de la vie*, tributaires toutes les deux, elles aussi, de l'impactisme et du catastrophisme qui lui est associé. Extinctions de masse, bruit de fond de l'extinction, évolution sont directement et étroitement liés aux rapports, souvent conflictuels qu'entretient notre planète la Terre avec le monde cosmique extérieur.

De la science-fiction à la réalité de demain

Le film "catastrophe" américain *Meteor*, sorti sur les écrans en 1979 et tiré du roman du même nom (7), a popularisé le thème d'une Terre sous la menace de corps célestes susceptibles de rayer la vie, sinon totalement, du moins partiellement, sur notre planète. Le ciel a toujours fait peur, dans l'Antiquité déjà, mais aussi au Moyen Age et au cours des siècles suivants.

De nos jours, depuis la découverte d'astéroïdes comme Hermes, Asclepius et Toutatis qui ont frôlé la Terre au XX^e siècle, et encore plus depuis la découverte en 2004 d'Apophis qui va la frôler en avril 2029, on sait qu'un impact sérieux reste toujours possible, inéluctable à l'échelle du millier d'années. L'armée américaine, elle-même, consciente que le danger est réel et garante de la sécurité des populations, a pris le problème en main au début des années 1990 pour traquer "*l'ennemi extérieur*" et envisager tous les moyens nécessaires pour parer à un impact d'envergure annoncé. Annoncé, car les astronomes peuvent parfaitement être pris au dépourvu et un objet menaçant être repéré trop tard, on l'a bien vu en 1908 avec le cataclysme de la Toungouska.

En 1979, le film *Meteor* a eu un excellent effet pédagogique auprès du public qui ignorait souvent tout du problème et souvent ne voulait rien en connaître. La vedette de ce film est un météore (en fait un astéroïde) de 7 km de diamètre qui fonce dans l'espace à 40 000 km à l'heure, soit à la vitesse de 11 km/s, et qui a pour cible la Terre. Sa force de frappe, prodigieuse, équivaut à environ 2 500 000 mégatonnes de TNT. Ce météore annonciateur de l'Apocalypse est précédé sur son orbite par une nuée d'objets plus petits qui causent déjà toutes sortes de misères et d'importants dégâts sur notre planète (impact en Sibérie, destruction d'un village dans les Alpes autrichiennes, raz de marée de 35 mètres de haut qui dévaste Hong Kong suite à un impact dans le Pacifique, destruction de New York (8)). Heureusement, les deux super-grands de l'époque (États-Unis et URSS), d'accord pour une fois, envoient leurs fusées nucléaires stationnées en orbite autour de la Terre vers le gros météore en un tir groupé, libérant assez d'énergie pour le dévier sur une orbite sans danger pour notre planète. La fin du monde est ainsi repoussée à plus tard, et les populations terrorisées peuvent se remettre de leurs émotions et reprendre leur vie normale.

Plus récemment, en 1993, l'auteur de science-fiction Arthur Clarke (1917-2008) a écrit un passionnant petit livre : *Le marteau de Dieu* (9), dans lequel il raconte l'histoire d'un astéroïde de 1 km de diamètre, baptisé Kali, pour la déesse de la mort et de la destruction dans la mythologie hindoue, qui fonce vers la Terre et que les hommes du XXII^e siècle essaient de dévier sur une orbite sans danger pour notre planète. Comme le raconte Clarke dans son roman :

" Les hommes ont tout prévu... sauf l'imprévisible ! " (10)

En exergue de son livre, il dit également ceci :

" Tous les événements situés dans le passé se sont effectivement produits aux lieux et époques indiqués ; tous ceux situés dans le futur se produiront peut-être. Un seul est inéluctable : tôt ou tard nous rencontrerons Kali. " (11)

Kali, pour Clarke, c'est l'objet cosmique d'envergure qui obligatoirement se retrouvera dans les siècles à venir sur une orbite de collision avec la Terre et la percutera si l'homme n'intervient pas. C'est déjà lui qui, en 1973, dans son célèbre roman *Rendez-vous avec Rama* (12), avait imaginé la création d'un système international de surveillance, nommé *Spaceguard*, destiné à repérer tout astéroïde ou comète s'approchant un peu trop près de la Terre, ou même tout vaisseau interstellaire pénétrant dans le Système solaire. Clarke a été entendu et *Spaceguard* existe aujourd'hui. C'est un réseau de télescopes automatiques spécialisés dans la détection d'objets célestes dangereux, s'avérant indispensable pour recenser tous les astéroïdes potentiellement dangereux pour la Terre.

Tous ceux qui ont vu *Meteor*, ou plus récemment *Deep Impact* ou *Armageddon*, les deux grands films parus sur le même sujet en 1998, ou qui ont lu *Le marteau de Dieu*, ou un autre livre du même genre, se sont posé ces questions : *" Une telle collision est-elle possible dans la réalité ? avec quelles conséquences principales ? "*. Aujourd'hui, on sait sans aucune équivoque que la réponse est *oui*. Cette éventualité est non seulement possible, mais certaine à l'échelle astronomique.

