

CHAPITRE II

De l'Équateur aux pôles

SOMMAIRE. — Nature de l'eau, ses propriétés. — La glace. Effets qu'elle produit. — Le regel. — Les zones. — Influence de l'inclinaison des rayons solaires. — Raisins, pêches et fraises. — Exposition, rose des vents. — Ce que nous apportent les vents. — Circulation de l'eau. — Voyage aux pôles. — Gulf-Stream. — Banquises, Icebergs. — Retour des pôles à l'Équateur. — Régions polaires. — Climats polaires. — Aurores polaires. — Richesses scientifiques des régions polaires.

NATURE DE L'EAU, SES PROPRIÉTÉS

Dans le chapitre précédent, nous avons décrit les formes variées sous lesquelles l'eau se présente dans la nature, mais, pour bien comprendre ce qui va suivre, il faut que nous fassions une plus ample connaissance avec la nature intime de la goutte d'eau, qu'elle soit liquide ou solide.

Une goutte d'eau est formée de deux bulles de gaz combinées par l'action de la chaleur, de l'électricité ou d'autres forces naturelles. L'un de ces gaz est contenu dans l'air, c'est l'*oxygène* indispensable à la respiration des animaux, l'autre, l'*hydrogène* est le gaz combustible par excellence.

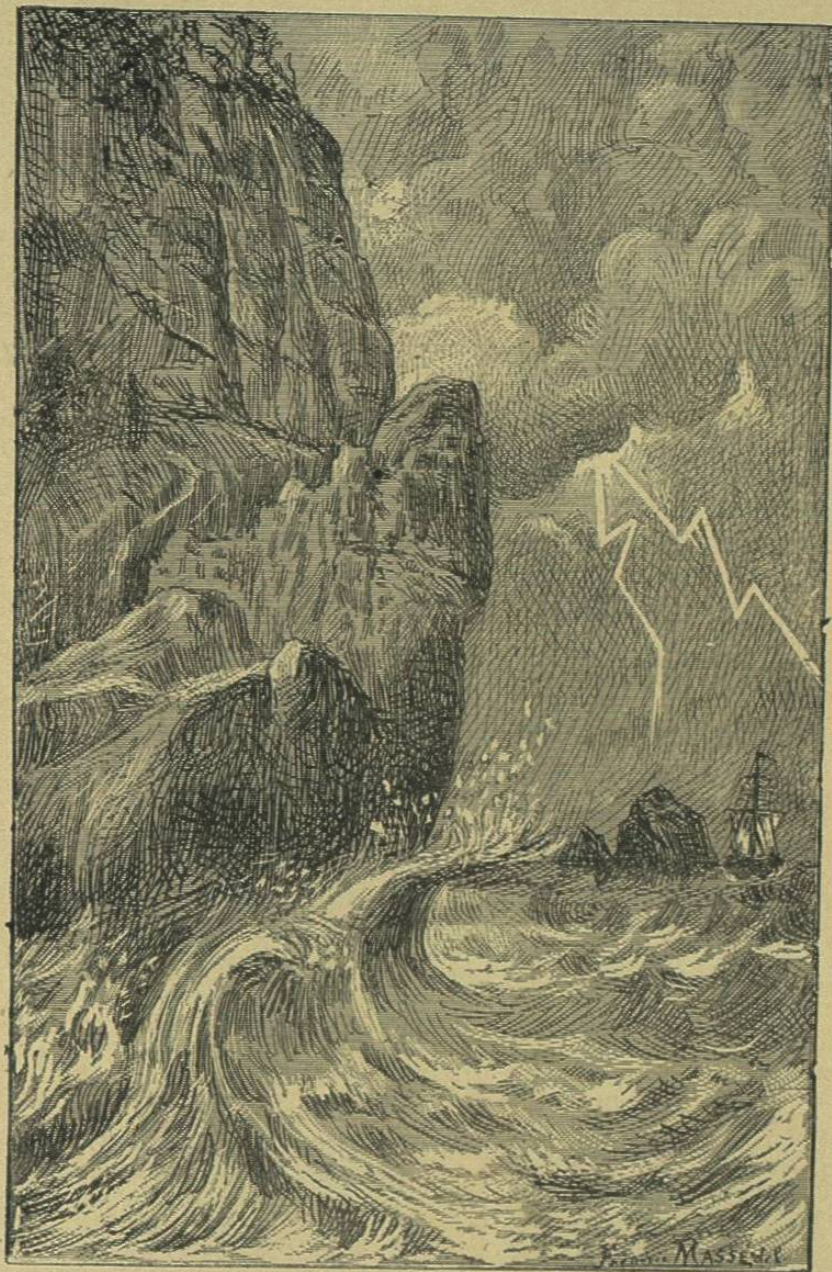
Lorsque l'hydrogène se dégage au contact de l'air (qui, comme nous venons de le dire, contient de l'oxygène) et qu'on en approche une bougie allumée, l'hydrogène combustible prend feu et brûle, tant que la source d'hydrogène n'est pas épuisée.

