BIBLIOTHÈQUE
DES ÉCOLES ET DES FAMILLES

GOUTTES DE PLUIE

ET

FLOCONS DE NEIGE

PAR

EUGÈNE LEFEBVRE

Professeur au lycée de Versailles
et à l'École normale supérieure d'enseignement primaire de Saint-Cloud

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 148 GRAVURES

TROISIÈME ÉDITION

PARIS
LIBRAIRIE HACHETTE ET C^IE^
79, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 79
1889

Droits de traduction et de reproduction réservés.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

INTRODUCTION

Quel est celui d'entre nous qui n'a jamais maudit la neige ou la pluie? Il fait mauvais temps; cela signifie, suivant la saison : il pleut, il neige. Combien il est désagréable d'être surpris en été par un orage, en hiver par une de ces rafales où les blancs flocons, fouettant votre visage, vous aveuglent et vous morfondent! Mais aussi quel contentement égoïste on éprouve, en pareil cas, à rester tranquillement assis au coin de son feu, ou bien à regarder, à travers les vitres, l'orage se déchaîner au dehors! Que d'excursions magnifiques, que de délicieuses promenades projetées pendant longtemps, ont perdu tout agrément parce qu'elles ont été contrariées par la pluie! Que de fois le touriste, voyageant en Suisse, a vu ses plus belles espérances renversées par le mauvais temps!

Vous vous êtes levé de grand matin; vous avez marché pendant une bonne partie de la journée; encore une heure ou deux,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

et vous arriverez à une de ces stations célèbres d'où l'on découvre un magnifique horizon. Le guide vous a fait, par avance, l'énumération complète des sommets, des pics, des aiguilles que vous allez apercevoir; il vous a décrit les glaciers, les lacs, les vallées dont le splendide panorama va se dérouler à vos yeux. Enfin vous arrivez, vous touchez au but; que voyez-vous de tous côtés : du brouillard, rien que du brouillard. Vallées, montagnes, glaciers, tout est recouvert d'un voile uniforme et grisâtre; tout est noyé dans un océan de brumes. Estimez-vous heureux si votre route s'est effectuée sans pluie; consolez-vous en pensant que vous auriez pu faire votre ascension à l'ombre d'un parapluie, et les pieds dans des ruisseaux qui n'ont rien de pittoresque; dites-vous que beaucoup d'autres n'ont pas été mieux partagés, et que l'on pourrait faire un bien gros catalogue avec toutes les vues de brouillard dont les voyageurs en Suisse sont appelés à jouir.

VOYAGE EN SUISSE.

Que chacun de nous fouille dans sa mémoire : il ne sera pas

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

embarrassé pour y trouver de puissants motifs de rancune contre la pluie : il se souviendra de certaines averses qui l'ont assailli, loin de tout abri, et l'ont trempé jusqu'aux os. Et quand, le dimanche, après une belle matinée d'été, l'orage vient soudain à éclater dans l'après-midi, quelle déroute sur les promenades et dans les bois voisins de la ville, que de fraîches toilettes perdues, que de rhumes gagnés, que d'irréconciliables ennemis de l'eau du ciel!

Mais ce sont là de petits accidents : la neige et la pluie peuvent en causer de plus grands. Ne voit-on pas, chaque hiver, les voyageurs arrêtés par les neiges, malgré les puissants moyens de locomotion dont nous disposons maintenant? La locomotive ne parvient pas toujours à déblayer une voie encombrée de neige; les trains déraillent ou sont obligés de rebrousser chemin. Les communications, d'ordinaire si faciles, sont interrompues : habitués que nous sommes à ne plus connaître de distances, nous nous trouvons ramenés tout d'un coup à un demi-siècle en arrière, alors qu'il fallait huit jours pour traverser la France. C'est dans les montagnes que la neige est le plus à redouter : ici, couvrant d'une nappe uniforme et continue toutes les anfractuosités du terrain, elle cache et la route et le précipice; ailleurs, elle s'écroule en formidables avalanches et ensevelit tout sous son blanc linceul. Plus terribles encore sont les pluies prolongées, lorsque, après avoir gonflé ruisseaux et rivières, elles viennent étendre sur la vallée le froid manteau de l'inondation. Impassible et irrésistible, l'eau sort de son lit ordinaire et se répand dans la prairie. La voilà qui pénètre dans les rues et entre dans les maisons; surpris et enfermés, les habitants abandonnent le rez-de-chaussée, dont l'eau prend aussitôt possession. Mais elle monte toujours : refoulés d'étage en étage, les malheureux se réfugient sur les toits, attendant, comme des naufragés, la suprême ressource de la barque de sauvetage, à moins que, minée par les eaux, la maison ne s'écroule et ne les entraîne avec elle dans l'abîme.

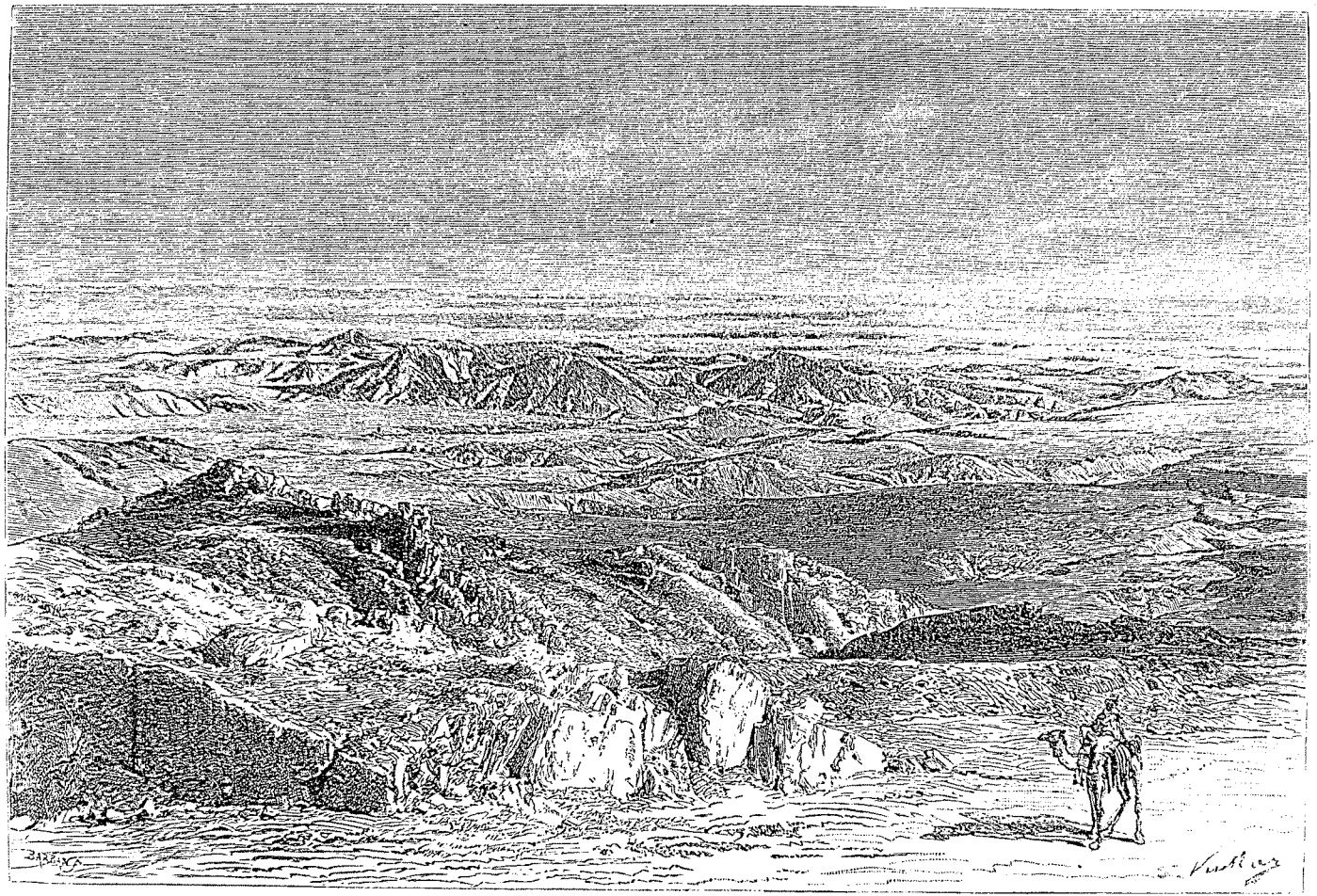
Malgré les ennuis ou les désastres causés par la pluie et la neige, j'espère convaincre mes jeunes lecteurs que ce sont là

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

d'excellentes choses, et que le mauvais temps doit être rangé au nombre des bienfaits de la nature. Voulez-vous savoir, en effet, ce qu'est un pays sans pluie et sans neige : c'est le désert. Ce qui donne au désert son caractère d'unité, malgré les différences de climats et de terrains, c'est la rareté ou le manque absolu d'eau. Ce n'est pas dans le sol, c'est dans les régions aériennes qu'il faut chercher l'origine du désert. Les mêmes causes amènent partout les mêmes résultats; le grand désert africain ne fait que prolonger, vers l'ouest, la zone des territoires presque entièrement dépourvus d'eau qui traverse la Mongolie, la Kachgarie, le Touran, l'Iran et l'Arabie. Cette large bande qui, sur une longueur de 12 500 kilomètres, s'étend du désert de Gobi aux limites du Sahara, est une surface desséchée, interrompue à de grands intervalles par le cours de fleuves bordés d'arbres ou par des montagnes aux vallées verdoyantes. En Asie, les vents polaires qui ont déposé leur humidité sur les monts du Baïkal, de l'Altaï, sur le Caucase et sur les chaînes de l'Asie Mineure n'ont plus de pluies à verser sur le Gobi, l'Iran ou l'Arabie. De même, les vents desséchés par la traversée de l'Europe ne prennent pas, au passage de la Méditerranée, une quantité de vapeurs suffisante pour arroser le continent africain. Ils épuisent leurs nuages sur les collines et les montagnes de la côte septentrionale.

L'action bienfaisante des nuages ne consiste pas seulement à donner des pluies et à recouvrir, en hiver, les champs d'une couche protectrice de neige; ils servent encore à modérer le froid et la chaleur. En se déployant, ils étendent sur la terre un voile qui conserve la chaleur et empêche, pendant la nuit, sa déperdition dans les espaces célestes; pendant le jour, ils s'interposent entre la terre et le soleil, et arrêtent ses rayons qui brûleraient les plantes et dessécheraient la surface du sol. Dans le Sahara, les nuages et les brouillards sont inconnus : c'est à peine s'il se dépose parfois un peu de rosée. Aussi voit-on un froid rigoureux succéder, chaque nuit, à la chaleur excessive du jour. Dans cet air desséché, les grandes pluies se font attendre pendant des années, quelquefois pendant dix ou douze ans. Aussi le guide qui

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LA TERRE SANS EAU — LE SAHARA

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

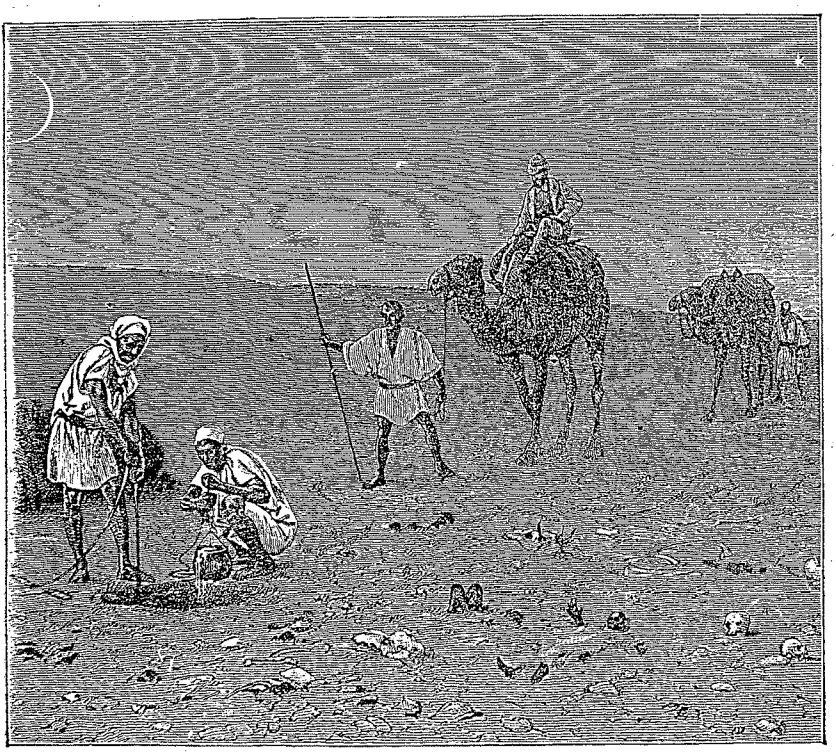
conduit les caravanes à travers le désert, ne doit-il ignorer aucune oasis, aucun point d'eau, mare, source, puits ou simplement sable humide; car souvent il faut marcher des journées entières sans rencontrer une goutte d'eau. Dans le désert de Libye, par exemple, la fontaine de Meschrou est la seule station aquifère qui soit située, au milieu de collines de sable, entre la partie méridionale du Fezzan et les montagnes du War. Lorsque le docteur Nachtigal l'atteignit, il trouva le sol environnant jonché d'ossements humains et de squelettes de chameaux. Il y avait aussi plusieurs cadavres d'enfants, sans doute de petits nègres, tristes épaves d'une caravane d'esclaves, qui, hors d'état de continuer leur route, avaient été laissés là et abandonnés agonisant sous les ardeurs d'un soleil torride.

La pluie qui tombe sur une région, c'est la vie qui y pénètre : l'eau imbibe la terre et reparaît bientôt sous forme de verdure dans les prairies, les champs de céréales, les vergers d'arbres ou dans les groupes de saules et de peupliers qui bordent les ruisseaux. La nature ne déroule ses paysages embellis par l'infinie variété de la végétation que dans les contrées abondamment arrosées. Le sable mouvant de l'Arabie confine aux champs bien arrosés de la Babylonie, dont Hérodote célébrait, il y a plus de deux mille ans, l'éternelle fécondité : à quelques pas du Paradis terrestre sont des plateaux nus et desséchés.

On est étonné, en analysant une plante ou un arbre, de voir quelle faible quantité de matière empruntée au sol entre dans sa composition. Tronc, branches, feuilles, fleurs et fruits, tout dérive presque uniquement de l'air et de l'eau : ces deux fluides nourrissent le règne végétal, dont vit lui-même le règne animal. A l'Exposition universelle de 1878, un savant, de je ne sais plus quel pays, avait eu l'idée étrange de mettre en bouteilles les différentes matières qui entrent dans la composition du corps d'un homme. Voici d'abord un bocal rempli d'une poussière blanche : c'est la matière minérale d'un squelette; à côté se trouve, dans un flacon bien bouché, le bâton de phosphore qu'elle pouvait servir à fabriquer. Ce fragment qui ressemble

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

à un clou représente la quantité de fer contenue dans le sang; cette plaque de colle forte, c'est la quantité exacte de gélatine qu'il serait possible d'extraire de la peau et des os. Enfin cette collection bizarre était complétée par une énorme jarre de 50 à 60 litres, entièrement remplie d'eau. La proportion d'eau est encore plus considérable dans les plantes, et



LA FONTAINE DE MESCHROU.

particulièrement dans les feuilles : 1000 grammes de bonne salade contiennent au moins 995 grammes d'eau. En présence de ces résultats, pourrait-on s'étonner que l'abondance des eaux soit nécessaire à la vie des animaux et des plantes!

Chez tous les peuples de l'antiquité, les eaux étaient rangées au nombre des dieux. La mer, c'est Neptune, le dieu puissant et terrible, dont le courroux soulève les flots et qui, d'un seul coup de son trident, peut faire sortir de la terre un être nouveau.