Arthur Clarke a résumé en une seule phrase la conséquence essentielle du cataclysme d'origine cosmique qui a eu lieu il y a 65 millions d'années, période qui marque la fin de l'ère secondaire, et détruit les dinosaures et de nombreuses autres espèces :

" L'horloge de l'évolution remise à zéro, le compte à rebours menant à l'homme pouvait commencer. " (13)

Le marteau de Dieu ne fait que raconter la réalité de demain, une réalité dure à admettre, mais inéluctable.

Rechercher les causes des cataclysmes

Le rappel de quelques textes et légendes anciens dans les chapitres 1 et 2 a montré que l'idée de la Terre bombardée est loin d'être nouvelle. Notre planète a déjà été meurtrie dans un passé historique et protohistorique par des objets cosmiques qui ont effrayé les Anciens et contribué à la mise en place de concepts universels, comme le Chaos primitif, l'effondrement périodique de la voûte céleste et la rupture des "piliers du monde".

Pendant longtemps il fut de bon ton de se gausser de ces fables inventées par des ancêtres considérés comme quasi débiles, avec leur Terre plate et leurs dieux malveillants, mais les choses ont changé. Ce sera l'apanage des chercheurs de la prochaine génération d'apporter, sinon un point final, tout au moins une explication scientifique incontestable sur le pourquoi de certaines de ces légendes.

On a longtemps cru qu'il ne serait pas possible d'apporter des preuves à ce qui s'est réellement passé au cours de la protohistoire et de l'histoire ancienne. Eh bien si ! Depuis le début des années 1980, on commence à y voir plus clair. Les pièces du gigantesque puzzle scientifique et historique que constitue le catastrophisme commencent à s'assembler. Comme l'ont annoncé Clube et Napier, les deux pionniers majeurs de ce domaine de la recherche, la vérité est peut-être à portée de la main dans l'étude exhaustive des carottes glaciaires qui ont été prélevées dans le Groenland et dans l'Antarctique. L'analyse des poussières piégées dans ces carottes, d'un intérêt extrême pour comprendre l'histoire de la Terre et celle des hommes aussi, pourrait déboucher sur une découverte majeure, révolutionnaire : en fait, l'Apocalypse, à travers un âge glaciaire inhumain par sa longueur et sa rudesse, ponctué d'impacts de comètes et de ténèbres déstabilisants pour le monde vivant, a déjà eu lieu !

Notre époque, même si elle est révolutionnaire à certains égards, n'est qu'un simple jalon dans la longue histoire des hommes et dans la connaissance qu'ils en ont, et chaque génération s'appuie sur les acquis de la précédente et prépare ceux de la suivante. Une relecture de Sénèque et de ses *Questions naturelles* (14) n'est pas inutile pour bien montrer que la recherche n'aura jamais de fin et que demain apportera de nouvelles réponses qui entraîneront de nouvelles questions.

" Soyons satisfaits de ce que l'on a déjà découvert et permettons à nos descendants d'apporter aussi leur contribution à la connaissance de la vérité...

Ne nous étonnons d'ailleurs pas que l'on amène si lentement à la lumière ce qui est caché si profondément...

La génération qui vient saura beaucoup de choses qui nous sont inconnues. Bien des découvertes sont réservées aux siècles futurs, à des âges où tout souvenir de nous sera effacé. Le monde serait une pauvre petite chose, si tous les temps à venir n'y trouvaient matière à leurs recherches. "

Ces phrases pleines de sagesse, écrites par Sénèque au crépuscule de sa vie, entre les années 62 et 65 de notre ère, sont toujours d'actualité.

Une nouvelle vision du monde se dessine

Les très nombreuses découvertes récentes inquiètent et font réfléchir les scientifiques, les militaires et même certains politiciens qui veulent être en mesure de réagir rapidement, et en connaissance de cause, le cas échéant. Plusieurs rapports et études très détaillées ont été publiés ces dernières années.

Le danger potentiel semble plus réel, plus proche. On comprend mieux aussi aujourd'hui, d'une manière plus générale, que le *cataclysmisme d'origine cosmique* est un phénomène universel qui s'impose comme un moyen naturel et incontournable de régulation de la matière cosmique, sous toutes ses formes, et de la vie, et cela à un niveau galactique, donc totalement surhumain.

Même si le *Spaceguard survey*, mis progressivement en place depuis le début des années 1990, était une nécessité impérieuse (15) et permettra peut-être de retarder l'échéance d'un impact sérieux et de ses conséquences humaines totalement incalculables, l'avenir paraît bien sombre. L'homme devra être très vigilant et *imaginatif* pour le contrôler et le maîtriser. Ne serait-ce pas mission impossible ?

Surtout depuis que les astronomes ont compris que l'introduction dans le Système solaire intérieur d'objets de plus de 100 km de diamètre, comme les centaures issus de la ceinture de Kuiper, était possible (et même quasiment inéluctable) plusieurs fois par million d'années, comme nous l'avons vu avec l'*hypothèse Hephæstos*. Même si la Terre n'est qu'une planète parmi d'autres, elle est, elle aussi, obligatoirement concernée.

