

# STRATOSPHERE

Et voici, pauvres victimes, un cours de physique. Ah misère ! Mais il ne durera pas, rassurez-vous. Et puis, il faut bien se cultiver le cerveau, de temps à autre, sinon Dieu sait ce qu'il deviendrait, ce pauvre champignon blême qui ballote dans votre caboche. Du cervelas, peut-être ! Nourri aux pubs, aromatisé au spam, gavé, horreur suprême, de jeux télévisés !

De plus, nous avons besoin, pour bien goûter la suite, de ces quelques notions ci-dessous étalées. Ceci dit, celles et ceux qu'un tel exposé rebute par principe peuvent tout à fait prendre un peu d'avance, et sauter à quelques pages d'ici, au chapitre intitulé LUMIÈRE... On y parle des éruptions stellaires, et d'un coup de soleil en Bretagne.

Quant à nous les courageux, prenons place sur les gradins. Derrière une paillasse encombrée de verroterie scintillante, sur une estrade en chêne toute rabotée par le piétinement de milliers d'enseignants, s'avance, l'air jovial, l'orateur... Avez-vous remarqué comme les professeurs de physique-chimie, alors qu'ils ont pourtant largement passé l'âge de faire des farces, conservent souvent sur leur visage et dans le feu de leurs expressions, une allure de potache ? On les sent capables de s'exciter comme des cancre devant un récipient dans lequel mijoterait un truc vaguement puant, que tout le monde espère d'humeur capricieuse ; car là où il n'y a pas de surprise, où est le plaisir ? Le voici qui commence, le sourire aux lèvres, avec dans les yeux l'étincelle de celui qui a découvert des merveilles.

## 1) quelques notions de base :

Les atomes d'oxygène sont fabriqués par fusion de l'hélium et du carbone dans les couches extérieures des étoiles ; dispersés dans l'espace à l'occasion des supernovæ, ils sont capturés par les objets à forte gravité, comme les amas gazeux pré-stellaires, ou leurs enfants, soleils et planètes. Toute matière brute nous vient des étoiles.

Par contre, la Terre offre cette particularité rare d'être une pépinière de molécules complexes. Les interactions chimiques y sont innombrables. Par exemple, il y fait suffisamment tiède pour permettre la création de l'eau.

Dans la stratosphère, H<sub>2</sub>O est cassée par les rayonnements ultra-violet. Les atomes isolés par la brisure se recombinent pour former de nouveaux composants intéressants, comme la molécule de dihydrogène H<sub>2</sub>, ou celle de dioxygène O<sub>2</sub>. Cette dernière, plus lente que sa sœur, reste piégée par la gravité, tandis que l'autre s'échappe ; la Terre perd de l'hydrogène.

Le dioxygène peut encore être produit par la décomposition du gaz carbonique CO<sub>2</sub> grâce à l'action du vivant : cyanobactéries des premiers océans, forêts du Tertiaire, zooxanthelles et dinoflagellés de nos mers actuelles. C'est pourquoi, en parlant des ressources végétales de la planète, on les qualifie

souvent de *puits de carbone*, puisqu'elles fixent le carbone des émissions naturelles et industrielles. On pourrait aussi les qualifier de sources d'oxygène, puisqu'elles en rejettent à l'occasion.

Néanmoins, comme les végétaux terrestres ont une activité qui consomme aujourd'hui presque autant d'O<sub>2</sub> qu'elle en produit, les seules véritables sources d'oxygène ne sont pas à rechercher sur les continents mais bien dans la mer. Nous respirons grâce à la photosynthèse du plancton végétal.

Vers l'an 2000, O<sub>2</sub> représentait 23% de la masse de l'atmosphère terrestre, un chiffre qui n'avait quasiment plus varié depuis qu'un équilibre avait surgi entre production et consommation ; par exemple depuis que les minéraux ferreux, par suite de leur saturation en oxyde de fer, étaient devenus incapables de piéger de nouveaux atomes d'oxygène, tandis que des animaux apprenaient à s'en servir en symbiose avec les plantes productrices.

Quand un système hypercomplexe, formé d'éléments ayant des stratégies divergentes, réussit à se stabiliser à la satisfaction de tous, ce miracle porte un nom : on parle d'homéostasie. Surtout ne touchez plus à rien ! Chacun des sous-ensembles peut toutefois évoluer et s'exprimer à l'intérieur de certaines limites ; mais si l'un d'eux en sort, soit par force, soit par accident ou même par bêtise pure, et s'il prend l'habitude de camper au-dehors, c'est tout l'édifice qui commence à s'effondrer. La géologie nous apprend que la catastrophe est alors brusque, rapide et irréversible.

## **2) des courants d'air, et de ce qu'ils véhiculent :**

Les échanges entre troposphère et stratosphère sont assez minces. Pour simplifier, disons que l'air terrestre se mélangera à celui de la stratosphère à la faveur des turbulences créées près de l'équateur par les ascendances d'air chaud qui s'y manifestent ; et l'air stratosphérique franchira la frontière dans l'autre sens, lorsque, refroidi près des pôles, il tombera sous son poids dans les couches sous-jacentes qui, malgré les apparences, sont un peu plus tièdes.

Comme cette circulation va des tropiques aux pôles, les échanges entre hémisphères sont pratiquement inexistantes, et la stratosphère reste un milieu assez stable, coupé en deux au niveau de l'équateur, et dans lequel toute perturbation importante mettra longtemps à se résorber. C'est ainsi qu'après une grosse éruption volcanique dont les nuages auront percé la troposphère, les cendres se diffusant là-haut ne redescendront que lentement, offrant pendant un à deux ans de spectaculaires levers et couchers de soleil.