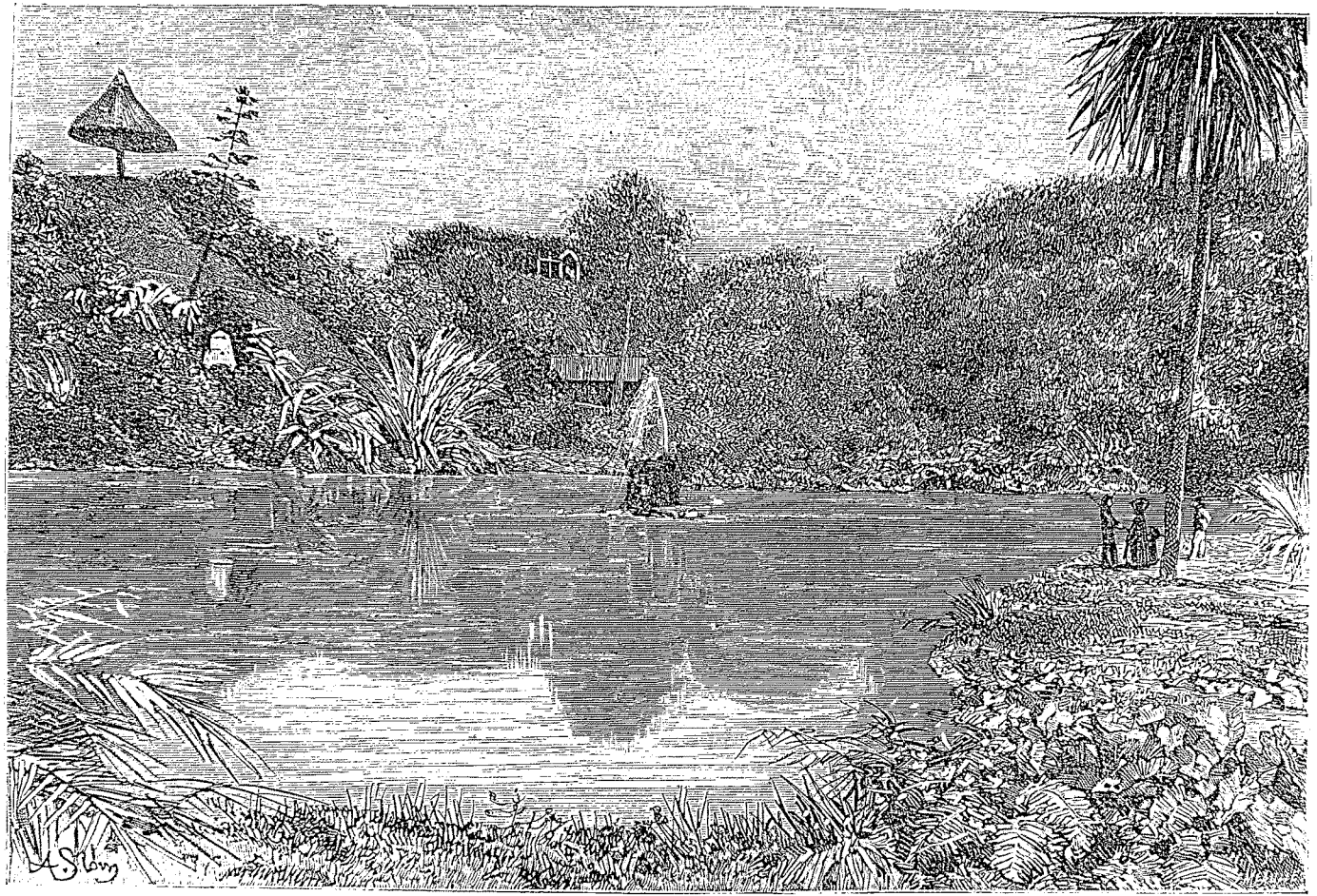
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Chaque fleuve, chaque rivière est un dieu dont l'urne verse la fraîcheur, la fécondité et la vie; chaque source est une nymphe mystérieuse et bienfaisante qui se cache à tous les regards. De nos jours même, dans ce siècle où la vapeur et l'électricité priment la poésie, fouillez les croyances populaires : les lacs ont leurs légendes et les ruisseaux leurs ballades. Et quand, le soir, la nuit tombe sur les bois, ne sent-on pas un charme paisible et une tristesse délicieuse envahir les choses et les âmes! Le brouillard s'élève lentement et voltige à travers le feuillage, de doux murmures se font entendre dans les ténèbres naissantes : ce sont les nymphes des fontaines qui chantent en chœur et dansent au milieu de l'ombre. Non, la science ne tuera par l'imagination : tant qu'il y aura des bois, des prés, des montagnes, des lacs et des rivières, tant que les blanches vapeurs s'élèveront au-dessus des ruisseaux, il y aura des nymphes, il y aura des fées bienfaisantes.

Plus touchantes encore sont les croyances des Hindous : ils voient plus que des déesses dans les rivières qui arrosent leurs champs et font naître leurs moissons. Pour eux, l'eau est la mère divine. Le Gange, c'est la *mère Ganga :* ses bords sont sacrés, et les pèlerins emplissent de l'eau du fleuve de petites bouteilles qu'ils placent dans deux paniers suspendus à un bambou. Chargés de ce fardeau, ils vont de village en village et parcourent l'Inde, en vendant à grand prix l'onde sacrée. Les riches Hindous peuvent ainsi se purifier avec l'eau sainte sans se déranger; mais la véritable sainteté ne s'acquiert que par le pèlerinage sur les rives saintes de la mère universelle. Lorsqu'il meurt, le lieu de suprême repos pour l'Hindou est le sein de sa mère : aussi des milliers et des millions de cadavres étaient-ils, chaque année, rejetés sur ses bords par le courant du Gange. Les Anglais s'efforcent, par mesure d'hygiène, de mettre obstacle à cette coutume : mais encore aujourd'hui la piété filiale imagine toutes sortes de supercheries pour assurer aux morts le lieu de repos le plus sacré.

L'eau est donc une des sources de la vie à la surface de la terre;

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sans eau, il n'y aurait ni végétaux, ni animaux. Nous ne saurions en effet imaginer un être organisé uniquement formé de masses solides et chez lequel ne circulerait ni sève, ni sang. Sans eau, la surface terrestre ressemblerait à celle de la lune : un bloc de pierre ponce, une scorie volcanique inhabitée et inhabitable, voilà ce que devient notre globe si vous lui enlevez ses mers et ses rivières. Eh bien, cette eau, sans laquelle la vie n'existerait pas, la chimie nous apprend que c'est une chose inerte, une matière purement minérale, au moins par sa constitution. Car si nous suivons la goutte d'eau qui vient de tomber, ou le flocon de neige emporté par le vent, nous les voyons se mouvoir, s'agiter, se transformer sans cesse : tour à tour, la goutte d'eau devient source ou glacier, torrent ou paisible rivière, vapeur impalpable et invisible, nuage ou brouillard, jusqu'à ce que, ces pérégrinations terminées, elle arrive à la mer, où elle semble reprendre de nouvelles forces pour de nouveaux voyages. Ce mouvement incessant, n'est-ce pas une sorte de vie active et féconde?

Elle est vivante, cette mer salée comme du sang, qui chaque jour s'élève, s'abaisse et semble, pour ainsi dire, respirer. Ses ondes, qui nous paraissent immobiles, circulent constamment de l'équateur vers les pôles et des pôles vers l'équateur, portant aux pays des glaces la chaleur et la surabondance de vie des régions tropicales.

Elles sont vivantes, ces vapeurs qui s'échappent sans cesse de la mer et se répandent dans l'atmosphère. Il est vivant, ce nuage aux formes indécises et perpétuellement changeantes. N'a-t-il pas le droit de dire :

> Où j'ai passé, soudain tout verdit, tout pullule,
> Le sillon que j'enivre enfante avec ardeur.
> Je suis onde et je cours, je suis sève et circule
> Caché dans la source ou la fleur.

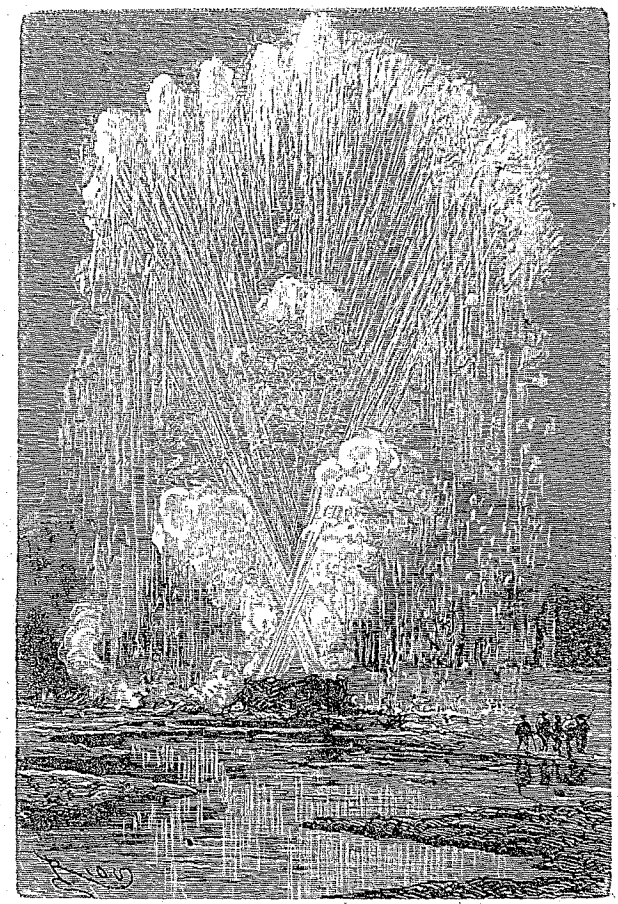
Elles sont vivantes, ces eaux qui, après s'être cachées pendant quelque temps dans les profondeurs du sol, reparaissent à la

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

CASCADE DE LA HANDECK, EN SUISSE. (page 503.)

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

lumière sous forme de sources. Les unes, calmes et fraîches, habitent les vallons ou les prairies bordées de peupliers. Les autres, sous la puissante impulsion des vapeurs souterraines, lancent vers le ciel leurs eaux en perpétuelle ébullition. Sem-



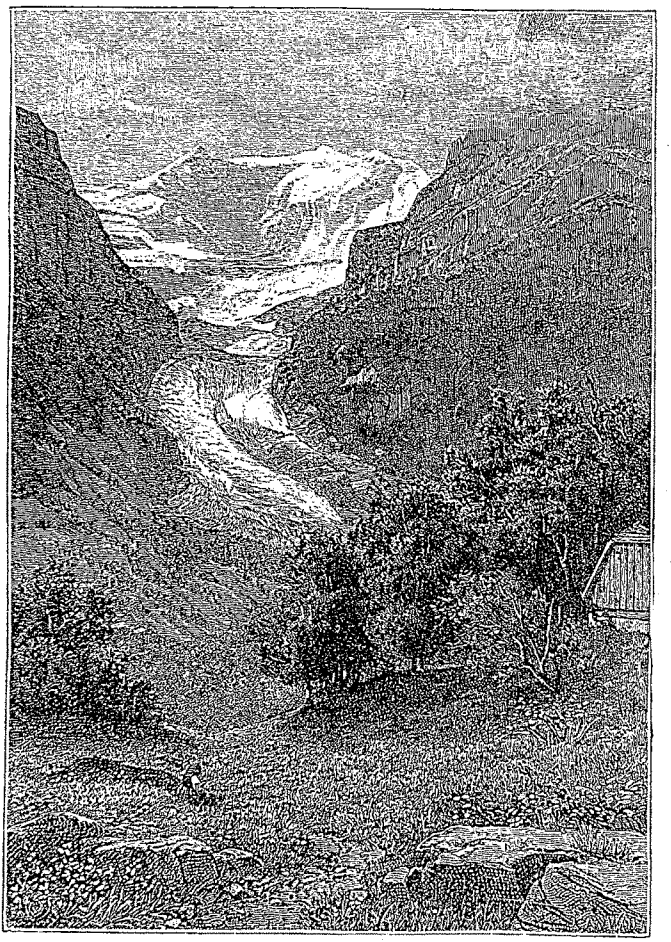
GEYSER EN ÉVENTAIL (PAGE 176).

blables à des volcans, tantôt elles s'apaisent, tantôt elles éclatent avec fracas, et méritent bien le nom de *geyser* ou *furieuses*.

Ils sont vivants, ces fleuves, ces rivières, ces cours d'eau, véritables *routes qui marchent toutes seules*. Sortis des montagnes, où ils se précipitent en bruyantes cascades, ils vont porter à la mer le tribut des eaux terrestres et ramènent à leur point de départ les pluies et les neiges sorties de l'océan. Tout le long de leur

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

cours, l'homme, qui les sait forts et puissants, les traite en esclaves et les fait travailler. Ils tournent la meule des moulins et broient le grain qui doit le nourrir; ils transportent ses fardeaux,



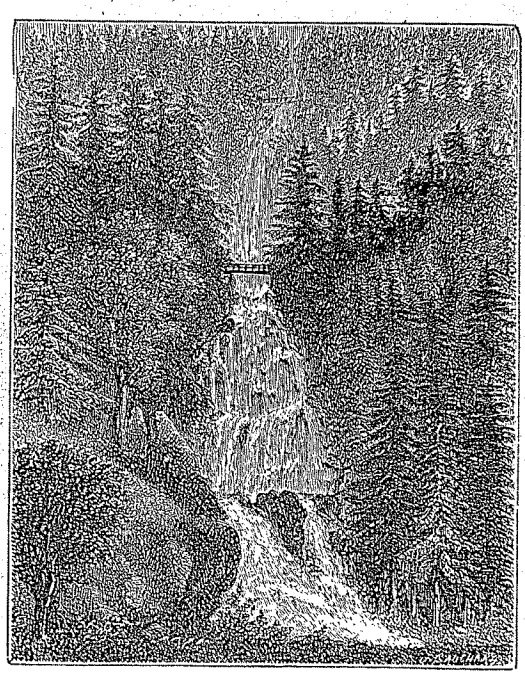
GLACIER DE GRINDELWALD (PAGE 248).

nettoient ses villes et ses maisons; ils se prêtent à toutes ses fantaisies. Quelquefois cependant ils se révoltent, renversent les barrières qui leur sont opposées, et, subitement débordés, reprennent pour quelques jours la vie sauvage et la liberté.

Elles sont vivantes, malgré leur froide et apparente immobilité, ces neiges et ces glaces, image de la mort, que l'homme a qualifiées d'éternelles : ils vivent, ces glaciers des montagnes et ces

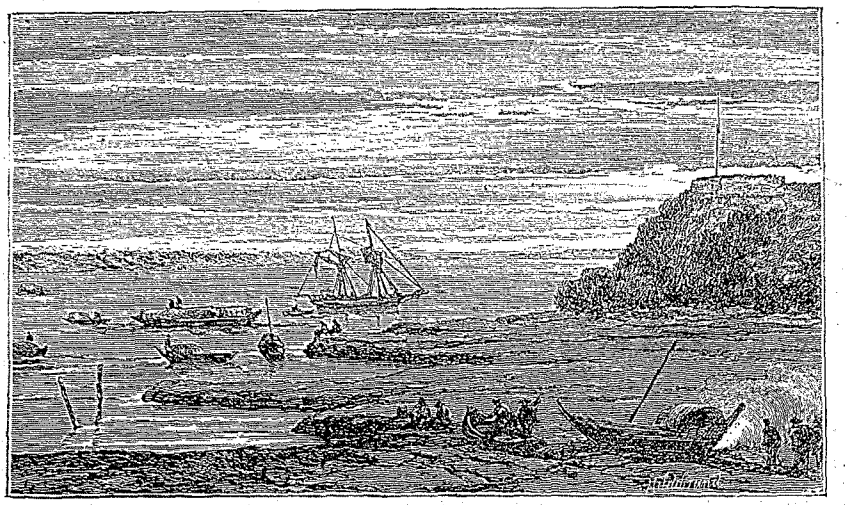
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

banquises polaires, car ils sont perpétuellement rajeunis par les neiges nouvelles qu'ils reçoivent. Impatients de l'immobilité, les atomes glacés unissent leurs efforts et, après des siècles d'une marche lente, mais continue, ils parviennent à retrouver la chaleur qui doit ouvrir les portes de leur prison de cristal.



CASCADE DU GIESSBACH.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



UNE PLAGE AU BORD DE LA MER.

CHAPITRE I

LA MER

I. — ÉTENDUE ET DISTRIBUTION DES MERS.

« La première impression, dit Michelet, qu'on reçoit de la mer, c'est la crainte. L'eau, pour tout être terrestre, c'est l'élément non respirable, l'élément de l'asphyxie. Barrière fatale, éternelle, qui sépare les mondes. » Et cependant cette immensité, ce désert est vivant. Bien avant de voir la mer, on entend sa voix et on devine la redoutable personne. Le repos lui est inconnu; tout chez elle s'agite et travaille. Chaque goutte d'eau a son existence propre et son histoire : voyageant d'une extrémité du monde à l'autre, elle contribue pour sa part à l'harmonie de la nature.