Comme résumé et conclusion de ce livre, le texte d'une chronique (16), parue en 1993 mais toujours d'actualité, permettra au lecteur d'avoir un petit rappel historique et un aperçu de la réalité de demain.

" SPACEWATCH : UNE NOUVELLE VISION DU MONDE SE DESSINE

Les premiers résultats obtenus à Kitt Peak, avec l'extraordinaire télescope automatique Spacewatch, confirment bien entendu que la Terre est constamment frôlée par une multitude de petits corps célestes. Avec toutes les conséquences qui en découlent.

Des impacts d'objets de 100 mètres ou plus sont inévitables à l'échelle du millier d'années. Un impact comme celui de la Toungouska (objet de 80 mètres) pourrait avoir lieu tous les 200 ou 300 ans.

C'est une bonne leçon pour tous ceux qui se sont moqués, un peu à la légère, des "catastrophistes" (qui étaient astronomes ou naturalistes en général, mais aussi astrologues, philosophes, ecclésiastiques ou érudits) qui se sont succédé de l'Antiquité à nos jours. Certains se sont fourvoyés parfois, certes, faute de connaître comme nous tous ces NEO (Natural Near-Earth Objects, selon l'appellation de l'UAI), ou en se cloisonnant à l'intérieur de schémas (astrologiques parfois, religieux souvent) tout tracés, mais un peu trop exigus. D'autres n'ont pas pu ou pas voulu s'exprimer clairement sur ce sujet ambigu (parce que mêlant science et religion) pour ne pas s'attirer les foudres des autorités religieuses, intransigeantes à certaines époques, ou les sarcasmes de leurs contemporains. Mais tous les "catastrophistes" pressentaient bien que le ciel *réel* était bien plus complexe que le ciel *observé* et qu'il était quasiment inévitable qu'il réserve parfois de mauvaises surprises.

Les deux premiers détonateurs astronomiques vraiment sérieux en ce domaine furent le passage à proximité de la Terre de la comète D/Lexell en 1770 (ce qui donna à réfléchir aux savants clairvoyants de l'époque) et ensuite la découverte d'Eros en 1898 (capitale car elle *prouvait* l'existence d'astéroïdes pouvant s'approcher de la Terre). Mais jusqu'aux découvertes d'Apollo, d'Adonis et d'Hermès, dans les années 1930, la théorie de *l'impactisme terrestre*, plus généralement appelée *catastrophisme d'origine cosmique*, a toujours eu une connotation nettement péjorative, et elle était restée marginale, faute de preuves *terrestres* suffisamment probantes.

Il ne faut jamais perdre de vue que jusqu'en 1803 (avec l'averse météoritique de l'Aigle dans l'Orne, observée en plein jour par plusieurs centaines de témoins, qui *obligea* à une déchirante volte-face), c'est *l'existence même* des météorites qui était contestée, et celle des cratères météoritiques terrestres l'a été jusqu'au début des années 1950. On croit rêver devant tant d'inutiles retards et de tergiversations incompréhensibles pour des chercheurs actuels.

Mais aujourd'hui, en ce début des années 1990, avec les progrès fulgurants dus au télescope Spacewatch, qui nous fait découvrir *un monde nouveau*, le gigantesque *billard cosmique* dans lequel la Terre évolue, nous sommes vraiment passés à la vitesse supérieure. Et quand ce seront une dizaine de télescopes automatiques qui surveilleront le ciel (dans le cadre du

Spaceguard Survey dont Spacewatch est le premier maillon), et qui mettront en évidence des centaines d'approches serrées par mois à la Terre et l'existence de nombreux astéroïdes *sur des orbites de collision*, la moquerie et l'incompréhension liées au catastrophisme risquent de laisser place à l'inquiétude.

Depuis quinze ans, on parle beaucoup de la fin des dinosauriens, il y a environ 65 millions d'années, due à l'impact d'un astéroïde ou d'une comète. Mais il serait temps maintenant d'aller plus loin et de tenter d'élucider les autres grands cataclysmes du passé. Il y a énormément à faire dans ce domaine, notamment en associant plus étroitement extinctions de masse et astrolèmes géants, eux-mêmes consécutifs à des impacts d'EGA ou de comètes de plusieurs kilomètres de diamètre.

Il paraît indispensable surtout d'étudier sous tous ses aspects l'impact (peut-être double) de grande envergure qui a eu lieu il y a environ 700 000 ans et qui est associé à la création des millions d'australasites, les plus récentes des tectites (via le cratère météoritique fantôme de Wilkes Land en Antarctique ?) et à la dernière inversion du champ magnétique terrestre. Des surprises de taille nous attendent et la réalité pourrait bien dépasser la fiction ! Car il ne s'agit plus d'une extinction de masse, comme notre planète en a connu quelques-unes au cours de son histoire mouvementée, mais d'un épisode récent et important de *l'évolution* de la vie (du fait des radiations et des *mutations* qui s'ensuivirent subies par de nombreuses espèces, parmi lesquelles les ancêtres de l'homme actuel). Il n'est plus possible aujourd'hui de nier la corrélation : mort des dinosauriens - émergence des primates et des conséquences qui en découlent, mais ce n'était là qu'une étape parmi d'autres.