Cette combustion, cette combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène donnent naissance à l'eau. L'eau est le produit unique et immédiat de cette combustion.

Pour nous en convaincre, il nous suffit d'allumer un bec de gaz d'éclairage, qui est de l'hydrogène impur. Coupons, en effet, la flamme au moyen d'une assiette froide; le froid de l'assiette condensera immédiatement l'eau produite par la combustion, en faibles gouttelettes déposées sur la porcelaine. Si le froid de l'hiver nous saisit dans la rue, entrons nous réchauffer dans une salle de café éclairée par de nombreux becs de gaz, et observons. Bien que la salle soit chauffée, les murs ruissellent de l'humidité produite par la combustion du gaz, et les vitres, refroidies par la gelée extérieure, se couvrent d'élégantes arabesques arborescentes de glace, dont l'eau est aussi fournie par la combustion du gaz.

L'eau a la propriété de dissoudre une notable quantité d'air, lorsqu'elle est intimement et longtemps en contact avec l'air atmosphérique. L'eau de mer en dissout plus que l'eau douce (environ $\frac{1}{3}$ en plus, en volume); et les ouragans qui soulèvent les tempêtes à la surface de la mer, le vent qui s'engouffre dans les volutes des lames, et fouette les embruns jusque par-dessus la tête des matelots, tous ces mouvements de l'air agité ont pour effet de faire dissoudre l'oxygène atmosphérique par l'eau, de renouveler l'aération de l'eau de mer, comme nous aérons nos appartements par le courant d'air que nous déterminons en ouvrant les deux fenêtres opposées d'une même pièce. Plus le courant d'air est violent, plus l'air de nos habitations se renouvelle. Les tempêtes de vent contribuent donc aussi bien à la ventilation terrestre qu'à la ventilation marine.

Car nous avons besoin d'air pur pour respirer, pour revivifier notre sang par le travail incessant de nos poumons; et les poissons sont comme nous, il faut qu'ils respirent de l'air, et que cet air soit aussi pur que possible. Seulement, destinés à vivre dans



Une tempête.

Une pratique fort curieuse et très efficace, consiste à calmer la fureur des flots au moyen de sacs remplis d'étoupes imprégnées d'huile amarrés aux flancs des navires en danger. C'est le *filage de l'huile à la mer*.

l'eau, leurs organes de respiration sont différents : au lieu de poumons, la nature les a pourvus de *branchies*.

Les branchies sont des appareils respiratoires que tous les pêcheurs et les marchands de poissons connaissent parfaitement puisque c'est par la fraîcheur des branchies qu'ils jugent de celle de la chair des poissons ; les branchies sont, en effet, les organes qui entrent le plus promptement en putréfaction. Elles se trouvent à la jonction du corps et de la tête, sous les ouïes de l'animal ; elles forment une série de lamelles frangées repliées les unes sur les autres, en minces appliques d'un beau ton de sang frais.