Si la surface terrestre avait une forme parfaitement régulière, la mer la recouvrirait en totalité. Au-dessus de l'enveloppe solide

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

du globe s'étalerait une couche liquide, partout d'égale épaisseur, supportant elle-même la masse de l'atmosphère. Mais la croûte terrestre est loin d'être uniforme : sous l'action des forces intérieures, elle s'est soulevée dans certains points, affaissée dans d'autres; ailleurs elle s'est plissée, comme si l'enveloppe devenait trop grande pour le contenu, et ses rides ont formé des lignes montagneuses entremêlées de profondes vallées. La masse des eaux, obéissant à l'action de la pesanteur, a dû descendre des parties hautes, occuper les plus basses et s'accumuler dans les vastes bassins maritimes qui entourent aujourd'hui les parties émergées ou *continents*. Sur les 510 millions de kilomètres carrés qui représentent la superficie du globe, 375 millions appartiennent à l'océan et 135 millions seulement aux continents. En exagérant un peu la part de l'océan, on dit qu'il couvre les trois quarts de la surface terrestre : le rapport exact est compris entre 73 et 74 pour 100. Mais ce n'est là qu'une valeur moyenne, se rapportant à la surface entière de la terre : les étendues relatives des surfaces liquides et solides changent beaucoup, lorsque l'on considère certaines portions déterminées du globe terrestre.

Supposons qu'un voyageur veuille faire le tour du monde en suivant constamment l'équateur. Il part, je suppose, du pied des Andes de Quito et se dirige vers l'est. Il traversera d'abord l'Amérique méridionale sur une largeur de 50 degrés environ et arrivera à l'embouchure de l'Amazone. Obligé de s'embarquer, il devra franchir l'Atlantique et parcourir 60 degrés avant d'apercevoir la côte d'Afrique, où il débarquera entre l'embouchure du Niger et celle du Congo. De ce point à la côte nord du Zanzibar s'étendent les 35 degrés de largeur du continent africain; puis viennent les 55 degrés de l'océan Indien qui conduit notre voyageur à Sumatra. Il se trouve alors aux antipodes de Quito : il a fait la moitié du chemin. Mais, sur les 180 degrés parcourus, 115 l'ont été par mer et 65 seulement par terre. Voyons maintenant la seconde moitié du voyage. Sumatra, Bornéo, Célèbes ne font guère que 20 degrés, en y comprenant les bras de mer qui les séparent; puis vient l'immense océan Pacifique, qui s'étend sur une largeur

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

de 160 degrés jusqu'à la côte américaine, où ses vagues arrivent presque au pied des rampes du Pichincha. En résumé, les 360 degrés de la zone équatoriale s'étendent sur 280 degrés d'océan et 80 degrés seulement de terre ferme : dans ce grand circuit dépassant 40 000 kilomètres, plus de 33 000 devraient être parcourus par mer.

Prenez un de ces globes terrestres sur lesquels les océans sont teintés en bleu, et disposez-le de manière que le pôle nord occupe le centre de la partie visible; vous reconnaîtrez aussitôt que les continents entourent ce pôle et sont concentrés d'une façon très marquée dans l'hémisphère septentrional. Sur 135 millions de kilomètres carrés de terre ferme, 101 millions lui appartiennent. Regardez maintenant le globe en plaçant le pôle antarctique au centre, vous verrez presque uniquement de l'eau. Le peu de terres que renferme l'hémisphère austral est dans le voisinage de l'équateur : l'extrémité de l'Amérique, le cap Horn, est aussi éloignée du pôle sud qu'Édimbourg l'est du pôle nord; l'Australie et la Nouvelle-Zélande ne dépassent pas en latitude Lisbonne et Paris; enfin le cap de Bonne-Espérance est à 100 kilomètres plus près de l'équateur que le détroit de Gibraltar.

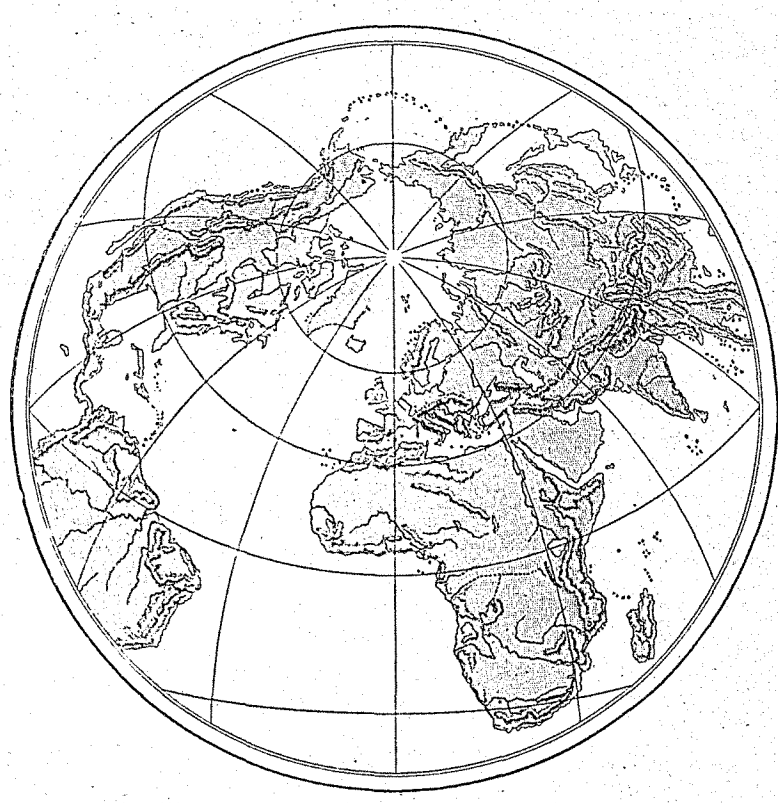
Il est une autre manière de regarder le globe, qui conduit à un résultat plus curieux encore (pages 22 et 23). Un hémisphère dont l'Europe occidentale occuperait le centre, contient presque toutes les surfaces de terre ferme du monde entier : la terre et l'eau y sont pour ainsi dire à égalité (comme 1 est à 1,106). L'hémisphère opposé, dont le point central serait à peu près la Nouvelle-Zélande, est au contraire presque exclusivement maritime : il contient 8 fois plus d'eau que de terre. On peut donc dire que Londres, Paris, Berlin sont au centre des continents terrestres.

En regardant l'hémisphère océanique de notre globe, nous reconnaissons que les vastes cavités occupées par les eaux communiquent toutes ensemble dans les régions australes : c'est là que viennent se réunir les trois océans. D'eux d'entre eux, l'océan Pacifique et l'océan Atlantique, aboutissent aussi aux régions polaires arctiques, le second par une large ouverture,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

le premier par un détroit resserré et d'une faible profondeur (détroit de Behring). Malheureusement cette voie de communication, qui permettrait de passer d'un océan dans l'autre, sans faire un énorme détour à travers les mers australes, est fermée par les glaces pendant presque toute l'année.

De toutes les entreprises maritimes, celle où l'homme a mis



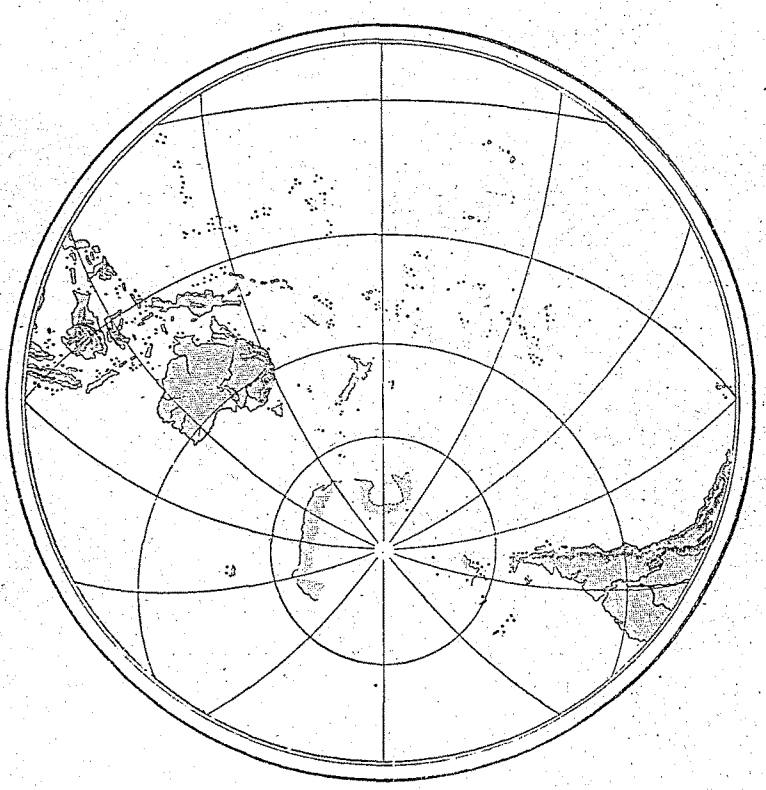
HÉMISPHÈRE CONTINENTAL.

le plus de persévérance est la découverte des passages du nord, pour aller de l'Atlantique dans le Pacifique. Combien serait long le lugubre martyrologe des hardis marins qui ont trouvé la mort dans ces mers du pôle! Willoughby, Hudson, Behring ont payé de leur vie leurs audacieuses tentatives. De nos jours, Sir John Franklin se perd dans les glaces : on ne le retrouve que mort, ayant éprouvé, lui et les siens, la nécessité terrible d'en venir

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

à la dernière ressource et de se manger les uns les autres. Rival heureux de ces infortunés navigateurs, le Suédois Nordenskjöld est le premier qui ait réussi à faire passer un navire de l'Atlantique dans le Pacifique, par les mers boréales.

Parti, le 21 juillet 1878, de Tromsö, en Norvège, sur le navire la *Wéga*, il doublait, un mois après, le cap Tscheljuskin, la



HÉMISPHÈRE MARITIME.

pointe la plus septentrionale du continent asiatique, et arrivait, le 28 septembre, à quelques milles seulement du détroit de Behring. Emprisonné par les glaces, il fut, pour quelques heures de retard, forcé d'hiverner et d'attendre sa délivrance jusqu'au 18 juillet 1879. Le 20 juillet, il franchissait le détroit, ayant découvert le passage du Nord-Est, c'est-à-dire la route d'un océan dans l'autre en suivant les côtes d'Europe et d'Asie.

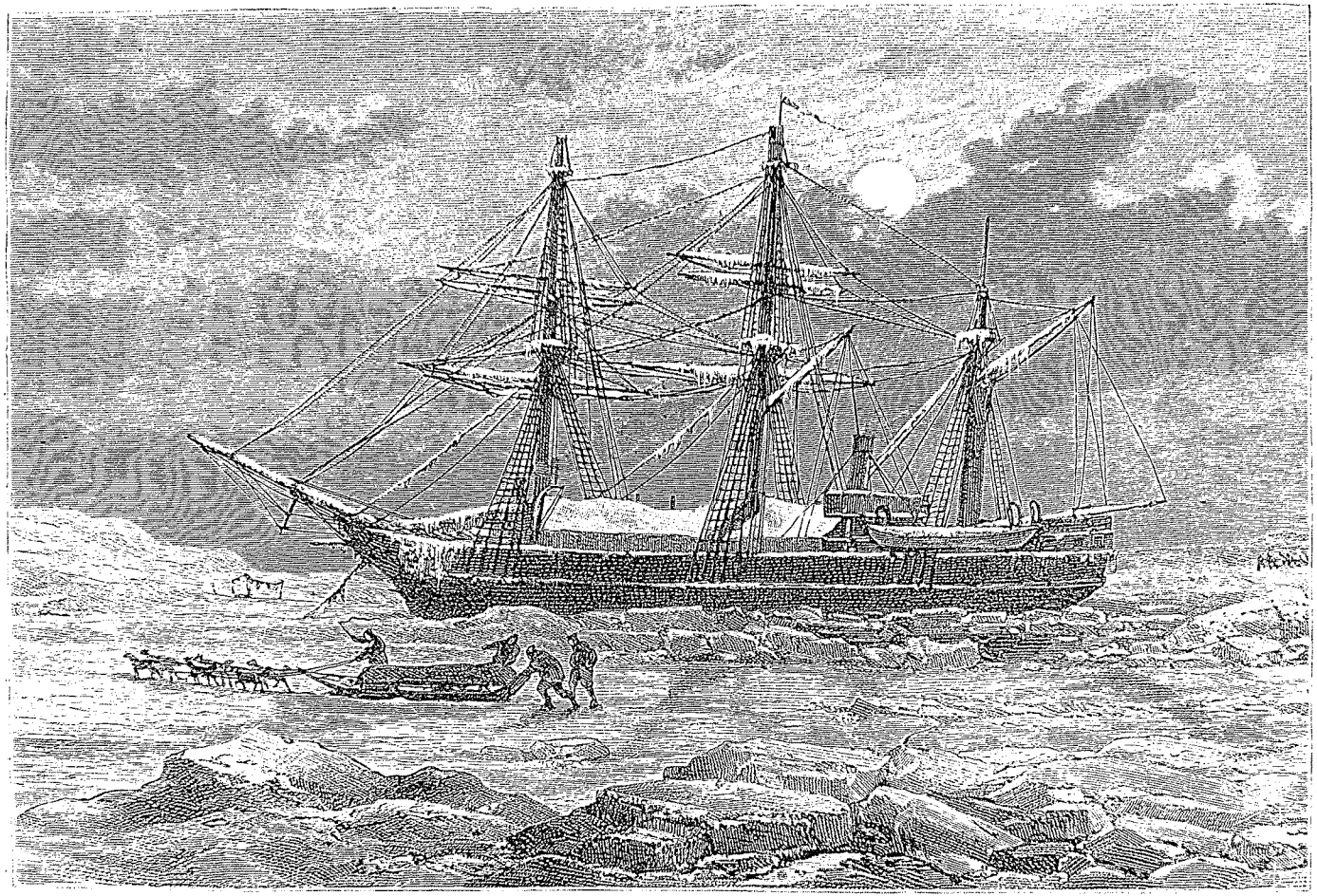
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Avant lui, Mac-Clure avait fait le voyage du Pacifique à l'Atlantique par le Nord-Ouest, vers la côte septentrionale de l'Amérique; mais il exécuta une partie importante du trajet en traîneaux, sur la glace, de sorte que le passage du Nord-Ouest n'a jamais été effectué par un navire. Ces résultats montrent que l'on ne peut guère songer à tirer parti, au point de vue commercial, de cette communication entre les deux océans.

L'océan Indien est séparé des mers polaires septentrionales par la masse entière du continent asiatique, et toute idée d'une communication semble, au premier abord, écartée par la liaison, en apparence si intime, de l'Europe et de l'Asie. Mais cette liaison purement géographique perd beaucoup de son importance réelle, quand on tient compte de la dépression du sol qui longe tout le versant oriental de l'Oural : elle a dû, dans des temps peu reculés, servir de communication entre l'océan Glacial et la mer Caspienne, ce grand lac fermé dont le niveau est *inférieur* à celui de l'Océan. Enfin l'on rencontre entre le golfe Persique et la mer Caspienne des déserts où la présence du sel atteste l'existence d'anciennes mers. Il n'est donc pas impossible que l'océan Indien ait eu jadis un débouché vers les mers glaciales du Nord.

Entre les trois océans s'étendaient alors, du nord au sud, trois vastes surfaces terrestres : l'Europe avec l'Afrique, l'Asie avec l'Australie, enfin l'Amérique. Ces trois masses continentales ont un caractère commun : c'est leur division en deux parties par une dépression transversale, assez profonde pour être occupée par les eaux. Entre les deux Amériques, la solution de continuité formée par la mer des Antilles et le golfe du Mexique est presque complète : elle n'est interrompue que par l'isthme de Panama. L'Asie est complètement séparée de l'Australie par la mer de Chine et les mers de la Sonde; mais il suffit de regarder sur une carte la disposition de la presqu'île de Malacca et celle des îles de Sumatra et de Java, pour être frappé de leur ressemblance avec l'isthme de Panama. Les mers qui les entourent sont du reste si peu profondes, qu'un exhaussement de 100 mètres à peine du fond de la mer suffirait pour établir

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LA WÉGA DANS LES GLACES.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

une communication terrestre entre l'Asie septentrionale et l'Australie devenue l'Asie méridionale. Enfin, entre l'Europe et l'Afrique, la dépression transversale médiane est représentée par la mer Méditerranée, dont le prolongement, la mer Noire, aboutit à l'isthme du Caucase.