On en revient toujours aux conséquences de l'impactisme terrestre, sous ses deux formes essentielles : *macroscopique* (gros impacts) et *particulaire* (radiations diverses), qui semblent faire peur à certains chercheurs. Qu'on le veuille ou non, le catastrophisme d'origine cosmique (qui n'a rien à voir avec le catastrophisme d'origine "divine" ou un créationnisme étriqué, et qui sont même antinomiques) sera l'une des grandes théories scientifiques du siècle prochain. Il y a là un beau challenge pour les jeunes chercheurs qui veulent faire table rase des idées préconçues... et fausses. A eux de démontrer définitivement que l'impactisme terrestre est bel et bien *l'un des moteurs essentiels de l'évolution*. Une vraie révolution culturelle qui mettra fin à une "guéguerre" d'un autre âge : catastrophisme *contre* uniformitarisme. Il est bien clair qu'il faudra parler de catastrophisme *et* uniformitarisme.

Le télescope Spacewatch pourrait bien être un nouveau détonateur décisif. Ses résultats vont obliger en effet ces prochaines années les scientifiques sceptiques (il en reste bien sûr) à envisager enfin le monde d'une manière différente, plus proche de la réalité. Il leur faudra admettre que nous vivons *dans un univers cataclysmique*, aussi bien dans notre bras galactique (avec les explosions d'étoiles qui redistribuent la matière, mais aussi l'énergie sous forme de particules), que localement dans le Système solaire (avec les caprices épisodiques du Soleil et l'impact des astéroïdes et des comètes) ou même chez nous, sur la Terre (avec les ouragans, les séismes, les éruptions volcaniques et notre atmosphère parfois perméable aux radiations nocives).

Un monde nouveau finira par s'imposer, un monde où le *cataclysmisme est la règle*, PARTOUT, TOUJOURS. La vie a dû obligatoirement s'accommoder de ces soubresauts épisodiques, violents, irréversibles. La double conclusion est claire pour les catastrophistes modernes : l'homme, sous sa forme actuelle, n'est qu'un phénomène récent, *transitoire*, et la vie si elle existe ailleurs, ne peut être que très différente de celle qui a *pris racine* (peut-être par panspermie), puis *évolué* sur Terre. Dur à admettre pour ceux qui ignorent tout de l'astronomie, et pour ceux qui s'accrochent désespérément, par le biais du créationnisme, aux certitudes bibliques. Inacceptable même ! Il n'est pas étonnant, par contre, que les spécialistes des astéroïdes et des comètes (et plus généralement la communauté astronomique) soient de plus en plus partisans des idées catastrophistes. Ils sont les premiers à savoir que les collisions sont inévitables. Et ce n'est pas la découverte, à un mois d'intervalle, de 1993 HD et 1993 KA₂, les deux premiers EGA connus à être sur des orbites de quasi-collision avec la Terre, qui risque de les faire changer d'avis, même s'il s'agit là de deux objets minuscules sans danger pour notre planète.

Ils savent que Spacewatch, et bientôt ses homologues prévus dans le cadre du *Spaceguard Survey*, vont nous faire entrer dans une ère nouvelle et passionnante. Mais il est bien clair que les astronomes ne peuvent, à eux seuls, comprendre et résoudre le problème du catastrophisme d'origine cosmique dans sa globalité. Seule une vaste campagne d'études multidisciplinaires peut permettre des progrès vraiment décisifs sur la connaissance du *passé*, le pourquoi du *présent* et la manière de gérer un *avenir* incertain et un peu inquiétant quand même à long terme.

Même les militaires américains commencent à leur manière à s'intéresser à ce futur, en travaillant sur les techniques à développer pour se débarrasser (principalement par destruction

dans l'espace ou par changement d'orbite) d'éventuels objets trop dangereux. C'est un nouvel épisode pacifique de la "guerre des étoiles" et un recyclage imprévu pour un arsenal nucléaire privé de ses objectifs terrestres familiers. Il est cocasse d'imaginer que la survie de l'humanité tiendra peut-être à l'existence de cet arsenal, prévu à l'origine pour une tout autre utilisation, et qui est voué aux gémonies par ceux qui, au contraire, sont toujours persuadés qu'il va entraîner sa perte. Mais nous n'en sommes pas encore là.

Et surtout, il ne faut pas oublier que *l'homme et l'univers ne cohabitent pas dans une même échelle de temps*. L'homme aura disparu depuis longtemps que la Terre subira encore (et toujours) des agressions du cosmos. C'est une autre confirmation de ce catastrophisme renaissant : l'homme ne représente vraiment pas grand-chose dans l'espace et dans le temps, tout juste un épiphénomène passager extrêmement marginal. On est bien loin de l'époque précopernicienne où la Terre était encore le centre du monde et l'homme le but ultime de la Création ! La science est impitoyable...