Observez un poisson au repos, au fond d'un aquarium, vous le verrez agiter constamment ses ouïes, même lorsqu'il paraît dormir. Il respire, et ses ouïes se meuvent d'un mouvement alternatif de soufflet analogue à celui de notre poitrine, quand nous respirons. Un poisson plongé dans une eau non aérée, comme celle d'une source, y serait promptement asphyxié. Aussi ne rencontre-t-on de poissons dans les cours d'eau qu'à une certaine distance de leur origine, alors que l'eau dans laquelle ils vivent a été suffisamment aérée par le contact prolongé de l'air atmosphérique.

Au moment de la congélation de l'eau, l'air dissous se dégage ; cependant si la congélation est brusque, l'air n'a pas le temps de s'échapper, et il reste emprisonné en bulles gazeuses de toutes dimensions, faciles à observer dans les glaçons.

LA GLACE, EFFETS QU'ELLE PRODUIT

En passant de l'état liquide à l'état solide, l'eau augmente de $\frac{1}{14}$ environ de son volume, ou, plus exactement des 75 millièmes de son volume primitif. C'est-à-dire qu'un litre d'eau ou mille centimètres cubes d'eau produisent en se congelant mille

soixante quinze centimètres cubes de glace ; ou bien, si l'on prend pour unité la densité de l'eau, celle de la glace est 0,918. — D'où il résulte qu'un litre de glace pèse, non pas 1000 grammes, mais 918 grammes. Aussi les glaçons, plus légers que l'eau flottent-ils à sa surface.

Cette augmentation des sept centièmes et demi du volume primitif de l'eau par la congélation, produit des effets beaucoup plus importants qu'on ne pourrait le supposer au premier abord. Cette dilatation de l'eau par la gelée détruit une grande partie des constructions humaines et désagrège même les roches les plus dures des hautes montagnes. C'est par la gelée que la nature détache les rochers, et prépare le travail des glaciers et des torrents, qu'elle charge d'élaborer, de rouler, de triturer, de transporter les minéraux qui doivent se déposer en terrains d'alluvion dans les vallées inférieures.

Dans les pays de plaine, où la température est plus tempérée, la gelée effrite les pierres tendres ; on les appelle à cause de cela *pierres gélives*. Elles doivent être proscrites de toute construction sérieuse. Dans le Nord de la Russie, pendant les hivers rigoureux, le granit lui-même ne résiste pas à l'action intense et prolongée du froid excessif qui règne sous ce climat. C'est de Russie probablement que nous vient l'expression : *Il gèle à pierre fendre !*

Cette propriété de la gelée d'effriter les matériaux est utilisée par l'agriculture :

Les laboureurs retournent le sol arable en gros éléments par des labours profonds, avant l'hiver. La gelée désagrège les grosses mottes de terre soulevées par la charrue, elle les émiette, ameublir le sol, et le rend éminemment propre à recevoir les graines qui lui seront confiées au printemps pour y germer et s'y développer en moissons futures.

C'est aussi avant les fortes gelées que les cultivateurs se livrent à l'importante opération du marnage des terres ; nous

verrons plus loin que cette pratique a pour but d'introduire dans le sol arable un précieux amendement : la *chaux*. Cette opération consiste à répandre sur le sol de la marne, c'est tantôt une argile très calcaire, tantôt de la craie ou quelque calcaire tendre, quelquefois même le test de coquilles marines. La pluie imprègne la marne, et la gelée l'effrite en poussière fine. Un coup de herse suffit ensuite pour la répartir assez uniformément sur le sol ; puis la charrue vient compléter l'incorporation par l'enfouissement de la marne avec le fumier.

Cette influence destructive de la gelée se fait sentir sur tous les vaisseaux contenant de l'eau, ou d'autres liquides aqueux : Les tonneaux, les pompes, les tuyaux et autres vases employés aux usages domestiques dans nos habitations sont impitoyablement brisés par la gelée, lorsqu'ils contiennent de l'eau. Aussi les ménagères prévoyantes et soigneuses s'empressent-elles de vider tous leurs vaisseaux à l'approche des fortes gelées. La moindre négligence est immédiatement suivie du bris du vase par la congélation de l'eau qu'il contient.