Si l'eau qui remplit les océans venait à disparaître, les vastes dépressions océaniennes nous montreraient un relief et des ondulations toutes semblables à celles que nous rencontrons à la surface de la terre : on y trouverait des plaines basses et des plateaux élevés, des vallées profondes et de hautes montagnes; leurs sommets émergent seuls actuellement et forment des îles. On a cru, jusqu'à ces derniers temps, que les grands fonds de l'Océan pouvaient atteindre 15000 mètres de profondeur. Ces chiffres sont exagérés, et l'erreur commise doit être mise sur le compte des moyens de sondage employés. Depuis les mémorables campagnes du *Challenger*, du *Tuscarora* et du *Talisman*, on sait que les plus grandes profondeurs de la mer sont à peu près égales aux plus grandes hauteurs des montagnes : elles ne dépassent pas 8500 mètres, ce qui est, à 500 mètres près, l'altitude du Gaurisankar (8840 mètres), le plus haut sommet de l'Himalaya.

Il existe, au contraire, une très grande différence entre l'altitude moyenne des continents et la profondeur moyenne des mers, comptées toutes deux à partir de la surface des eaux. D'après les évaluations les plus récentes, l'altitude moyenne des continents est certainement très supérieure à 500 mètres et probablement voisine de 600, tandis que la profondeur moyenne des mers est de 4260 mètres, soit 4000 mètres en nombre rond. Les mers sont donc, en moyenne, sept fois plus profondes que les continents ne sont élevés. Voici d'ailleurs comment se répartissent les diverses profondeurs par rapport à la surface totale des eaux :

Étendues marines de 0000 à 1000^{m} de profondeur : 0,08 de la surface totale.
— — 1000 à 2000^{m} — 0,06 — —

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

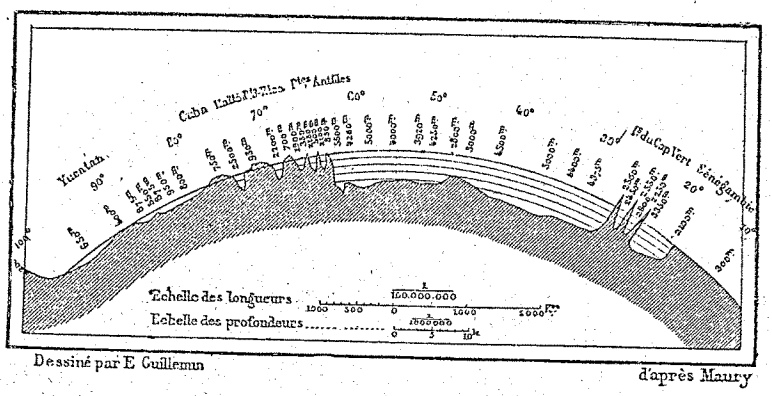
Étendues marines de		2000 à 3000m	de profondeur :	0,10	de la surface totale.	
—	—	3000 à 4000m	—	0,14	—	—
—	—	4000 à 5000m	—	0,21	—	—
—	—	5000 à 6000m	—	0,29	—	—
—	—	6000 à 7000m	—	0,10	—	—
—	—	plus de 7000m	—	0,02	—	—

En tenant compte du rapport des surfaces marines et continentales (575 millions et 155 millions de kilomètres carrés), on trouve que le volume de l'eau des mers est environ dix-neuf fois plus grand que celui de la partie émergée de la croûte solide du globe. Le peu d'importance de la terre émergée est tel, que si, par suite d'un effrondrement général, les terres venaient à disparaître dans les gouffres de l'océan, le niveau de celui-ci s'élèverait à peine de 150 mètres au-dessus de son niveau actuel.

La comparaison entre les profondeurs des différentes mers n'est pas moins intéressante. Commençons par les océans. La profondeur de l'Atlantique est en moyenne de 3500 mètres entre l'Europe et l'Amérique du Nord. En face de l'Espagne se trouvent de grands fonds; les sondages du *Travailleur* ont permis d'y constater des pentes abruptes et des falaises sous-marines presque verticales. Mais, en général, le long des côtes européennes, la profondeur de l'Océan est faible et ne dépasse pas 200 mètres, même à une assez grande distance du rivage : de sorte que la France, l'Espagne et les Iles Britanniques semblent reposer sur une sorte de piédestal sous-marin. A la suite, vient une pente douce par laquelle le fond de l'Atlantique s'abaisse graduellement de 200 à 3000 et 4000 mètres; enfin l'on rencontre, en approchant des États-Unis, une dépression de 5500 mètres, fort abrupte tout le long de la côte américaine; elle s'étend du banc de Terre-Neuve aux îles Bermudes et, par une pente douce, jusqu'aux Açores. Cette dépression se rattache à celle de l'Atlantique tropical : aux faibles profondeurs du golfe du Mexique et de la mer des Antilles succède un énorme fossé de plus de 5000 mètres qui

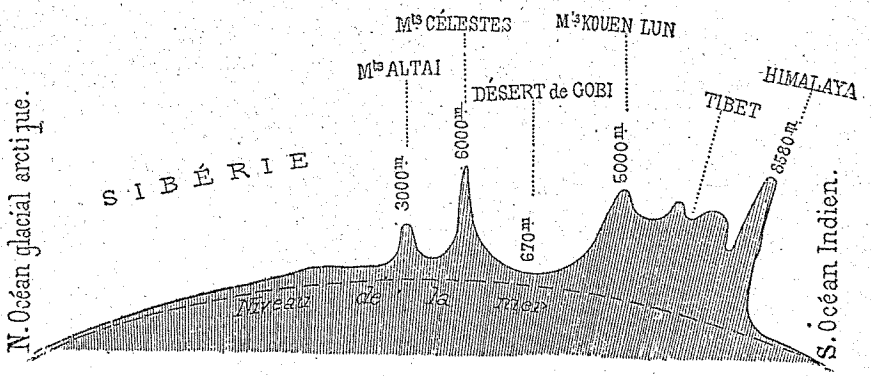
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

longe le versant oriental de ces îles; la plus grande profondeur trouvée dans l'Atlantique (7200 mètres) existe, non pas au large, mais contre l'île Saint-Thomas. De sorte que la ligne des Antilles peut être considérée comme la crête, à peine émergée,



SECTION DE L'ATLANTIQUE TROPICAL.

d'une chaîne de montagnes doucement inclinée vers le littoral américain, et plongeant brusquement du côté de l'Atlantique. Comparez à la section de l'Atlantique la coupe du continent asiatique de la mer des Indes à l'océan Glacial; l'analogie est frap-



SECTION DE L'ASIE DU NORD AU SUD

pante : l'Himalaya s'abaisse brusquement vers le sud, tandis que vers le nord se succèdent des plateaux et des hauteurs dont le niveau descend graduellement.

La même disposition se rencontre dans le Pacifique : à l'ouest

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

des îles Mariannes, la mer s'abaisse en pente modérée, tandis qu'à l'est se trouve une fosse profonde. Ces îles représentent l'extrémité d'une crête, qui se prolonge sur 25 degrés de longueur à travers le Japon et jusqu'à l'île Sakhalin. Comme dans l'Atlantique, les plus grandes profondeurs trouvées (8000 et 8500 mètres) se trouvent contre des terres émergées, les îles Kouriles, et non en plein océan. C'est d'ailleurs le long de la côte d'Asie et au milieu de l'archipel polynésien que sont situées les grandes profondeurs du Pacifique, environ 7000 mètres. Dans les autres régions, la profondeur est plus modérée. Il faut cependant excepter l'espèce de tranchée qui longe les côtes de l'Amérique du Sud; il semble que les pentes des Cordillères se continuent sous les eaux; on dirait que ces gouffres profonds sont la contre-partie des montagnes voisines.

Parmi les mers qui nous entourent, la Méditerranée est la seule où l'on trouve de grandes profondeurs. Un premier bassin est celui qui s'étend de Gibraltar à la Sicile : la surface du fond, assez abrupte sur les côtes d'Algérie, s'y relève en pente douce vers celles de l'Espagne et de l'Italie; la mer de Sicile n'a pas 200 mètres de profondeur. Il existe là une chaîne sous-marine qui, par Malte et la Sicile, relie l'Afrique à l'Europe. Mais tandis que sur son versant occidental les profondeurs sont modérées, on descend brusquement, sur son versant oriental, à 3000 et 5500 mètres; tout près de là, au nord des Syrtes, sont les plus grandes profondeurs méditerranéennes : elles dépassent 4000 mètres.

Les profondeurs de la Manche sont bien faibles auprès de celles de l'Océan. Comprises, en général, entre 35 et 80 mètres, elles dépassent à peine 100 mètres dans quelques étroites et rares dépressions. La mer du Nord n'est guère plus profonde, sauf sur les côtes de la Scandinavie, où la sonde descend à 500 et même 800 mètres. Tout le reste de ce bassin est rempli de vastes bancs de sable; ils sont à peine recouverts de 40 à 50 mètres d'eau, et séparés les uns des autres par des sortes de canaux plus profonds de 15 à 20 mètres. Entre le Jutland et les falaises de Norvège, le

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

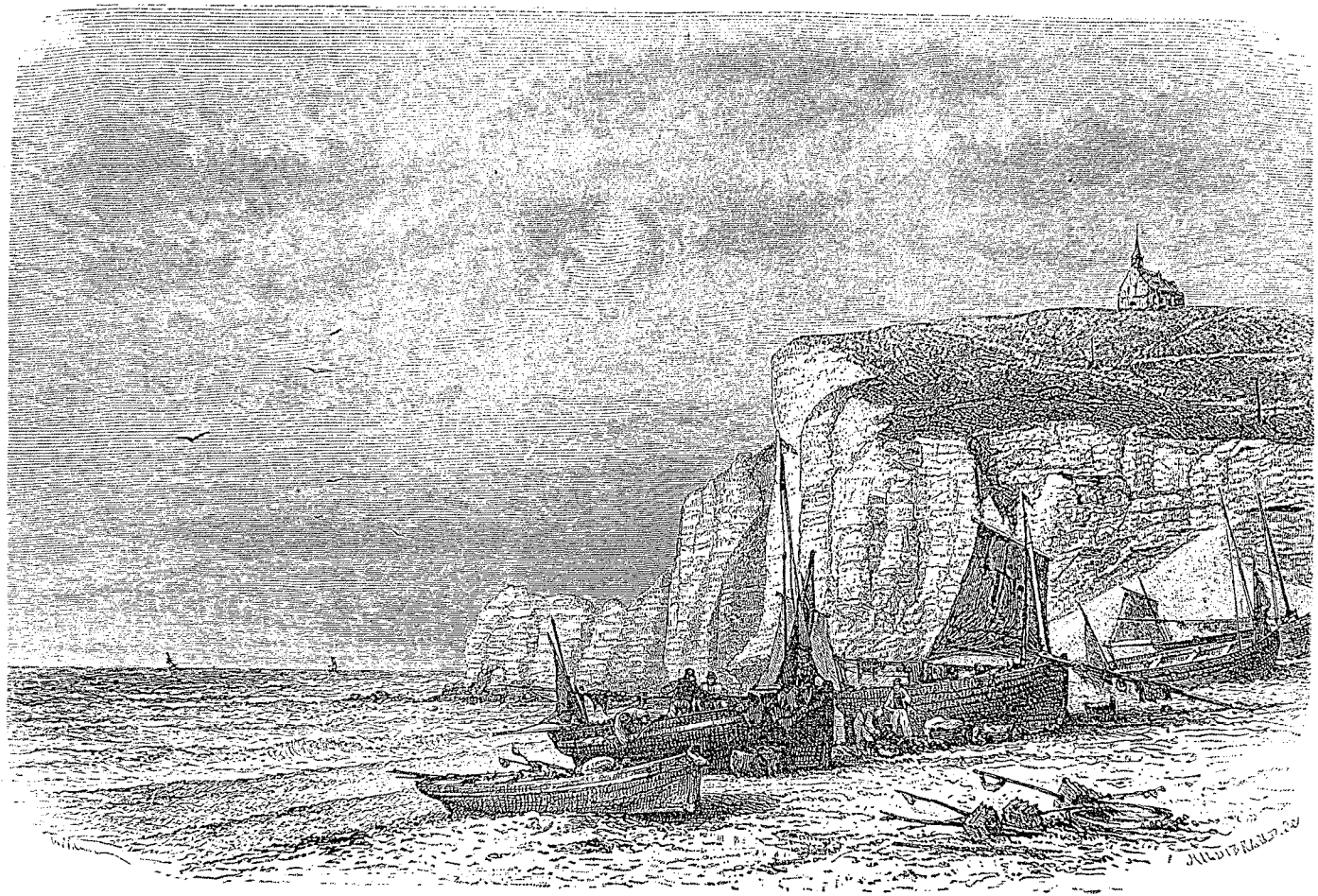
fond descend à plus de 800 mètres; mais il se relève à moins de 100 mètres dans le Cattégat, pour arriver à 30, 20 et quelquefois 10 mètres seulement dans le Sund et dans les Belt. Quant à la mer Baltique, sa profondeur moyenne est d'une cinquantaine de mètres et ne paraît jamais dépasser 200 à 250 mètres.

II. — L'EAU DE MER. — MERS INTÉRIEURES. — MERS GLACÉES. BANQUISES.

Il suffit d'avoir une fois goûté l'eau de la mer pour savoir qu'elle a une saveur salée, amère, désagréable, et ne ressemble en rien à celle des pluies, des lacs ou des rivières. Véritable eau minérale, elle tient en dissolution un grand nombre de substances, parmi lesquelles domine le sel ordinaire. Vient-on à chauffer l'eau de mer, l'eau se réduit en vapeur, et, quand toute l'eau s'est évaporée, les substances salines dissoutes, n'étant guère volatiles, restent à l'état solide. C'est par ce procédé que l'on fabrique du sel avec l'eau de mer : on charge le soleil du soin d'échauffer l'eau et on laisse perdre dans l'atmosphère la vapeur qui se dégage. Si, au contraire, on recueille celle-ci en distillant l'eau de mer, on obtient une eau douce et potable, car la vapeur sortant de l'eau salée n'est que de la vapeur d'eau pure. Cela nous explique pourquoi l'eau de la pluie est douce, bien que les vapeurs contenues dans l'air aient une origine marine. En s'évaporant, l'eau s'est séparée du sel; elle a rompu leur union et a repris sa liberté.

Mais pourquoi l'eau de la mer est-elle salée? Lorsqu'on veut répondre à cette question, il faut se reporter à l'époque où les mers se sont formées : on voit alors qu'elles ont toujours été salées et qu'elles le seront toujours. La terre n'a pas été, de tout temps, ce que nous la voyons aujourd'hui. Il y a quelques centaines, ou quelques milliers de siècles, le globe terrestre était à l'état de masse fondue, et roulait dans l'espace sous la forme d'une boule de lave incandescente. Il ne pouvait alors y avoir de mers

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LES BORDS DE LA MER. — FALAISES D'ÉTRETAT.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

à sa surface; toute l'eau que nous connaissons existait à l'état gazeux dans l'atmosphère terrestre.

Semblable à un boulet rouge qui, suspendu dans une chambre, perd de plus en plus sa chaleur, la terre, isolée dans l'espace, s'est refroidie lentement. Peu à peu les matières en fusion se solidifièrent à sa surface : il se forma une croûte de roches solides qui augmenta graduellement, comme les glaçons à la surface de l'eau, quand le froid se prolonge. Mais, bien différentes en cela de la glace, les roches solides occupent un volume plus petit qu'à l'état de fusion : aussi à mesure que leur épaisseur augmentait, l'enveloppe primitive du globe, devenue trop grande pour la masse restée liquide à l'intérieur, s'effrondrait sur certains points, se ridait sur d'autres, comme le fait l'enveloppe en caoutchouc d'un ballon lorsqu'il se dégonfle peu à peu. La croûte solide du globe, au lieu de rester bien régulière, devint inégale, ondulée, pleine de saillies et de parties creuses, de montagnes et de vallées.

Un jour vint où la température, encore élevée, ne le fut plus assez pour que les eaux pussent rester en vapeur dans l'atmosphère : des pluies torrentielles se précipitèrent sur le sol et des flots bouillants lessivèrent sa surface. Toutes les pierres sur lesquelles l'eau pouvait avoir une action, le sel par exemple, furent dissoutes ou décomposées : l'eau tombée de l'atmosphère devint aussitôt une véritable eau minérale, chargée des principes les plus divers. Descendant, en même temps, des montagnes et des parties saillantes du sol, elle se rassembla dans les parties basses, où elle forma les océans et les mers.

La mer fut donc salée à son origine. Depuis lors, les matières salines y sont toujours restées; car l'eau peut s'évaporer, mais non le sel. Il y a plus : les vapeurs de la mer produisent les brouillards, les nuages, la neige et la pluie, et reviennent à l'océan par les rivières et les fleuves. Mais tandis que l'eau de pluie est de l'eau distillée, pure, l'eau de rivière contient, par mètre cube, de 100 à 200 grammes de produits dissous, enlevés aux roches sur lesquelles l'eau a coulé : cette nouvelle richesse

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

minérale vient sans cesse s'ajouter à celle qui est accumulée dans les eaux de l'Océan.