Informer, à défaut de convaincre

Platon, Whiston, Laplace, Cuvier et tous les autres savants catastrophistes du passé ou actuels ont cherché et cherchent encore, chacun selon ses moyens et les connaissances de son époque, à informer et à *faire comprendre* à leurs contemporains que la vie terrestre est totalement tributaire de phénomènes physiques *extérieurs* qui les dépassent de beaucoup.

La tâche est assez difficile car l'humanité actuelle, dans sa grande majorité, tout comme celle des siècles précédents, a peur de l'avenir et refuse instinctivement tout ce qui a trait au cataclysme. Beaucoup préfèrent l'irrationnel, à commencer par l'astrologie, à la réalité scientifique. Certains préfèrent se faire peur avec des alignements planétaires imaginaires et un millénarisme absurde, et qui n'est rien d'autre qu'un fantasme, plutôt que de regarder la réalité en face.

Le devoir des chercheurs actuels est d'informer, encore et toujours, à défaut de convaincre. De nombreux livres sont parus sur le problème des cataclysmes d'origine cosmique depuis une dizaine d'années (voir la bibliographie), c'est une très bonne chose. Il est nécessaire, en effet, que des auteurs de nationalité, de formation et de sensibilité parfois très différentes présentent d'une manière plurielle une réalité que toute personne cultivée se doit de connaître. Aux lecteurs ensuite d'être vigilants, notamment avec les informations trouvées sur Internet, informations souvent sujettes à caution, et de juger ce qu'ils doivent ou désirent en retenir. De toute manière, au fil des siècles, *la réalité scientifique finira par s'imposer*, sinon à tous, tout au moins à ceux qui veulent savoir le pourquoi et le comment de leur histoire cosmique.

Notes

1. M.-A. Combes, *La Terre bombardée* (France-Empire, 1982).
2. On sait que les savants en place ne veulent pas, ou ne peuvent pas, remettre en question leurs certitudes, de peur de voir "le savoir", leur raison de vivre souvent, leur échapper.
3. C. Grimoult, *Évolutionnisme et fixisme en France* (CNRS Éditions, 1998).
4. L'impact de la vingtaine de fragments de la comète Shoemaker-Levy 9 sur Jupiter en juillet 1994 a été un événement scientifique d'un intérêt considérable, l'un des plus importants du XX^e siècle.
5. On ne connaît quasiment rien des astroblèmes océaniques. Le XXI^e siècle sera décisif à ce sujet. Notamment, il faudra répondre à cette question majeure : un impact océanique important est-il capable de fracturer la croûte océanique terrestre ?
6. W. Alvarez, *La fin tragique des dinosaures* (Hachette, 1998).
7. E. North et F. Coen, *Meteor* (Belfond, 1980).
8. Ces catastrophes préliminaires n'ont pas été choisies au hasard par les scénaristes, excepté la dernière. Elles correspondent à des cataclysmes ayant eu lieu, ou soupçonnés avoir eu lieu, dans le passé.
9. A.C. Clarke, *Le marteau de Dieu* (J'ai lu, S-F 3973, 1995). Titre original : *The hammer of God* (1993).
10. *Le marteau de Dieu*, citation p. 4 de couverture.
11. *Le marteau de Dieu*, citation p. 5.
12. A.C. Clarke, *Rendez-vous avec Rama* (Robert Laffont, 1975). Titre original : *Rendez-vous with Rama* (1973).
13. *Le marteau de Dieu*, citation p. 30.
14. Sénèque, *Questions naturelles* (Les Belles Lettres, 1930 ; traduction et annotations par P. Oltramare).
15. Ce n'est pas l'avis de tout de le monde aux États-Unis, notamment celui de quelques scientifiques pour qui les sommes utilisées (assez modestes en fait comparées à certaines autres, notamment militaires) pourraient être employées plus utilement. En outre, quelques antimilitaristes primaires voient d'un mauvais œil les militaires venir s'incruster dans la recherche purement scientifique en la sponsorisant et en ayant donc un droit de regard sur les méthodes utilisées et sur les résultats obtenus.
16. M.-A Combes et J. Meeus, *Chronique des objets AAA (n° 6)*, Observations et Travaux, 35, pp. 20-26, 1993. Citation pp. 24-26.