Les terres cultivées ne sont pas à l'abri de la gelée, comme nous venons de le voir, surtout lorsqu'elles sont humides, et lorsqu'on parcourt à pied les champs, par ce qu'on appelle une belle gelée, on sent la croûte de terre gelée, soulevée par la glace s'affaisser sous les pas. Ce soulèvement de la terre labourée entraîne malheureusement celui des plantes qui y végètent, et comme les racines profondes ne suivent pas ce mouvement d'ascension, il en résulte un déchirement des extrémités de ces racines. Une série de gelées et de dégels successifs arrachant à plusieurs reprises les racines des plantes est excessivement nuisible à la végétation de celles qu'on cultive en hiver, notamment aux céréales. Ces phénomènes causent des dégâts tels qu'il arrive parfois qu'au printemps il reste si peu de plants, qu'il faut réensemencer les champs à nouveau.

Les grands végétaux eux-mêmes parmi lesquels il faut ranger

le roi des forêts, le chêne, ne résistent pas toujours à l'influence destructive de la gelée, sous notre climat. Pendant l'hiver de 1879 à 1880, le thermomètre est descendu dans le Nord de la France au-dessous de -20° centigrades et les vieux chênes ont gelé dans beaucoup de forêts. Les forestiers désignent les *billes* de bois qui ont été gelées sous le nom de *bois-gelifs* ou *roulés*.

En Sologne, les propriétaires de *pinières* ou de *pinèdes* (suivant l'expression méridionale) ont vu périr cet hiver là, par le froid, la majeure partie de leurs plantations de pins maritimes ; depuis les semis les plus jeunes, jusqu'aux futaies âgées de plus de trente ans. Ainsi en quelques nuits néfastes, ils ont perdu le fruit de plus de vingt années de labeur, les pins n'ayant guère de valeur marchande que lorsqu'ils ont atteint l'âge de la maturité, c'est-à-dire de vingt-cinq à trente ans.

Pendant ces froids sibériens, nous avons nous-mêmes entendu plus d'une fois des craquements sinistres se produire au milieu des troncs d'arbres, c'était l'eau contenue dans la sève qui les faisait éclater par la congélation.

Les penpliers surtout ont été victimes de ces froids excessifs. On sait, en effet, que ces arbres croissent, principalement sur le bord des cours d'eau ; leur bois est donc bien plus imprégné d'humidité que celui des arbres qui croissent en terrain sec ; et cette abondance de vaisseaux aquifères augmente les désastres produits par la gelée.

En résumé tout vaisseau contenant de l'eau et exposé à la gelée est brisé par la force expansive de la congélation de l'eau, quelle que soit la résistance des parois du vaisseau.

En voici un exemple rapporté par M. Cazin.

« Le major d'artillerie William fit un jour, à Québec, l'expérience suivante : ayant rempli d'eau une bombe de 0.35 centimètres de diamètre il la ferma avec un bouchon de fer fortement enfoncé, et la laissa exposée à la gelée. Bientôt le bouchon fut

lancé à plus de cent mètres et un cylindre de glace de 22 centimètres de long sortit par l'ouverture.

« Une autre fois, le bouchon, vissé, résista et la bombe fut fendue circulairement ; une lame de glace sortit par la fente. »

LE REGEL

La glace jouit encore d'une propriété remarquable que la physique désigne sous le nom de *regel* :

Lorsqu'on rapproche l'une contre l'autre les faces de deux glaçons, l'eau interposée se congèle par le froid fourni par les deux glaçons, et ceux-ci se soudent ensemble, comme les fragments de vases que recollent les raccomodeurs de vieilles porcelaines.

« L'enfant, dit encore M. Cazin, qui pétrit une boule de neige répète l'expérience du *regel*. Les flocons de neige deviennent de petits glaçons qui se soudent les uns aux autres ; la main les brise, les change de place ; ils se soudent de nouveau, et voilà comment cette neige légère et délicate devient un corps dur et compacte, qui peut blesser l'enfant dans ses jeux.