Justement, à l'époque où Lucas découvrait la machine dans la carrière, la péninsule du Kamtchatka connut une des plus belles éruptions de son histoire, pourtant assez féconde en événements fumants : Klyuchevskaya Sopka, 4700m, perle de la péninsule, le volcan qui tient toujours parole (c'est un grand bavard), avait de nouveau pulvérisé tous ses records. La montagne superbe avait projeté, entre le 26 et le 30 avril, date de l'expédition souterraine, un paquet de cendres long de 740 milles dont le trajet avait, comme c'est l'usage, fermé la plupart des routes aériennes du Pacifique nord-est.

Aucune compagnie ne prendrait en effet le risque de voir les réacteurs de ses longs-courriers endommagés par la traversée d'un tel nuage, dont la largeur atteignait en fin de course les 380 milles : il aurait suffi de quelques dizaines de minutes de vol dans ce tourbillon anthracite pour obtenir d'intéressantes avaries dans les turbines, telles que la fusion des cendres dans les chambres de combustion, quelques concrétions de verre ici ou là, et une intense érosion des pales. De quoi arrêter l'un après l'autre tous les réacteurs d'un avion, et le transformer, d'un bel ange brillant, en un grisâtre fer à repasser pas trop manœuvrable. Ne pas oublier non plus les dommages causés par les poussières à l'intérieur du fuselage, car, après s'être insinuées au travers des filtres, elles viennent s'entasser dans les pires endroits : instruments de navigation, organes de contrôle, sondes diverses, poumons, narines, sinus.

L'éruption du Klyuchevskoy avait un précédent, immortalisé par les photographes de la mission STS068, navette Endeavour, aux alentours du 30 septembre 1994. On racontait alors que ç'avait été sa plus grosse colère des quarante dernières années. Un demi-siècle plus tard, le volcan nous remettait le couvert de la plus belle manière.

Or, certains des gaz émis par la montagne eurent, dans les années suivantes, une influence déterminante sur la suite des événements. D'ailleurs, il se trouva des gens pour insinuer que la fin du monde était en grande partie imputable aux volcans, bien plus qu'aux abus des industriels, les pauvres.

### **3) soleil d'altitude :**

Le rayonnement ultraviolet, très énergétique, détruit les liaisons chimiques entre les atomes. Il casse les molécules. C'est l'une des raisons pour lesquelles il est l'ennemi de toute vie constituée.

Les photons de l'ultra-violet sont répartis en trois catégories, qui sont différenciées en fonction de leur longueur d'onde, c'est à dire, en pratique, de la possibilité qu'ont les photons de se trouver en un endroit (une longueur d'onde s'apparente, par certains côtés, à une probabilité). Plus la vitesse est élevée, plus la longueur d'onde est courte ; plus grande est alors la probabilité d'exister à un certain endroit, et donc d'y casser quelque chose.

Les UV de la série A sont les moins énergétiques, avec une longueur d'onde comprise entre 400 et 320nm. Ils franchissent l'atmosphère sans grandes pertes, puisque 95 à 98% arrivent jusqu'au sol. Culturellement, ils ont eu un effet esthétique jugé bénéfique par les occidentaux du XX<sup>e</sup> siècle, tandis que le reste du monde s'en méfiait ou s'en désintéressait.

En fait, les UV A modifient l'ADN des cellules, détériorent les lipides et les protéines. La peau vieillit plus vite. Mais on est bronzé.

Les UV de la série B ont une longueur d'onde comprise entre 320 et 280nm. L'ozone stratosphérique les stoppe à 95-98%, et c'est une bonne chose puisqu'ils endommagent eux aussi l'ADN des cellules, filent des cancers, des rides et des coups de soleil. Ceci dit, chacun sait qu'une petite exposition quotidienne de 15mn aux UV B n'est pas si mauvaise, car ce sont eux qui

participent à la synthèse du calciférol, un nom pénible pour dire vitamine D, laquelle régule le métabolisme et la concentration sanguine du calcium, sans lequel il n'y aurait pas d'os qui tînt.

Enfin, voici les terribles ultraviolets de la série C, qui sont les plus énergétiques. Leur longueur d'onde est courte, comprise entre 280 et 100nm. Ce sont les plus dangereux, mais l'ozone les stoppe à 99%. Tant mieux, car leurs ravages sont encore plus profonds que ceux des UV B, et ils ne servent qu'à faire le mal.

Voici comment procède la stratosphère pour filtrer tous ces rayons.

La liaison entre les atomes d'oxygène de la molécule O<sub>2</sub> est si solide que seuls les ultra-violets les plus énergétiques peuvent la briser : les fameux C, qui meurent dans le choc, et c'est tant mieux pour nous. Les atomes d'oxygène ainsi dispersés se recombineront au hasard, soit à nouveau en dioxygène O<sub>2</sub>, soit en ozone O<sub>3</sub>. Dans ce dernier assemblage, les liaisons inter-atomiques sont moins solides, et des ultraviolets B suffisent à les briser. Les atomes de l'ozone bombardé se recombineront eux aussi, au hasard des rencontres, soit en O<sub>2</sub>, soit de nouveau en O<sub>3</sub>.

Ces processus réversibles sont appelés les réactions de Chapman, du nom de leur inventeur<sup>1</sup>. Le cycle établit ainsi qu'avec trois O<sub>2</sub>, on fait deux O<sub>3</sub>, et vice-versa. Un bel équilibre, qui marche tant que l'on ne détruit ni l'ozone, ni les sources d'oxygène.

Ainsi disparaissent les photons ultra-violets, dans des proportions telles que la vie sur Terre, si fragile, est maintenue possible.



1 Sydney Chapman : *A theory of upper-atmosphere ozone*. Memoirs of the Royal Meteorological Society, 1930.