BIBLIOGRAPHIE

- Adushkin (V.) and Nemchinov (I.) eds, *Catastrophic events caused by cosmic objects*, Springer, 2007.
- Ager (D.), *The new catastrophism : the importance of rare events in geological history*, Cambridge University Press, 1993.
- Allan (D.S.) and Delair (J.B.), *Cataclysm ! Compelling evidence of a cosmic catastrophe in 9500 B.C.*, Bear & Company, 1997.
- Atkinson (A.), *Impact Earth : asteroids, comets and meteors : the growing threat*, London Bridge Trade, 1999.
- Aubert (V.), *Les catastrophes qui nous guettent*, Editions du Rocher, 2008.
- Aviezer (N.), *Au commencement. Création : la Bible et la science*, MJR, 1994.
- Babin (C.), *Autour du catastrophisme*, Vuibert - Adapt, 2005.
- Bailey (M.E.), Clube (S.V.M.) and Napier (W.N.) eds, *The origin of comets*, Pergamon Press, 1990.
- Baillie (M.), *Exodus to Arthur. Catastrophic encounters with comets*, Batsford, 1999.
- Baillie (M.), *New light on the black death : The cosmic connection*, Tempus, 2006.
- Barnes-Svarney (P.), *Asteroid : Earth destroyer or new frontier ?*, Perseus Publishing, 1996.
- Bauval (R.) et Gilbert (A.), *Le mystère d'Orion*, Pygmalion/Gérard Watelet, 1994.
- Belton (M.J.S.), Morgan (T.H.), Samarasinha (N.) and Yeomans (D.K.) eds, *Mitigation of hazardous comets and asteroids*, Cambridge University Press, 2004.
- Bendjoya (Ph.), *Collisions dans le système solaire*, Belin, 1998.
- Benest (D.) et Froeschlé (C.), *Astéroïdes, météorites et poussières interplanétaires*, ESKA, 1999.
- Berlitz (C.), *Les mystères des mondes oubliés*, Marabout, 1973.
- Bernard (J.-L.), *Aux origines de l'Égypte*, Robert Laffont, 1976.
- Bernard (J.-L.), *Les archives de l'insolite*, Livre de Poche, 1978.
- Bobrowsky (P.) and Rickman (H.) eds, *Comet/asteroid impacts and human society, an interdisciplinary approach*, Springer-Verlag, 2007.
- Boia (L.), *La fin du monde. Une histoire sans fin*, La Découverte, 1999.
- Booth (B.) et Fitch (F.), *La Terre en colère*, Seuil, 1980.
- Boura (O.), *Les Atlantides. Généalogie d'un mythe*, Arléa, 1993.
- Bucaille (M.), *Moïse et Pharaon. Les Hébreux en Égypte*, Seghers, 1995.
- Buffon, *Des époques de la nature*, Diderot Éditeur, 1998.
- Burke (J.G.), *Cosmic debris*, University of California Press, 1986.
- Burnet (T.), *Sacred theory of the Earth*, 1691.
- Capart (A.) et Capart (D.), *L'homme et les déluges*, Hayez, 1986.
- Carion (A.), *Les météorites et leurs impacts*, Masson, 1997.
- Carnac (P.), *L'Atlantide. Autopsie d'un mythe*, Ed. du Rocher, 2001.
- Clube (V.) and Napier (B.), *The cosmic serpent*, Faber & Faber, 1982.
- Clube (V.) et Napier (B.), *Hiver cosmique*, Le Jardin des Livres, 2006.

- Collina-Girard (J.), *L'Atlantide retrouvée ? Enquête scientifique autour d'un mythe*, Belin - Pour la Science, 2009.
- Collins (A.), *Les routes de l'Atlantide*, La Huppe, 2005.
- Combes (M.-A.), *La Terre bombardée*, version 1, France-Empire, 1982.
- Combes (M.-A.) et Vincent-Randonnier (A.), *La Terre bombardée*, version 3, 2007.
- Courtillot (V.), *La vie en catastrophes*, Fayard, 1995.
- Cox (D.W.) and Chestek (J.H.), *Doomsday asteroids : can we survive ?*, Prometheus Books, 1996.
- Crovisier (J.) et Encrenaz (T.), *Les comètes*, Belin/CNRS Éditions, 1995.
- Cuvier (G.), *Discours préliminaire*, Flammarion, 1992.
- Cuvier (G.), *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, Christian Bourgois, 1985.
- Davies (J.K.), *Cosmic impact*, Fourth Estate, 1986.
- Davis (A.M.) ed, *Meteorites, comets, and planets*, Elsevier, 2006.
- de Grazia (A.), *The iron age of Mars*, vol. I & II, Metron Publications, 2006.
- Delsemme (A.), *Les origines cosmiques de la vie*, Flammarion, 1994.
- Dhorme (E.) sous la direction de, *La Bible. Ancien Testament*, Gallimard, 1956.
- Donnelly (I.), *The destruction of Atlantis - Ragnarok, or the age of fire and gravel*, Courier Dover Publications, 2004.
- Doressoundiram (A.) et Lellouch (E.), *Aux confins du système solaire*, Belin /Pour la Science, 2008.
- Duhem (P.), *Le système du monde* (10 tomes), Hermann, 1913-1957.
- Dumas-Reungoat (Ch.), *La fin du monde. Enquête sur l'origine du mythe*, Les Belles Lettres, 2001.
- Dymock (R.), *Asteroids and dwarf planets*, Springer, 2010.
- Ehrlich (P.R.), Sagan (C.), Kennedy (D.) et Roberts (W.O.), *Le froid et les ténèbres*, Belfond, 1984.
- Eliade (M.), *Le mythe de l'éternel retour*, Gallimard, 1969.
- Erickson (J.), *Target Earth : asteroids collisions past and future*, TAB Books, 1991.
- Festou (M.), Véron (P.) et Ribes (J.-C.), *Les comètes, mythes et réalités*, Flammarion, 1985.
- Firestone (R.), West (A.) and Warwick-Smith (S.), *The cycle of cosmic catastrophes*, Bear & Company, 2006.
- Flammarion (G.C.) et Danjon (A.) éditeurs, *Astronomie populaire Camille Flammarion*, Flammarion, 1955.
- Flem-Ath (R.) and Flem-Ath (R.), *When the sky fell*, Stoddart, 1995.
- Foucault (A.), *Climatologie et paléoclimatologie*, Dunod, 2009.
- Gallant (R.), *Bombarded Earth*, John Baker, 1964.
- Gargaud (M.), Martin (H.), Lopez-Garcia (P.), Montmerle (Th.) et Pascal (R.), *Le Soleil, la Terre... la vie*, Belin - Pour la Science, 2009.
- Gehrels (T.) ed., *Hazards due to comets and asteroids*, University of Arizona Press, 1994.