La proportion de matières dissoutes dans les eaux marines est de 30 à 40 grammes par litre : le sel commun en forme à peu près les trois quarts. Si l'eau de mer est très richement minéralisée au point de vue de la quantité, elle ne l'est pas moins par rapport à la nature des produits dissous : on y trouve des sels de soude, de magnésie, de potasse, de chaux, du soufre, du chlore, du brome, de l'iode, du fer, du cuivre, du plomb, de l'argent, etc. Chaque kilomètre cube d'eau de mer contient à peu près 1 kilogramme d'argent; quant à la masse du sel de cuisine renfermée dans l'Océan, elle formerait, en la supposant extraite et étalée sur toute la surface du globe terrestre, une couche de plus de 70 mètres d'épaisseur.

La salure moyenne des eaux marines peut être évaluée à 3,5 pour 100, environ 34 grammes de matières salines pour 1000 grammes d'eau. Sensiblement constante pour les océans, elle varie pour les différentes mers intérieures : les unes sont plus salées que l'Océan, les autres le sont moins. Le tableau suivant indique, pour quelques mers, la proportion de sel contenue dans 1000 grammes d'eau marine :

Mer Caspienne	de	6	à 9	grammes
Mer Baltique	de	10	à 17	—
Mer Noire	de	11	à 17	—
Mer du Nord	de	30	à 35	—
Océan Pacifique	de	32	à 35	—
Moyenne générale		34,4		—
Océan Atlantique	de	34	à 36	—
Mer Méditerranée	de	37	à 38	—
Mer Rouge	de	43	à 45	—
Mer Morte	de	270	à 280	—
Grand Lac Salé de l'Utah		330		—

Laissons de côté, pour un instant, ce qui concerne les bassins fermés; nous trouverons facilement l'explication de ces différences pour les mers intérieures communiquant avec l'Océan

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

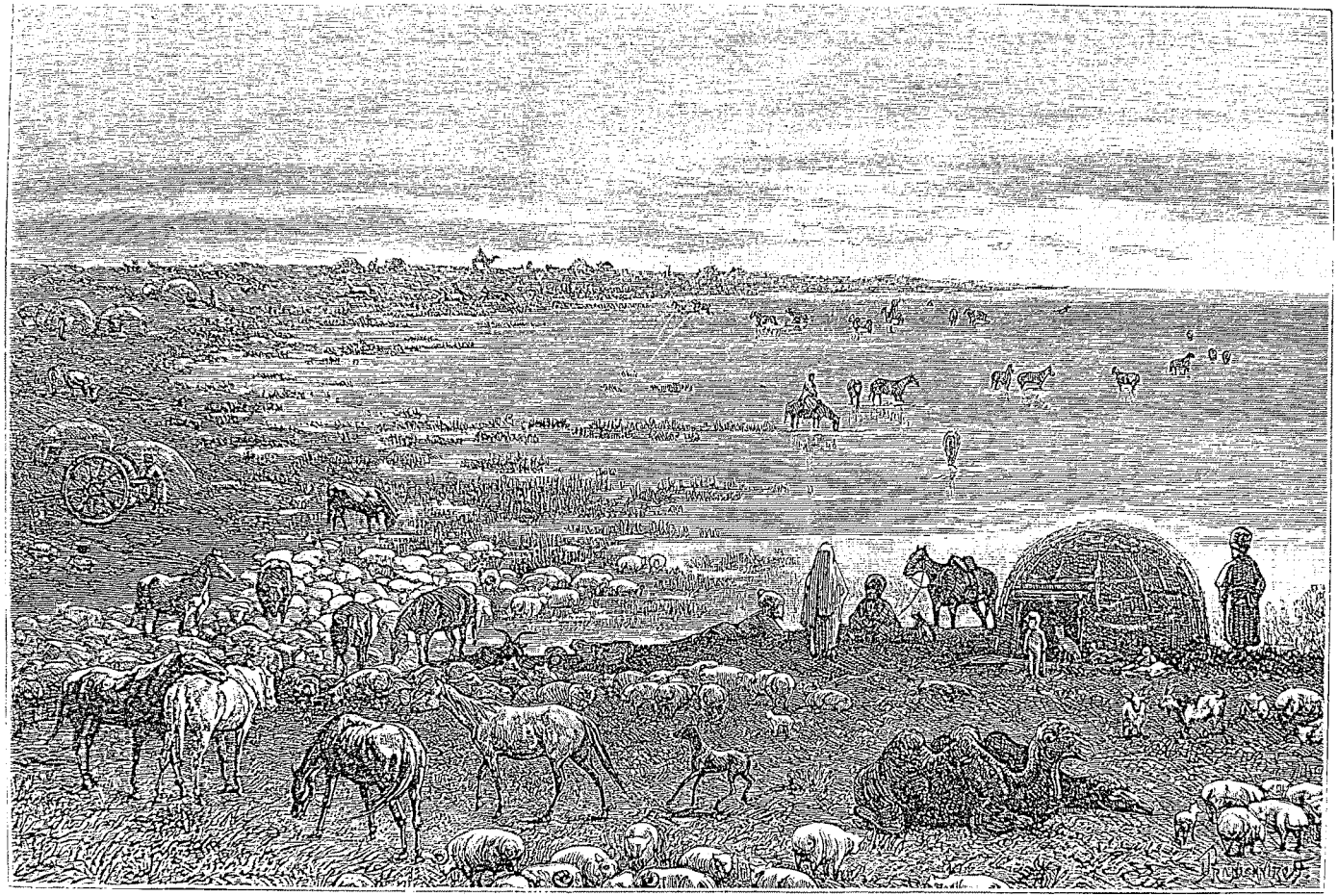
par des détroits; nous y verrons, en outre, l'origine de courants marins qui font voyager les eaux d'une mer dans l'autre.

Deux causes, agissant en sens contraire, tendent sans cesse à modifier le degré de salure de l'eau : la pluie qui tombe dans une mer intérieure, les fleuves qu'elle reçoit, y apportent de l'eau douce et la rendent moins salée; mais, d'un autre côté, l'évaporation, enlevant constamment de l'eau douce, tend à accroître la proportion des matières salines. La mer Noire et la mer Baltique sont moins salées que l'Océan, parce qu'elles reçoivent de grands fleuves : ils y versent plus d'eau douce qu'il ne s'en échappe par l'évaporation; l'eau en excès est enlevée par les courants qui traversent les Belt ou les Dardanelles, et celle qui reste devient de moins en moins salée.

Les résultats sont inverses dans la Méditerranée. Elle est située dans une région chaude, exposée à des vents brûlants; l'évaporation y surpasse l'apport des fleuves d'un tiers environ : elle devient donc plus salée. En même temps, son niveau devrait s'abaisser, si un courant qui traverse le détroit de Gibraltar n'apportait constamment de nouvelles eaux venues de l'Océan. Si tout se bornait là, les eaux de la Méditerranée deviendraient de plus en plus salées, se satureraient même, et d'immenses dépôts de sel se formeraient dans ses profondeurs. Mais les eaux plus salées, devenues plus lourdes, retournent à l'Océan par un contre-courant inférieur dont l'existence a été reconnue dans les profondeurs du détroit de Gibraltar. La présence du sel dans la mer devient ainsi une cause de mouvement et de circulation des eaux, à travers cette masse océanienne qui paraît immobile au premier abord.

La mer Rouge est dans des conditions analogues à la Méditerranée : aussi les eaux du golfe de Suez sont-elles les plus salées de toutes les eaux marines. Cette mer ne reçoit aucun fleuve; la chaleur y est très forte et l'évaporation tellement active, que son niveau baisserait de 2 mètres et demi par an si le détroit de Bab-el-Mandeb venait à se fermer. Mais deux courants franchissent ce détroit : l'un supérieur amène de l'océan Indien

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LA MER CASPIENNE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

des eaux nouvelles, tandis qu'un courant inférieur lui rapporte, mais en moindre quantité, des eaux plus lourdes et très fortement chargées de matières salines. L'équilibre se maintient de cette façon; grâce à un certain excès de salinité et de densité dans les eaux, la mer Rouge conserve la même composition et les mêmes limites.

Qu'arrive-t-il dans les mers complètement fermées, comme la Caspienne ou la mer Morte, quand l'évaporation y dépasse la quantité d'eau reçue dans le même temps? Le niveau de l'eau s'abaisse et la surface de la mer se rétrécit de plus en plus, jusqu'à ce que l'égalité s'établisse entre les apports et les pertes. Ainsi le niveau de la mer Morte est descendu à près de 400 mètres, et celui de la Caspienne à 26 mètres au-dessous du niveau de la Méditerranée. La même chose se produirait pour cette dernière, si, par une cause quelconque, le détroit de Gibraltar venait à se fermer : il est même fort probable qu'avant d'arriver à l'état d'équilibre, elle baisserait bien au-dessous du niveau actuel de la mer Morte, ne laissant recouvertes d'eau que ses parties les plus profondes. Mais, en même temps que le volume et la surface des eaux diminuent, la salure doit augmenter. C'est ce qui arrive pour la mer Morte, environ huit fois plus salée que l'Océan.

L'eau de la Caspienne est au contraire si peu salée, que les animaux et les hommes peuvent la boire. La raison en est assez curieuse. A l'est de la mer est un immense golfe de 16 000 kilomètres carrés et d'une douzaine de mètres de profondeur : c'est le *Kara-Boghaz* ou *Gouffre Noir*. Il ne reçoit aucun affluent et communique avec la Caspienne par un étroit canal dont le seuil n'a guère plus d'un mètre de profondeur; les vents le parcourent en tous sens; l'été y est très chaud; l'abondance de l'évaporation est attestée par les brouillards qui planent presque sans cesse sur le golfe. Pour compenser tout ce que perd ainsi le Kara-Boghaz, la Caspienne lui envoie constamment de nouvelles eaux salées : un courant, dont la vitesse dépasse 5 kilomètres à l'heure, y déverse chaque année plus de 350 000 tonnes de sel.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

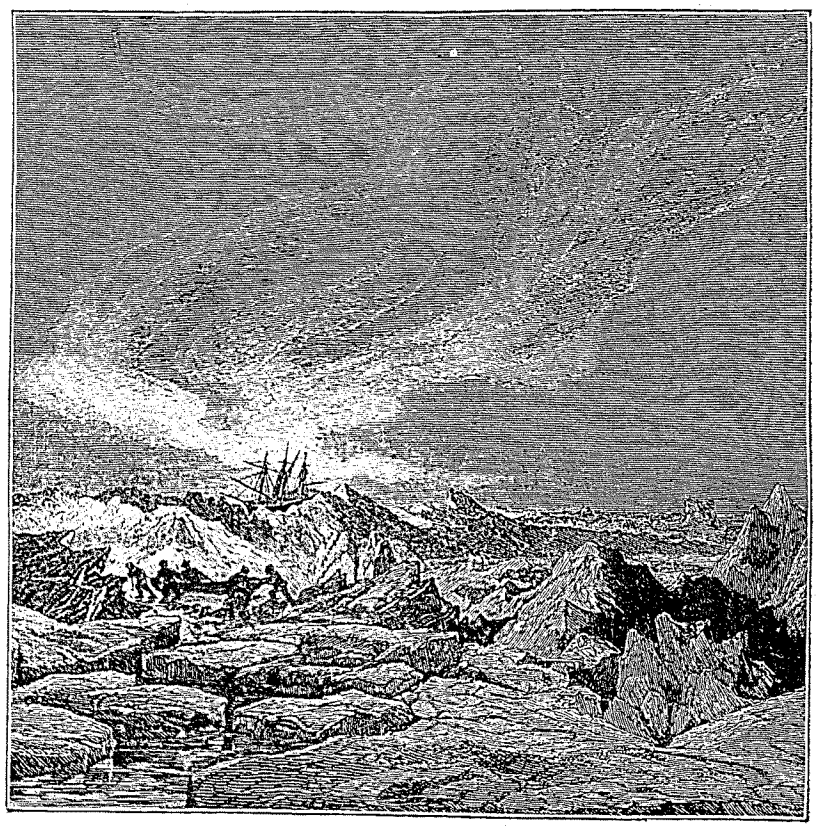
L'eau de la Caspienne devient ainsi de moins en moins salée, tandis que celle du Kara-Boghaz est presque saturée. Aucun poisson, aucun animal marin ne peut y vivre. Un jour viendra où ce golfe ne sera plus qu'un immense banc de sel formé aux dépens de la mer voisine.

L'eau salée se congèle par le froid, mais plus difficilement que l'eau douce. Chaque année, une partie considérable de la Baltique se recouvre de glace, et la Finlande s'unit à la Suède par un pont glacé, qui devient pendant quelques mois, la grande route entre les deux pays. Quelquefois même les parties méridionales de la Baltique se prennent aussi, et les détroits danois sont eux-mêmes couverts d'une couche solide qui permet aux loups de Norvège de venir jusqu'aux portes de Copenhague. Un fait plus extraordinaire, et infiniment plus rare, est la congélation de la mer Noire. En 762, elle fut si complète, que des traîneaux auraient pu aller, en ligne droite, des bouches du Danube aux falaises du Caucase. Ce qui est là une exception devient la règle dans les mers polaires, dont l'eau est cependant beaucoup plus salée; mais aussi elles ne se congèlent pas de la même façon que les lacs d'eau douce.

L'eau pure se gèle à 0° et possède une propriété particulière. En général, tous les corps diminuent de volume par le refroidissement : ils se contractent et deviennent de plus en plus denses, à mesure que leur température s'abaisse. Pour l'eau, le fait n'est vrai que jusqu'à 4 degrés : lorsqu'elle se refroidit, elle diminue de volume et augmente de densité jusqu'à ce qu'elle ait atteint la température de 4 degrés; mais, à partir de ce moment, plus elle se refroidit, plus son volume augmente et plus sa densité diminue; l'eau possède un *maximum de densité* à 4 degrés. En particulier, l'eau liquide à 0° est plus légère que celle dont la température est un peu plus élevée. Que se passe-t-il donc quand la surface d'un lac d'eau douce est exposée aux froids de l'hiver? Tant que l'eau est à une température supérieure à 4 degrés, elle devient plus lourde en se refroidissant et tombe au

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

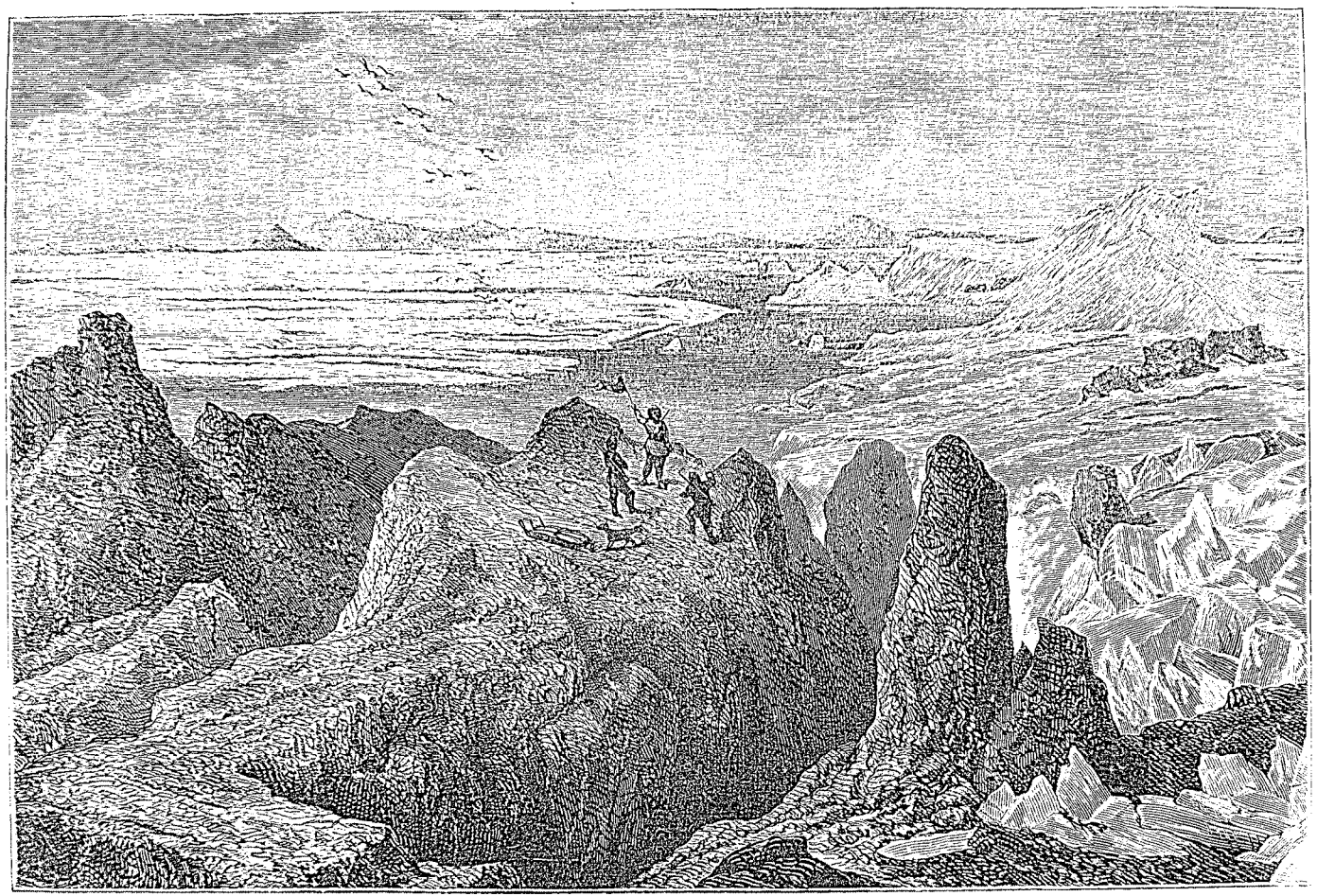
fond du lac; mais, quand elle se refroidit de 4 degrés à 0°, elle reste à la surface, parce qu'elle devient de moins en moins dense. C'est donc la couche superficielle de l'eau qui est alors la plus froide; c'est elle qui se gèle la première. Il n'en est plus de même dans le cas de l'eau salée. A mesure qu'elle se refroidit, elle est toujours plus lourde et descend au fond : aussi