« Le voyageur qui visite les glaciers des Alpes rencontre une crevasse profonde, il amasse de la neige au bord du précipice ; il en fait un pont, puis il monte sur cet édifice improvisé, et s'avance lentement au-dessus de l'abîme. La neige glacée fléchit sous son poids. Ici il y a rupture, là il y a *regel* : la masse comprimée devient rigide, et le passage peut s'effectuer sans danger. »

Grâce au *regel*, on a pu construire à Saint-Petersbourg un palais entier avec des morceaux de glace qui se soudaient en un seul bloc. L'histoire de l'édification d'un palais de glace n'est pas comme on serait tenté de le croire, tirée d'un conte de fées ; nous l'extrayons d'un ouvrage publié par Louis Figuier.

« Pendant l'hiver de l'année 1740, on bâtit dans cette ville

(Saint-Pétersbourg) une maison avec des glaçons retirés de la Newa, fortement comprimés. Ces glaçons furent taillés de manière à servir de pierres.

« La maison de glace de 1740 se maintint debout pendant plusieurs années, et traversa, par conséquent plusieurs étés. Le Czar y donna des fêtes et des bals, auxquels toute la cour fut conviée. Il régnait une chaleur étouffante dans ces salons composés de glaçons retirés du fleuve, et pourtant ces matériaux ne fondaient pas. Les lumières scintillaient au-dehors, à travers l'épaisseur des parois transparentes.

« Les vitres de glace de l'édifice se couvraient de givre, mais tenaient bon.

« Ainsi que nous l'avons expliqué, les murs se couvraient seulement d'une couche d'humidité, et cette légère couche d'eau protégeait toute leur épaisseur contre la chaleur du dedans.

« La maison de glace avait 16^m,88 de longueur, 5^m,19 de largeur et 6^m,49 de hauteur; le poids du comble et des parties supérieures fut parfaitement supporté par le pied de l'édifice.

« Devant le bâtiment on plaça six canons de glace, avec leurs affûts de glace, et on tira ces canons à boulet. Chaque pièce perça, à soixante pas, une planche de 5 centimètres d'épaisseur. Les canons avaient un décimètre d'épaisseur, ils étaient chargés avec un quarteron de poudre. Aucune de ces bouches à feu d'un nouveau genre n'éclata pendant le tir.

« On aurait peine à croire à un tel prodige, si les recueils scientifiques du temps n'avaient pas pris soin d'en conserver le souvenir.

« En ce qui concerne les carreaux de vitre composés de glace, on peut rappeler que les Lapons ferment les fenêtres de leurs huttes, avec une lame de glace de faible épaisseur. Cette vitre en eau glacée ne fond jamais à cause de la température extérieure, qui est toujours, en hiver, de plusieurs degrés au-dessous de zéro. »

Pour donner une preuve expérimentale des effets que produit le regel, on fait aujourd'hui, dans les cours de physique, l'expérience suivante : Après avoir fixé un bloc de glace sur des supports, on l'entoure d'un fil de laiton, auquel on suspend un poids assez lourd pour le tendre fortement.

Par la chaleur qu'il emprunte à l'atmosphère et par la tension que lui donne le poids, le fil métallique pénètre peu à peu au travers de la glace qu'il fond par son passage. Il finit par traverser complètement le bloc de glace qui reste intact, comme si le fil ne l'avait pas pénétré.

Aussitôt après le passage du fil, la coupure s'est cicatrisée par le regel, et les molécules un instant séparées se sont regelées, resoudées par le froid, comme si rien d'insolite ne s'était passé.

LES ZONES

Avec le bagage de connaissances que nous venons d'acquérir sur les propriétés de la glace, nous pouvons accompagner la goutte d'eau dans son voyage autour du monde.

Dans le chapitre précédent nous avons principalement décrit le trajet parcouru par les vapeurs nées dans la zone torride, entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, et qui se rendent dans les zones tempérées, soit Boréale, soit Australe.