- Genuth (S.S.), *Comets, popular culture, and the birth of modern cosmology*, Princeton University Press, 1997.
- Gerard (A.-M.), *Dictionnaire de la Bible*, Robert Laffont, 1989.
- Goldsmith (D.), *Némésis, l'étoile du destin*, Robert Laffont, 1986.
- Gould (S.J.), *Aux racines du temps*, Grasset, 1990.
- Gould (S.J.), *La foire aux dinosaures*, Seuil, 1993.
- Gribbin (J.) and Gribbin (M.), *Fire on Earth*, St. Martin Press, 1996.
- Guirand (F.) et Schmidt (J.), *Mythes & mythologie*, Larousse, 1996.
- Hancock (G.), *L'empreinte des dieux*, Pygmalion/Gérard Watelet, 1996.
- Harris (A.W.) and Howell (E.) eds, *Asteroids, Comets, Meteors 1991*, Lunar and Planetary Institute, 1992.
- Hésiode, *Théogonie*, Les Belles Lettres, 1977.
- Homet (J.-M.), *Le retour de la comète*, Imago, 1985.
- Hoyle (F.) et Wickramasinghe (N.C.), *Le nuage de la vie*, Albin Michel, 1980.
- Huggett (R.), *Catastrophism : asteroids, comets and other dynamic events in Earth history*, Verso Books, 1998.
- Jamet (D.) et Mottez (F.), *2012, scénarios pour une fin du monde*, Belin - Pour la Science, 2009.
- Jongbloed (D.), *Civilisations antédiluviennes*, ABM éditions, 2007.
- Jourdain (S.), *Les mythologies*, Eyrolles, 2007.
- Kaler (J.B.), *Heaven's touch*, Princeton University Press, 2009.
- Koeberl (C.), *Ces bolides qui menacent notre monde*, EDP Sciences, 2003.
- Lalande (J.), *Réflexions sur les comètes qui peuvent approcher de la Terre*, 1773.
- Laplace (Pierre-Simon), *Exposition du système du monde*, Fayard, 1984.
- LaViolette (P.), *Earth under fire*, Bear & Company, 2005.
- Leakey (R.) et Lewin (R.), *La 6^{ème} extinction. Evolution et catastrophes*, Flammarion, 1997.
- Levasseur-Regourd (A.-C.) et La Cotardière (Ph. de), *Les comètes et les astéroïdes*, Seuil, 1997.
- Levy (D.H.), *Comets : creators and destroyers*, Simon & Schuster, 1998.
- Littmann (M.), *The heavens on fire : great Leonid meteor storms*, Cambridge University Press, 1998.
- Luminet (J.-P.), *Le feu du ciel. Météores et astéroïdes tueurs*, Le Cherche Midi, 2002.
- Marsden (B.G.) and Williams (G.V.), *Catalogue of cometary orbits, 16th edition*, Minor Planet Center, 2005.
- Merlin (J.-C.) et Verdenet (M.), *Les comètes*, Tessier & Ashpool, 1995.
- Merlin (J.-C.), *Les astéroïdes*, Tessier & Ashpool, 2003.
- Michanowsky (G.), *Le retour de l'étoile de Sumer*, Albin Michel, 1980.
- Mobberley (M.), *Hunting and imaging comets*, Springer, 2011.
- Monod (Th.) et Zanda (B.), *Le fer de Dieu*, Actes Sud, 1992.
- Muck (O.H.), *L'Atlantide. Légendes et réalité*, Plon, 1982.