LE TEGETTHOFF DANS LES GLACES. — EFFET D'AURORE BORÉALE.

quand le refroidissement est devenu suffisant (2 à 3 degrés au-dessous de zéro), les cristaux de glace se forment et la congélation se produit, non plus à la surface, mais sur le lit même, lorsqu'il n'est pas trop profondément situé. Cependant, si le temps est très calme et l'eau tranquille, la température du fond de l'eau peut descendre à 4 ou 5 degrés au-dessous de zéro, sans que la congélation ait lieu. Mais elle se produit dès qu'une légère

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

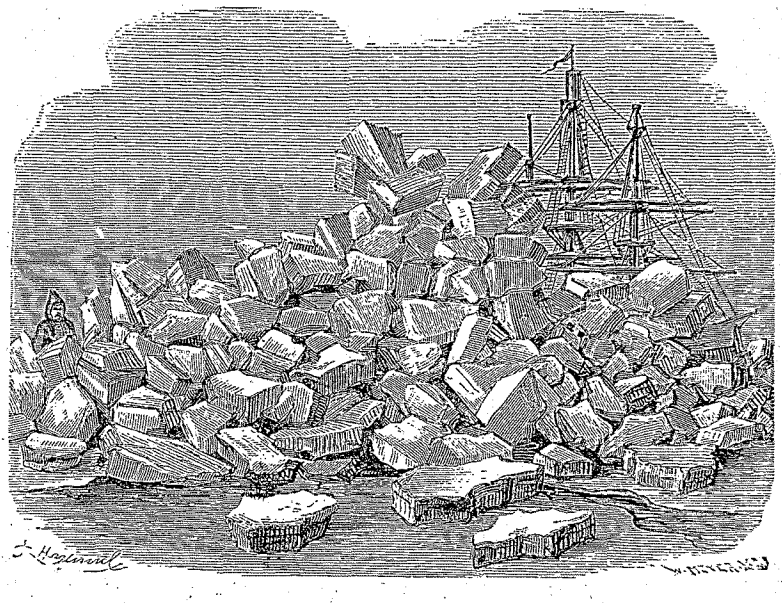


LA BANQUISE VUE DU CAP FLIGELY.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

agitation survient, et une masse considérable de glace se forme subitement. Plus légère que l'eau, elle remonte aussitôt, et la surface se recouvre en un instant de blocs solides et épais. Des marins se sont vus tout à coup environnés de glaçons, qui s'entassaient autour d'eux et menaçaient d'écraser ou de soulever leur navire.

En général, les glaces marines se forment dans le voisinage des côtes ; les premières prennent naissance dans les anfractuosités du rivage, où s'écoulent souvent des filets d'eau douce,



TOROSES AUTOUR DE LA WEGA.

puis elles gagnent peu à peu, s'étendent au loin et finissent par recouvrir des milliers de kilomètres carrés. C'est le *champ de glace* ou *banquise*, dans lequel les navigateurs des régions polaires se trouvent si souvent enfermés. C'est ainsi que Nordenskiöld fut arrêté, et son navire, la *Wega*, retenu pendant dix mois, tout près de la côte de Sibérie.

Les glaces peuvent cependant se développer à la surface de l'eau et en plein océan. Lorsque après un froid prolongé la neige vient à tomber en abondance sur des flots tranquilles, la mer se trouve

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

couverte, au bout de quelque temps, d'une sorte de bouillie, mélange de neige et d'eau douce, qui se transforme rapidement en couche de glace. Une fois la congélation commencée, elle se continue et la couche solide s'épaissit de plus en plus. Il est à remarquer que l'eau de mer, en se congelant, abandonne une partie de son sel qui se redissout dans l'eau restée liquide : cependant les glaces marines sont légèrement saumâtres et se distinguent ainsi des glaces terrestres, alors même que celles-ci viennent flotter à la surface de la mer.

Il ne faudrait pas croire que la surface d'une banquise flottante soit plane et unie comme un miroir. L'eau qui se gèle augmente de volume et produit dans la masse une pression qui la soulève et lui fait prendre une forme ondulée. D'autres fois la couche se brise; les glaçons se pressent les uns contre les autres; tantôt ils se dressent comme des monticules; tantôt ils s'accumulent, s'empilent et forment des amas désignés sous les noms de *hummocks* et de *toroses*. Tous ces accidents rendent fort pénible la traversée des banquises, soit à pied, soit dans des traîneaux attelés de dix à douze chiens. (Voir page 25.)

III. — MOUVEMENTS DE LA MER. — VAGUES. — MARÉES.

Il faut avoir habité pendant longtemps au bord de la mer pour la connaître sous ses différents aspects : nul ne peut, sans les avoir vus, se faire une idée des changements que sa surface éprouve sous l'influence des vents. Tous ne se produisent pas graduellement; quelques-uns sont si soudains, que le pêcheur, encouragé par le calme absolu de la surface liquide et sorti dans une frêle nacelle, peut se trouver, en quelques instants, dans une situation des plus périlleuses.

C'est l'agitation de l'air qui produit les vagues. Remplissez d'eau un baquet, un grand plat, en un mot un vase à large surface, et soufflez légèrement sur le bord de l'eau : une faible

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

dépression se produit, entourée d'une sorte de bourrelet liquide. Arrêtez votre souffle, le bourrelet ne s'affaisse pas : il se déplace, court à la surface de l'eau et atteint le bord opposé du vase ; repoussé par celui-ci, il revient sur lui-même et continue, pendant quelque temps, à voyager sur la surface liquide. Rien ne vous empêche de produire alors une autre onde, dans une direction différente : elle court, sans s'inquiéter de la première, et se borne, lorsqu'elle la rencontre, à soulever plus fortement le liquide. Jetez un fétu de paille au milieu du baquet : soulevé et, pour ainsi dire, bercé par les ondes, il descend et monte sans quitter sa place. Ce n'est pas le liquide, mais seulement l'onde qui marche : le mouvement ondulatoire se propage d'un bord à l'autre du vase, sans que la masse liquide soit déplacée d'une façon bien sensible.

Les choses se passent de la même façon à la surface de l'océan. Les vents et les tempêtes soulèvent l'eau marine en vagues plus ou moins hautes, qui tantôt se déroulent parallèlement, tantôt se heurtent et s'entrecroisent, comme celles qui se forment sur une pièce d'eau quand l'atmosphère est agitée. Même par un temps calme, les flots de la mer obéissent à l'impulsion qu'ils ont reçue des vents antérieurs : leur surface n'est presque jamais plane ; de larges ondulations y courent sans cesse. Mais cette course n'est qu'apparente : les vagues, en se déplaçant, ressemblent aux plis d'une étoffe ou d'une bannière agitée par le vent, mais retenue solidement à son extrémité ; un corps flottant sur la mer est soulevé, mais non entraîné par le passage des ondes marines. Leur vitesse apparente est du reste très variable : de 4 à 6 mètres à peine par un temps calme, elle atteint jusqu'à 25 mètres par seconde lors d'une tempête. Elle dépend en outre de l'étendue et de la profondeur des eaux. Aussi peut-on, à défaut de sondages directs, mesurer la profondeur des océans par la vitesse des ondes à leur surface.

La largeur des ondes est en rapport avec leur hauteur, et généralement quinze ou vingt fois plus grande. Ainsi, une vague de 1 mètre de hauteur aura 15 mètres de large, tandis que des val-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

MER CALME. — LE GOLFE DE NAPLES.

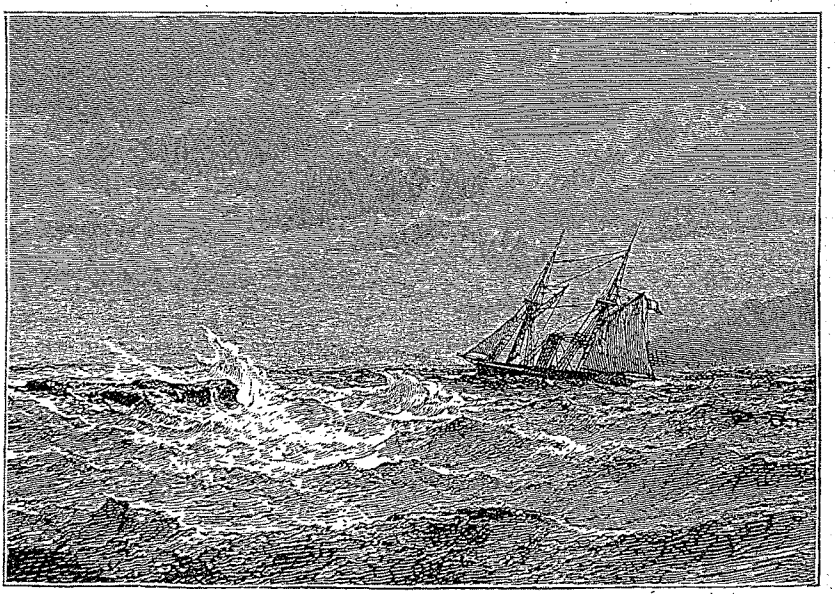
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

lées liquides de près de 200 mètres séparent des lames ayant 10 mètres d'élévation. Quant à la hauteur des vagues, la force du vent en est la cause première, mais non la seule. Les plus hautes vagues se produisent par un vent très fort, très régulier, sans intermittences et soufflant pendant longtemps dans une même direction; mais, ici encore, les effets varient avec la profondeur de la mer et l'immensité de son étendue. Les vagues de tempête de la Méditerranée ont 5, 6 et même 9 mètres de haut; dans l'Atlantique septentrional, la hauteur des vagues, par les temps ordinaires, varie de 1 à 4 mètres; par un gros temps, elle peut dépasser 15 mètres. Mais, de toutes les ondes marines, les plus majestueuses sont celles de ce vaste océan qui, autour du pôle antarctique, recouvre près d'un hémisphère terrestre. Écoutez le récit de Dumont d'Urville, confirmé d'ailleurs par des observations plus récentes : « Aux acores du banc des Aiguilles, les lames atteignaient 80 et 100 pieds de hauteur (30 *à* 35 *mètres!*). Jamais je ne vis une mer si monstrueuse. Ces vagues ne déferlaient sur nous que de leurs sommets, autrement la corvette eût été engloutie. Les marins, sur le pont, étaient submergés par moments. Affreux chaos qui dura quatre heures de nuit, un siècle à blanchir les cheveux! Telles sont les tempêtes australes, si terribles que, même sur terre, les naturels qui les pressentent se cachent dans les cavernes. »

On a cru pendant longtemps que l'agitation produite par les vagues était toute superficielle, et ne s'étendait pas à plus d'une douzaine de mètres au-dessous de la surface. C'était une erreur; les gouttes d'eau situées dans les profondeurs de l'océan participent, elles aussi, au mouvement de transmission des ondes. Ne voit-on pas, en effet, les vagues se briser et déferler, en passant au-dessus d'écueils situés à 40 ou 50 mètres de profondeur? Pendant la tempête, l'eau n'est-elle pas troublée par la vase et le sable enlevés, dans le tourbillonnement des ondes, d'un fond situé à 100 et même 200 mètres au-dessous du niveau marin? On estime aujourd'hui que l'effet des vagues se fait sentir dans le sens vertical jusqu'à trois cent cinquante fois leur hauteur. En-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

plein océan, des vagues de 10 mètres de haut exercent leur influence jusqu'à 5 kilomètres et demi de profondeur : aussi, dans les mers peu profondes, les ondes océaniennes, gênées dans leur mouvement par le voisinage du fond, donnent naissance à des remous qui remontent à la surface; ils forment ces *lames sourdes* ou *lames de fond*, si dangereuses pour les bateaux. C'est ainsi que les vagues de l'Atlantique, pénétrant dans la Manche et ne pouvant plus se développer dans toute leur ampleur, produisent cette mer houleuse et perfide, théâtre de tant de naufrages.



MER HOULEUSE.

Tant que les ondes se propagent en pleine mer, leur crête seule, emportée par le vent, déferle et se précipite en écumant : vues de loin, toutes ces taches blanches ressemblent à un troupeau de moutons. Mais quand, poussée par le vent, la vague se rapproche du rivage, d'autres effets plus terribles encore se produisent. Forcée de gravir la pente inclinée du fond et de se dérouler sur un lit de plus en plus rapproché de la surface, la vague se ralentit et s'enfle : celle qui la suit, moins retardée dans son mouvement, s'en rapproche et finit par la rejoindre;

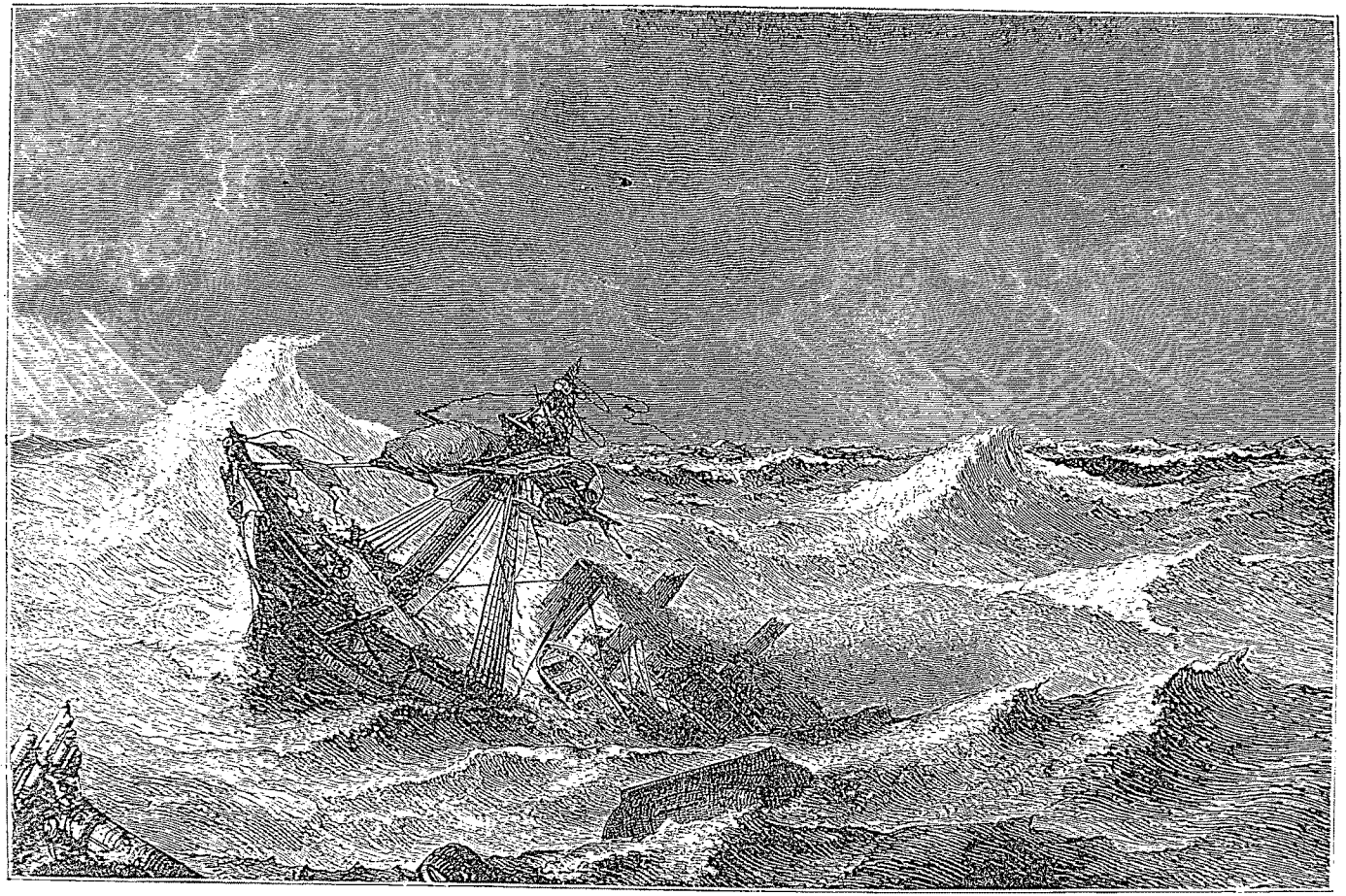
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

une troisième vient quelquefois ajouter le volume de ses eaux à celui des deux premières. Toute cette masse s'avance, se dresse comme un mur : arrêtée à sa base par le frottement qu'elle éprouve contre le sol, elle se recourbe à la partie supérieure, s'écroule en véritable cataracte et projette au loin sur le rivage un mélange d'eau, d'écume, de sable et de pierres. Pendant les tempêtes, ces lames gigantesques acquièrent, avant de déferler, une hauteur bien supérieure à celles du large; et quand la forme du rivage favorise leur projection, on les voit rejaillir verticalement à des hauteurs énormes. Des centaines, quelquefois même des milliers de mètres cubes d'eau sont lancés à des hauteurs de 20 à 30 mètres : les rochers, les jetées, les phares disparaissent pour un instant, ensevelis sous la vague et sous l'écume.