Ces zones sont limitées par les tropiques du côté de l'équateur et par les cercles polaires arctique et antarctique du côté des Pôles. Entre les cercles polaires et les pôles se trouvent les régions polaires des zones glaciales. — La géographie nous apprend que les zones polaires comprennent l'océan glacial arctique et l'océan glacial antarctique.

Le froid y est très intense, et les glaces y sont éternelles. Le froid y est d'autant plus rigoureux que l'on s'approche plus près du pôle, ce qui s'explique par ce fait que les rayons solaires

glissent dans ces contrées tangentiellement à la surface du sol, tandis que sous l'équateur, dans la zone torride, ils dardent perpendiculairement à la surface du globe terrestre.

INFLUENCE DE L'INCLINAISON DES RAYONS SOLAIRES

Mes jeunes lecteurs se rendront un compte assez exact de l'influence de la direction des rayons par l'exemple suivant :

Un enfant rencontre sur son chemin une nappe d'eau. Il s'en



Libellule.

approche presque instinctivement, comme attiré par le miroitement de l'eau, quoiqu'il lui soit, et peut-être parce qu'il lui est défendu de le faire (le fruit défendu a tant d'attraits pour les enfants désobéissants !)

Il observe la surface de l'eau frissonnant sous les caresses du moindre zéphyr. Il admire les couleurs vives et chatoyantes des libellules (appelées vulgairement demoiselles). Il regarde le balancement du faible roseau qui fléchit sous le poids de ces légers et gracieux insectes. Mais les vilaines araignées d'eau, aux pattes grises et crochues, lui causent de la répulsion. Il veut alors les chasser. Il ramasse des cailloux et les projette dans l'eau.

S'il lance la pierre *tangentiellement* à la surface, il remarque qu'elle glisse, fait des ricochets (qu'il s'amuse à compter), mais ne pénètre qu'à la longue dans la masse liquide.

S'il la jette, au contraire, *verticalement*, il voit la pierre faire un lourd plongeon jusqu'au fond.

Si la surface de l'eau est couverte d'une mince couche de glace, l'expérience est encore plus concluante.

Les rayons solaires se comportent à la surface du globe terrestre de la même façon que la pierre à la surface de l'eau ; plus ils sont inclinés, plus ils effleurent le sol, et plus ils se réfléchissent dans l'espace. Au contraire, plus ils frappent la terre perpendiculairement à la surface, plus le sol s'échauffe.

Nous insistons sur l'influence considérable, au point de vue calorifique, de la direction des rayons solaires, parce que nous en éprouvons tous, à chaque instant du jour, les effets. — Tous, grands et petits, nous en faisons l'expérience quotidienne, et nous ne paraissions pas nous en rendre compte, ni même nous en douter, tellement nous y sommes habitués. Cependant nous voyons tous le soleil se lever, monter à l'horizon, arriver au plus haut point à midi, puis descendre pour disparaître à l'ouest. Nous voyons tous l'ombre de la tige du cadran solaire (style ou gnomon) longue au point du jour se raccourcir peu à peu, à mesure que les rayons solaires se rapprochent davantage de la verticale, et nous sentons la chaleur augmenter en même temps. Puis, nous voyons cette ombre atteindre son minimum à midi, c'est-à-dire au moment où les rayons solaires tombent le plus d'aplomb sur nous. Nous avons même pour nous exprimer une locution consacrée par l'usage : *le soleil est de plomb!* La chaleur du jour est alors à son maximum.

Ensuite, après midi, nous assistons aux mêmes phénomènes, mais en sens inverse, et la chaleur diminue en même temps que l'ombre s'allonge, que les rayons deviennent plus obliques.

Peu de personnes s'avisent de remarquer que l'obliquité des rayons est la cause de la faiblesse des effets calorifiques. Pourtant, chacun sait qu'au solstice d'hiver (21 décembre) le soleil est peu élevé au dessus de l'horizon, et la chaleur très faible;