- NASA (collectif), *The threat of large Earth-orbit crossing asteroids*, US Government Printing Office, 1993
- Norton (O.R.), *Rocks from space*, Mountain Press Publishing, 1994.
- Norton (O.R.) and Chitwood (L.A.), *Field guide to meteors and meteorites*, Springer, 2008.
- Olson (R.J.M.) and Pasachoff (J.M.), *Fire in the sky*, Cambridge University Press, 1998.
- Ovide, *Les métamorphoses*, Garnier-Flammarion, 1966.
- Paccalet (Y.), *Atlantide, rêve et cauchemar*, Arthaud, 2008.
- Palmer (T.), *Perilous Planet Earth. Catastrophes and Catastrophism through the Ages*, Cambridge University Press, 2003.
- Platon, *Timée*, Garnier-Flammarion, 1969.
- Prothero (D.R.), *Catastrophes !*, John Hopkins University Press, 2011.
- Radlof (J. G.), *The shattering of the great planets Hesperus and Phaethon, 1823* (trad. A. de Grazia, Eumetron Publications, 2006).
- Raup (D.M.), *The Nemesis affair*, Norton, 1986.
- Ravignat (P.) et Kielce (A.), *Cosmogonies. Les grands mythes de Création du Monde*, Le Mail, 1988.
- Rivkin (A.S.), *Asteroids, comets, and dwarf planets*, Greenwood Press, 2009.
- Rohrabacher (D.) ed, *Threat and the opportunity of asteroids and other near earth objects*, Diane Publishing Co, 1998.
- Rubtsov (V.), *The Tunguska mystery*, Springer, 2009.
- Sagan (C.), *Cosmic connection ou l'appel des étoiles*, Seuil, 1975.
- Sagan (C.), *Cosmos*, Mazarine, 1981.
- Sagan (C.) et Druyan (A.), *Comète*, 1985.
- Sagan (C.) et Turco (R.), *L'hiver nucléaire*, Seuil, 1991.
- Schneider (J.-L.), *Les traumatismes de la Terre*, Société géologique de France - Vuibert, 2009
- Schoch (R.M.) and McNally (R.A.), *Voices of the rocks : a scientist looks at catastrophes and ancient civilizations*, Crown Publishing Group, 1999.
- Science et Vie (collectif), *Le Déluge. La science face au mythe biblique*, 2002.
- Seargent (D.), *The greatest comets in history*, Springer, 2009.
- Sénèque, *Questions naturelles*, Les Belles Lettres, 1930.
- Spanuth (J.), *Le secret de l'Atlantide*, Copernic, 1977.
- Spencer (J.) and Mitton (J.) eds, *The great comet crash : the impact of comet Shoemaker-Levy 9 on Jupiter*, Cambridge University Press, 1995.
- Steel (D.), *Rogue asteroids and doomsday comets*, John Wiley & Sons, 1995.
- Steel (D.), *Target Earth*, Readers Digest, 2000.
- Time-Life (collectif), *Les périodes glaciaires*, 1984.
- Time-Life (collectif), *Comètes, astéroïdes et météorites*, 1991.
- Velikovskiy (I.), *Mondes en collision*, Le Jardin des Livres, 2003.
- Velikovskiy (I.), *Les grands bouleversements terrestres*, Le Jardin des Livres, 2004.

- Verma (S.), *The Tunguska Fireball*, Icon books, 2005.
- Verschuur (G.L.), *Impact ! The threat of comets and asteroids*, Oxford University Press, 1996.
- Warshofsky (F.), *Doomsday, the science of catastrophe*, Abacus, 1977.
- Whiston (W.), *A new theory of the earth*, 1696 (site astrosurf.com/macombes).
- White (J.), *Pole shift*, ARE Press, 1994.
- Wickramasinghe (J.), Wickramasinghe (C.) and Napier (W.), *Astrobiology, comets and origin of life*, World Scientific, 2009.
- Wilkening (L.) ed., *Comets*, University of Arizona Press, 1982.
- Yeomans (D.K.), *Comets : a chronological history of observation, science, myth, and folklore*, John Wiley & Sons, 1991.
- Zebrowski Jr. (E.), *Perils of a restless planet*, Cambridge University Press, 1997.

Quatrième de couverture

Après plus d'un siècle de rejet complet, les idées et les hypothèses catastrophistes ont refait progressivement surface depuis le début des années 1950, grâce au travail remarquable de scientifiques de diverses disciplines qui ont privilégié l'observation plutôt que le dogme. L'**IMPACTISME** et le **CATASTROPHISME** qui lui est associé se sont progressivement imposés comme des éléments essentiels de l'histoire de la **Terre**, de la **Vie**, mais aussi de celle des **Hommes**.

C'est **L'HISTOIRE COSMIQUE DES HOMMES** que raconte ce livre innovant et passionnant qui fait la jonction entre la **science**, le **mythe** et l' **histoire** à la lumière de toutes les données utilisables en ce début de XXI^e siècle. Le catastrophisme est un puzzle complexe, multidisciplinaire, et il faut remettre chaque pièce à sa place. Pour écrire ce livre, synthèse de quarante années de recherche, l'auteur a étudié de nombreuses hypothèses anciennes et actuelles, tout en restant résolument tourné vers l'avenir.

Michel-Alain COMBES est docteur en astronomie de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). Depuis le début des années 1970, il étudie les géocroiseurs, l'impactisme terrestre et le catastrophisme d'origine cosmique. En 1982, il a publié **LA TERRE BOMBARDÉE**, un livre de référence. En 2007, il a publié sur Internet une nouvelle version illustrée de ce livre : **LA TERRE BOMBARDÉE 2007**, avec le concours d'**Axel Vincent-Randonnier**. Depuis 2001, il est le webmaster d'un site internet spécialisé : **LA MENACE DU CIEL**. L'astéroïde **3446 Combes** a été nommé en son honneur en 1992.