L'effroyable pression exercée par les lames de tempête, lorsqu'elles déferlent sur un obstacle, dépasse tout ce qu'on peut imaginer, Les digues les plus solides sont emportées; des canons de gros calibre, des rochers pesant plusieurs tonnes, sont enlevés sans effort apparent et rejetés à de grandes distances; on a vu des navires, soulevés par une vague, déposés délicatement sur les galets de la côte, sans avaries et à l'abri de tout danger. Chaque vague, en s'effondrant, fait trembler le sol à plus d'un kilomètre de distance, et produit un bruit sourd, analogue à celui de lointaines décharges d'artillerie. C'est l'océan qui mêle ses notes graves à la voix sifflante de l'ouragan.

Le renforcement des vagues par le voisinage des côtes se fait d'ailleurs sentir, non seulement pendant les tempêtes, mais d'une façon constante : alors même que le calme règne au large, le pied de certains rochers est toujours battu par la houle. Telle est la baie d'Audierne, dont les bords désolés s'étendent de la pointe de Penmarck à celle du Raz : là se trouvent la baie des Trépassés et l'Enfer de Plogoff au fond duquel les vagues se brisent avec un bruit de tonnerre : un sentier qui longe la falaise, à 80 mètres au-dessus de la mer, est presque toujours arrosé par l'écume des vagues de tempête.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



MER EN FUREUR. — CYCLONE DE L'AMAZONE.

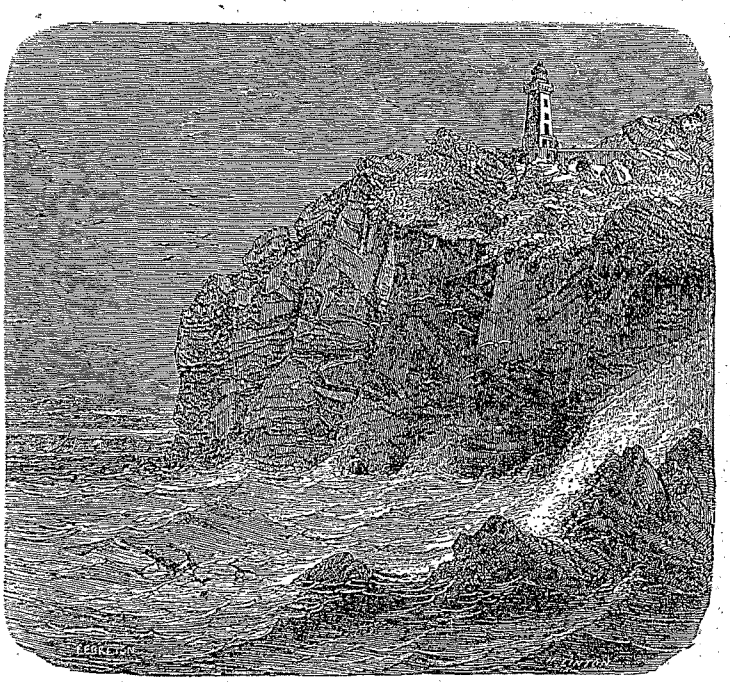
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Quand on annonça, il y a quelques années, qu'une petite quantité d'huile projetée sur les flots d'une mer agitée pouvait en diminuer la violence, l'idée parut extraordinaire. Beaucoup de marins sont venus, depuis cette époque, attester, après expérience, l'efficacité du procédé, et l'Amirauté anglaise vient de le recommander officiellement. Pour apaiser, dans une large mesure, les vagues qui brisent sur un obstacle et en rendent le voisinage dangereux, il suffit de suspendre aux flancs du navire en péril des sacs d'huile percés de petits trous. A peine la couche huileuse s'est-elle répandue sur l'eau, que les lames tombent, s'aplanissent et deviennent inoffensives. D'après le témoignage de nombre de capitaines, les vagues libres, courant sur une eau profonde, seraient encore plus sensibles à l'action de l'huile : son effet serait certain en plein océan, sur une mer furieuse et complètement *démontée*. Une petite quantité d'huile employée à propos suffit alors à prévenir un désastre, surtout quand il s'agit d'embarcations ou de navires d'un faible tonnage. Les huiles animales ou végétales les plus épaisses sont les meilleures; lorsqu'on en manque, on peut les remplacer par du pétrole, mais avec moins de chances de succès. Attacher quelques sacs d'huile aux parois d'un bateau n'est ni bien long, ni bien encombrant : cette simple mesure de précaution ne sera-t-elle pas dédaignée des braves marins qui, par les plus violentes tempêtes, n'hésitent pas à sortir du port, dans une frêle embarcation, pour aller porter secours à un navire en perdition?

Si, n'ayant jamais vu la mer, vous arrivez dans un des ports de la Manche ou de l'Océan fréquentés par les baigneurs, vous serez bien surpris du spectacle qu'il présente quelquefois à votre arrivée. Toutes vos idées sont retournées. Le bassin du port dans lequel vous vous attendiez à trouver de l'eau est à sec; il ne contient qu'une boue noire où sont couchés les bateaux que votre imagination vous avait toujours montrés flottants. Vous êtes dans un port de pêche et vous ne voyez pas de pêcheurs : les uns sont en mer, les autres dorment paisiblement chez eux. Pour passer

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

le temps et vous reposer des fatigues du voyage, vous vous dites qu'un bain de mer serait très salutaire; et vous vous dirigez vers la plage. Voilà bien l'emplacement réservé pour les bains : la présence des cabines et de nombreuses inscriptions ne laissent aucun doute à cet égard; il ne manque que l'eau. Car la mer est basse et vous l'apercevez à quelques centaines de mètres, quelquefois à un kilomètre de distance; elle vous est indiquée par



LA POINTE DU RAZ.

une ligne d'amateurs de pêche qui, les jambes nues, poussent devant eux un large filet à crevettes. De tous côtés, sur le sable uni et fin, ce ne sont que furieuses parties de croquet; baigneurs et baigneuses, réunis par groupes, se promènent ou sont tranquillement assis; les uns lisent, les autres travaillent. Chacun est là, installé comme chez soi : on dirait que le terrain lui appartient. Mais patience, attendez quelque temps.

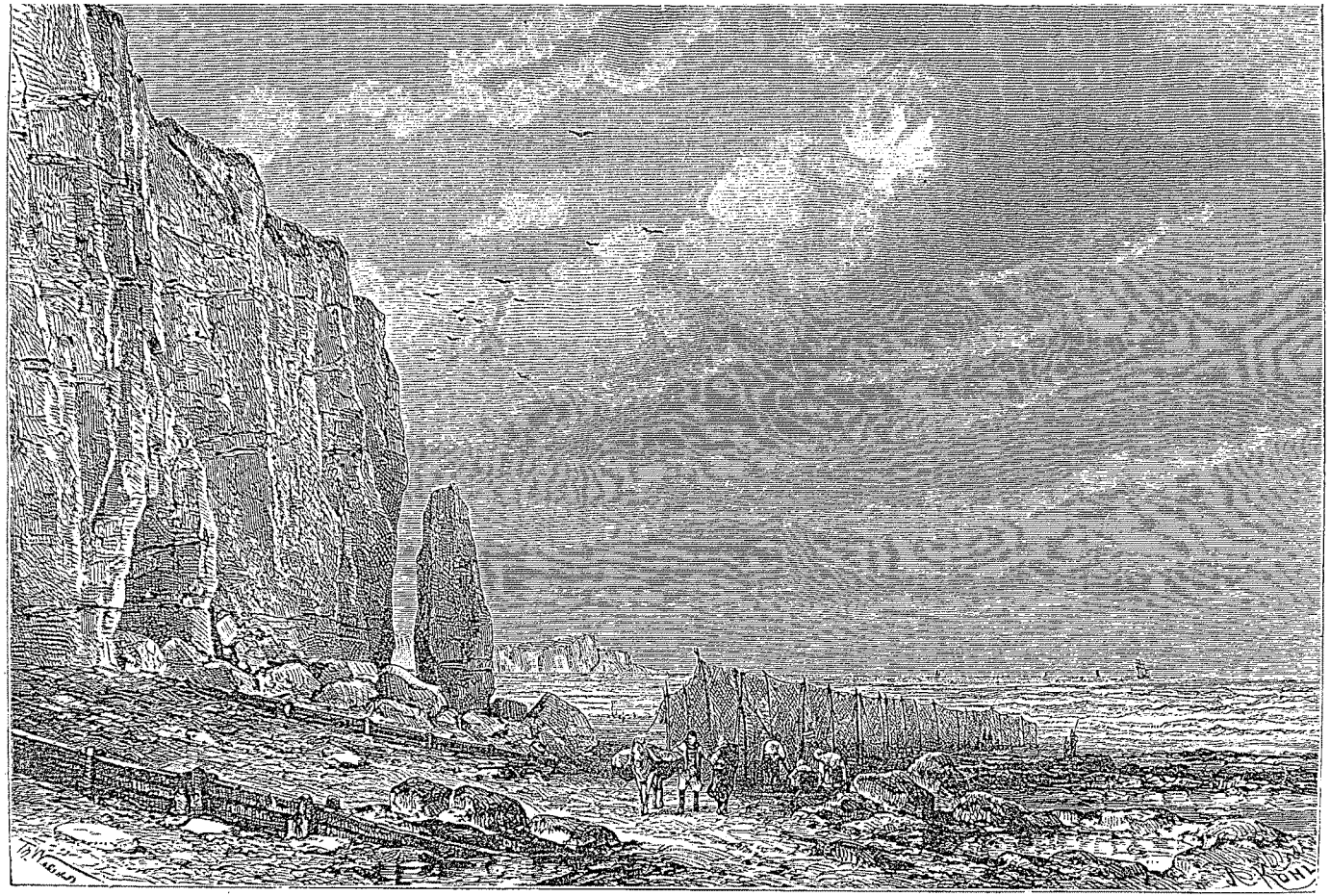
La ligne des pêcheurs de crevettes se rapproche graduellement; c'est la mer qui arrive. Déjà les plus prudents et les

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

plus encombrés songent à la retraite; les tentes se replient, les sièges s'enlèvent. Peu à peu la désertion devient générale; car la mer monte toujours; c'est un sauve-qui-peut véritable. Seuls les joueurs de croquet résistent jusqu'au bout; mais une première vague vient envahir le jeu et leur rappelle qu'ils sont sur le domaine maritime. Les plus courageux prennent la fuite; et bientôt la mer recouvre de plusieurs mètres d'eau les constructions laborieusement élevées sur le sable par des ingénieurs de huit à dix ans. Retournez en ce moment sur le port : la scène est bien changée. Pêcheurs et bateaux dormaient tout à l'heure : maintenant les barques sont à flot et se balancent doucement. Hommes, femmes, enfants se pressent tout affairés et se bousculent, les uns sur le quai, les autres déjà embarqués. Nombre de bateaux entrent dans le port, d'autres s'apprêtent à sortir : les cris, les appels, les commandements retentissent de toutes parts et se mêlent aux grincements des poulies et des cabestans. C'est un branle-bas général; c'est l'heure de la marée. Qu'il soit midi ou minuit, peu importe; ce n'est pas le soleil qui règle ici la journée, c'est la mer qui est souveraine : il faut obéir à ses ordres et prendre son heure pour le travail ou pour le repos.

Cette heure change d'ailleurs tous les jours; car l'intervalle qui sépare deux hautes mers est, en moyenne, de 12 heures 25 minutes; et par conséquent, du jour au lendemain, l'heure de la marée doit retarder sur l'heure civile d'environ 50 minutes. Si nous cherchons quel est celui des phénomènes naturels qui se reproduit à intervalles réguliers de 24 heures 50 minutes, nous trouvons que c'est le retour de la lune au point le plus haut de sa course journalière. La durée de 24 heures 50 minutes est celle du jour lunaire, tandis que le jour solaire est de 24 heures. Il serait bien extraordinaire que le temps mis, en moyenne, par la mer à monter et à descendre deux fois, fût juste égal au jour lunaire, si la lune n'avait aucune influence sur la production des marées. Examinons donc les choses de plus près. L'intervalle moyen de deux marées est de 12 heures

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



FALAISES DE NORMANDIE. — MARÉE BASSE.

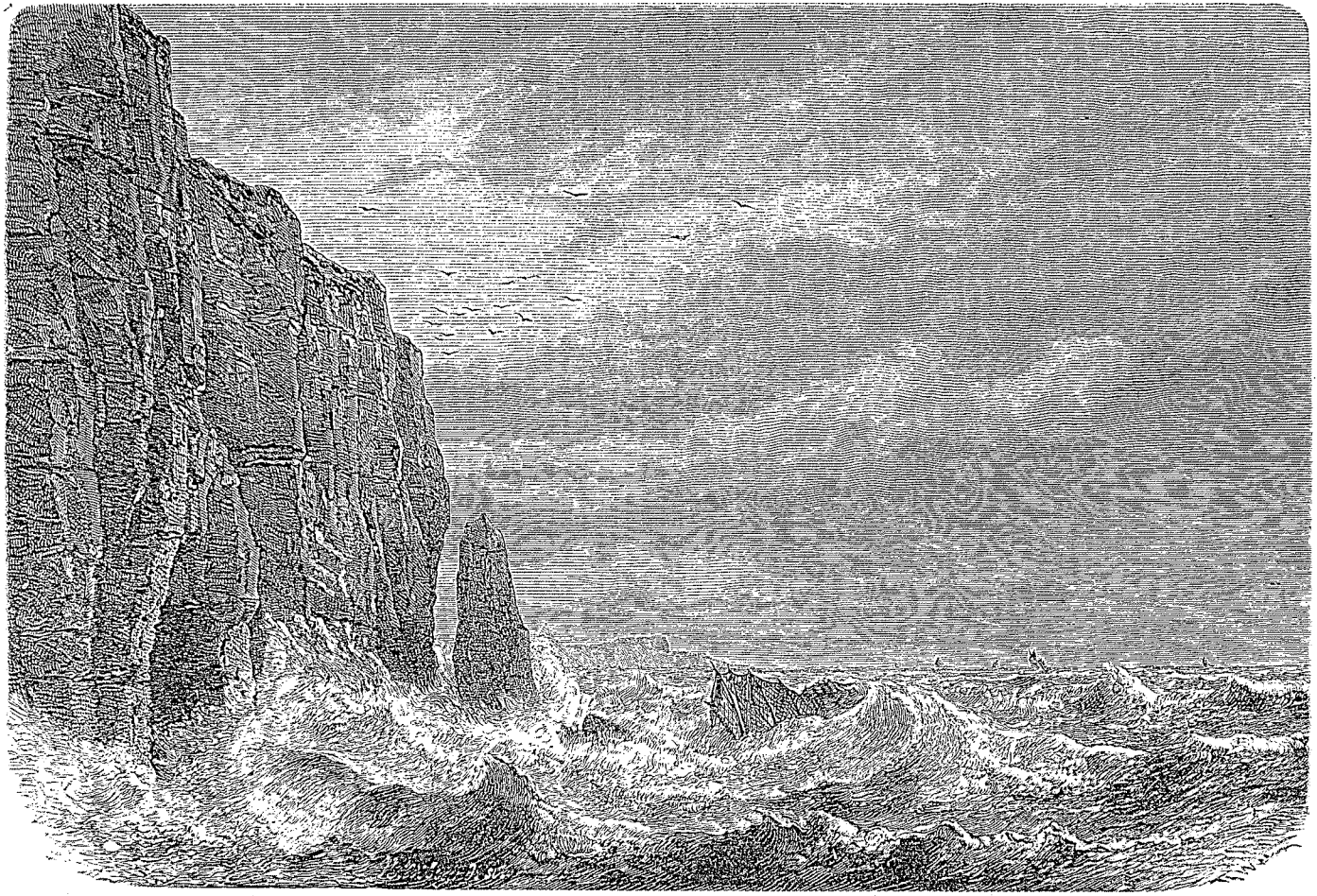
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

25 minutes; mais, à l'époque des syzygies, c'est-à-dire des nouvelles lunes et des pleines lunes, il est beaucoup plus court et dépasse à peine 12 heures, tandis qu'il s'élève à plus de 13 heures quand la lune est en quartier. Ce n'est pas tout : les élévations et les abaissements du niveau de la mer sont loin d'être toujours aussi considérables dans un même port. C'est quand la mer monte et descend le plus vite qu'elle monte le plus haut et descend le plus bas : les marées de syzygies sont les plus fortes et celles des quartiers les plus faibles.

L'influence de la lune sur le flux et le reflux de la mer n'est donc pas douteuse; mais le soleil joue aussi un rôle dans ces phénomènes, puisqu'ils changent avec la phase de la lune, c'est-à-dire avec sa position par rapport au soleil. Aussi, lorsque Newton eut découvert les lois de l'attraction universelle, il n'hésita pas à attribuer le soulèvement des eaux de la mer à l'attraction combinée que la lune et le soleil exercent sur elles. C'est sur cette base que de nombreux savants, Euler, Bernouilli, Laplace, ont établi la théorie des marées.

D'après la loi de l'attraction universelle, deux substances matérielles tendent toujours à se rapprocher l'une de l'autre, de la même façon qu'une goutte de pluie tombe vers la terre : cette attraction entre deux corps est d'autant plus forte, qu'ils sont plus rapprochés l'un de l'autre et que leurs masses sont plus considérables. Appliquons cette loi à l'action réciproque de la terre et de la lune; et, pour simplifier l'explication, supposons la terre réduite à un globe solide complètement entouré d'eau. La terre attire la lune : c'est cette force qui retient la lune dans son orbite, la lie, pour ainsi dire, à la terre et l'oblige à accompagner celle-ci comme un véritable satellite. La lune, de son côté, attire vers elle tous les points de la terre, mais avec des forces différentes, parce que les uns sont plus rapprochés, les autres plus éloignés. Pour la partie solide du globe terrestre, dont tous les points sont soudés entre eux, une compensation s'établit, et l'attraction totale est la même que si tous ces points étaient à la distance qui sépare le centre de la terre et

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



FALAISES DE NORMANDIE. — MARÉE HAUTE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

celui de la lune. Il en n'est pas de même pour la partie liquide.

La portion de l'océan située du côté de la lune est plus fortement attirée que le centre de la terre et, en raison de sa mobilité, l'eau se précipite vers la lune. Retenue par l'attraction terrestre, elle ne peut quitter la terre, mais elle se soulève et produit une marée haute dans la direction de notre satellite. Il y a en même temps marée haute dans la direction opposée, où les eaux de l'océan, plus éloignées de la lune que le centre de la terre, sont moins fortement attirées. Restant en arrière du noyau solide dans la chute commune vers la lune, elles sont, par rapport à la terre, au-dessus du niveau moyen, et, pour l'observateur terrestre, elles paraissent soulevées (fig. p. 55).

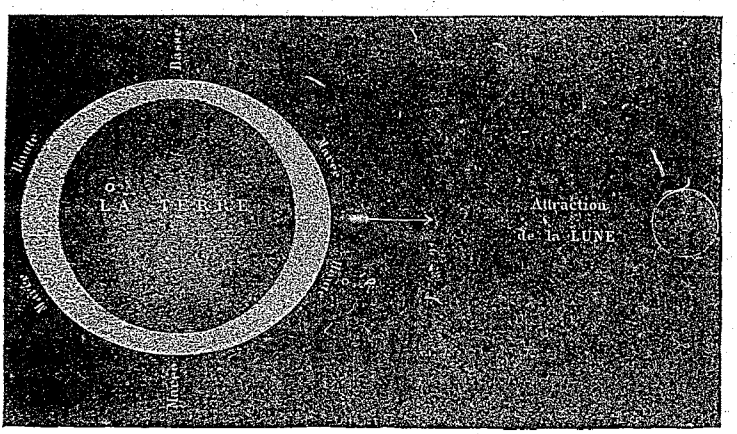
L'attraction lunaire produit ainsi, à chaque instant, deux hautes mers, situées aux deux extrémités d'un diamètre terrestre, l'une du côté de la lune, l'autre du côté opposé. Soulevée dans cette direction, la masse des eaux s'affaisse dans la direction perpendiculaire, où se trouvent alors deux basses mers. Mais la lune change constamment de situation par rapport à la terre et passe successivement, en 24 heures 50 minutes, par toutes les positions autour du globe terrestre; les ondes de la marée la suivent dans ce mouvement, de sorte que, dans le même espace de temps, chaque point de l'Océan se soulève et s'abaisse deux fois. On a pu calculer de combien la lune pouvait soulever l'eau, quand elle passe verticalement au-dessus : la différence entre le niveau de la haute mer et celui de la basse mer, en plein océan, serait alors de 50 centimètres. C'est là un maximum : car, sauf dans les régions équatoriales, la lune ne monte jamais jusqu'au zénith. Son attraction s'exerce d'ordinaire dans une direction oblique, et la hauteur de la marée reste inférieure à 50 centimètres.

Si la lune agissait seule sur les eaux de l'océan, les marées se succéderaient régulièrement à des intervalles de 12 heures 25 minutes et auraient presque toujours la même grandeur; mais l'attraction exercée par le soleil vient compliquer le phénomène. Cet astre agit sur les eaux de la mer de la même façon que

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

la lune : aux deux ondes de marée lunaire viennent s'ajouter deux ondes de marée solaire ; l'une est dirigée vers le soleil, l'autre à l'opposé ; toutes deux font le tour du globe en un jour, c'est-à-dire en 24 heures exactement.

Bien que la masse du soleil soit extrêmement grande par rapport à celle de la lune, son influence sur les eaux de la mer est plus faible que celle de notre satellite, parce que le soleil est bien plus éloigné de la terre que la lune. Aussi l'effet qu'il produit dans cette circonstance est à peu près la moitié de celui de la lune (exactement comme 1 est à 2,05) : de sorte que si la marée



MARÉE LUNAIRE.

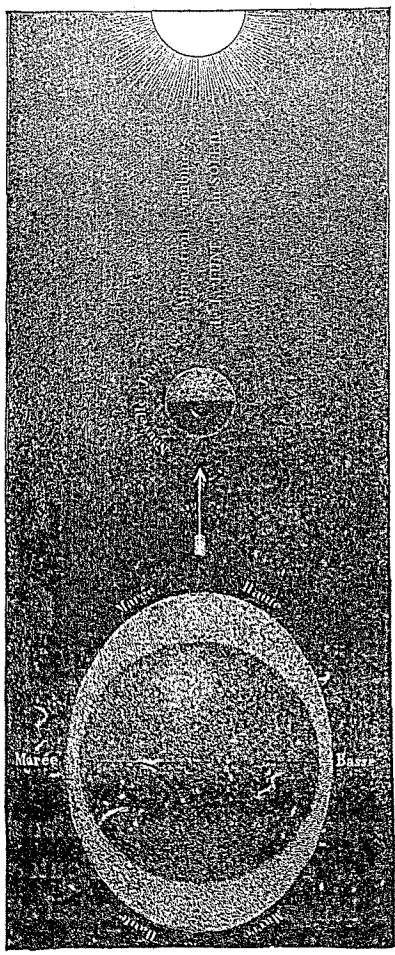
lunaire est de 50 centimètres, la marée solaire est seulement de 24 centimètres.

Ces deux marées d'inégale importance et marchant autour de la terre avec des vitesses différentes doivent tantôt s'ajouter et tantôt se contrarier l'une l'autre. A la nouvelle lune, le soleil et la lune agissent dans la même direction ; la marée totale est alors la somme des deux marées partielles : son amplitude atteint 74 centimètres. Il en est de même à la pleine lune. Ainsi, lors des syzygies, la haute mer lunaire correspond à la haute mer solaire ; mais quand la lune est en quartier, les deux astres agissent dans des directions perpendiculaires, la haute mer solaire correspond à la basse mer lunaire : la marée n'est alors que la

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

différence des deux marées partielles et ne dépasse pas 26 centimètres. Entre les syzygies et les quadratures, le soleil tend, d'une part, à accroître ou à diminuer plus ou moins la marée lunaire, et, d'autre part, à reculer ou à avancer l'heure de son arrivée.

La distance du soleil à la terre change relativement peu : celle de la lune varie au contraire de 56 à 64 fois le rayon de la terre. Quand cette distance est faible, l'attraction exercée par la lune est plus forte, et la marée augmente d'intensité. Il en est de même quand le soleil et la lune sont voisins de l'équateur : aussi, chaque année, les plus fortes marées arrivent-elles aux nouvelles et aux pleines lunes qui se produisent à l'époque des équinoxes. Si à ce moment la lune se trouve en même temps à sa plus petite distance de la terre, la marée acquiert une intensité exceptionnelle.

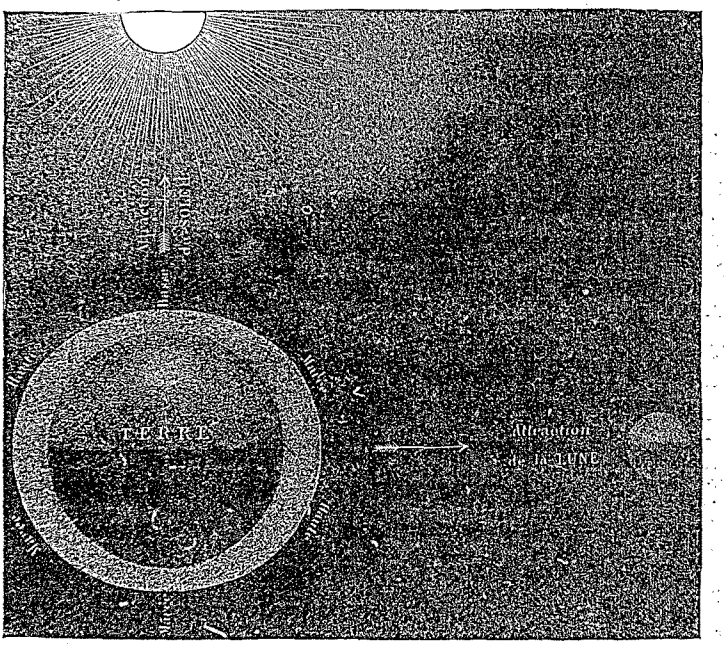


MARÉE DES SYZYGIES.

Nous avons supposé que les eaux recouvraient toute la surface du globe ; en réalité, la mer, enfermée de part et d'autre par les continents, oscille dans un espace très large par rapport à sa profondeur. Lorsque, par suite des actions du soleil et de la lune, les eaux doivent s'élever d'un côté de ce bassin, elle s'y portent en masse. Viennent-elles à rencontrer une côte dirigée du nord au sud, elles s'accumulent contre cet obstacle et, poussées par celles qui les suivent, elles s'élèvent à une hauteur bien plus grande qu'en plein océan. Elles retombent ensuite et descen-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

dent, pour la même raison, bien plus bas, quand vient le moment du reflux. Il s'établit, en un mot, dans la masse océanienne, un vaste mouvement d'oscillation qui ne s'arrêterait pas brusquement si les actions du soleil et de la lune venaient à cesser. Ces actions, au lieu de produire à chaque instant la totalité du mouvement des eaux, ne font que l'entretenir et l'accroître aux moments où elles deviennent plus énergiques. C'est pourquoi les grandes marées



MARÉE DES QUADRATURES.

n'ont pas lieu juste au moment des syzygies : elles continuent à augmenter par suite des impulsions reçues, et atteignent leur plus grande hauteur un jour et demi seulement après la pleine lune ou la nouvelle lune.

La disposition des côtes joue aussi un rôle considérable dans l'intensité des phénomènes du flux et du reflux. Les côtes de l'Atlantique dirigées du nord au sud, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction des ondes de marée, forment deux barrières entre lesquelles les oscillations doivent atteindre une bien plus

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

grande hauteur que dans une mer libre, comme l'océan du Sud. Les marées sont peu sensibles dans la Méditerranée : cette mer est trop petite pour que l'influence des astres s'y produise avec énergie, et le détroit de Gibraltar est trop étroit pour que la marée de l'Atlantique puisse y pénétrer. Mais l'orientation de l'est à l'ouest des côtes méditerranéennes atténue encore l'effet de la marée; car il se manifeste dans l'Adriatique, dont les côtes sont dirigées du nord au sud. A Venise, les grandes marées atteignent à peu près 1 mètre de hauteur.

L'océan Atlantique, communiquant librement avec la Manche, y occasionne des marées dérivées très fortes. Quand la mer devient haute à l'ouest de la France, le flot de la pleine mer pénètre dans la Manche et s'y propage peu à peu. Il se précipite d'abord contre la presqu'île du Cotentin, monte contre cette barrière jetée à sa rencontre, et produit les grandes marées de la baie de Cancale. Puis le flot continue à avancer; la pleine mer se produit successivement à Cherbourg, au Havre, à Dieppe, à Calais, mettant à peu près huit heures à arriver de la pointe du Finistère au fond du Pas de Calais. Dans chaque port, la grandeur de la marée change avec la disposition de la côte, et le moment de son arrivée subit un retard plus ou moins considérable, qu'on nomme *établissement du port.* C'est la différence entre l'heure de la pleine mer et celle du passage de la lune au méridien à l'époque des syzygies. Le tableau suivant en donne la valeur pour quelques ports de la France; il contient également l'indication de la différence de niveau entre la basse mer et la pleine mer, pour les marées moyennes de pleine lune ou de nouvelle lune.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

LOCALITÉS	ÉTABLISSEMENT du PORT	HAUTEUR de MARÉE
	HEURES MINUTES	MÈTRES
Embouchure de l'Adour.	4 5	2,80
Cordouan (Gironde).	5 53	4,70
Embouchure de la Loire.	5 45	5,56
Lorient.	5 52	4,48
Brest.	5 46	6,42
Saint-Malo.	6 10	11,56
Granville	6 50	12,50
Cherbourg.	7 58	5,64
Le Havre (Seine).	9 18	7,14
Dieppe.	11 8	8,80
Calais :	11 49	6,14

On voit, par ces exemples, combien les obstacles opposés par les côtes aux ondes de marée augmentent leur hauteur. Cet effet est surtout sensible quand le flot vient s'engouffrer dans une baie profonde et étroite : aussi le point de la terre où les marées atteignent leur plus majestueuse amplitude est-il au fond d'une baie située sur la côte de l'Amérique du Nord, entre le New-Brunswick et la Nouvelle-Écosse, et appelée baie de Fundy. A l'entrée, la hauteur de marée est d'environ 4 mètres; mais elle augmente rapidement et dépasse 42 mètres au fond même de la baie, valeur 55 fois plus grande que la hauteur de marée (74 centimètres) en plein océan.

Le phénomène des marées consiste en un soulèvement et un affaissement successifs des eaux de l'océan dans le sens vertical; il ne faudrait pas y voir un gigantesque courant, transportant d'énormes masses d'eau alternativement d'Europe en Amérique. En pleine mer, le flux et le reflux ne donnent naissance à aucun déplacement bien sensible des eaux dans le sens horizontal :

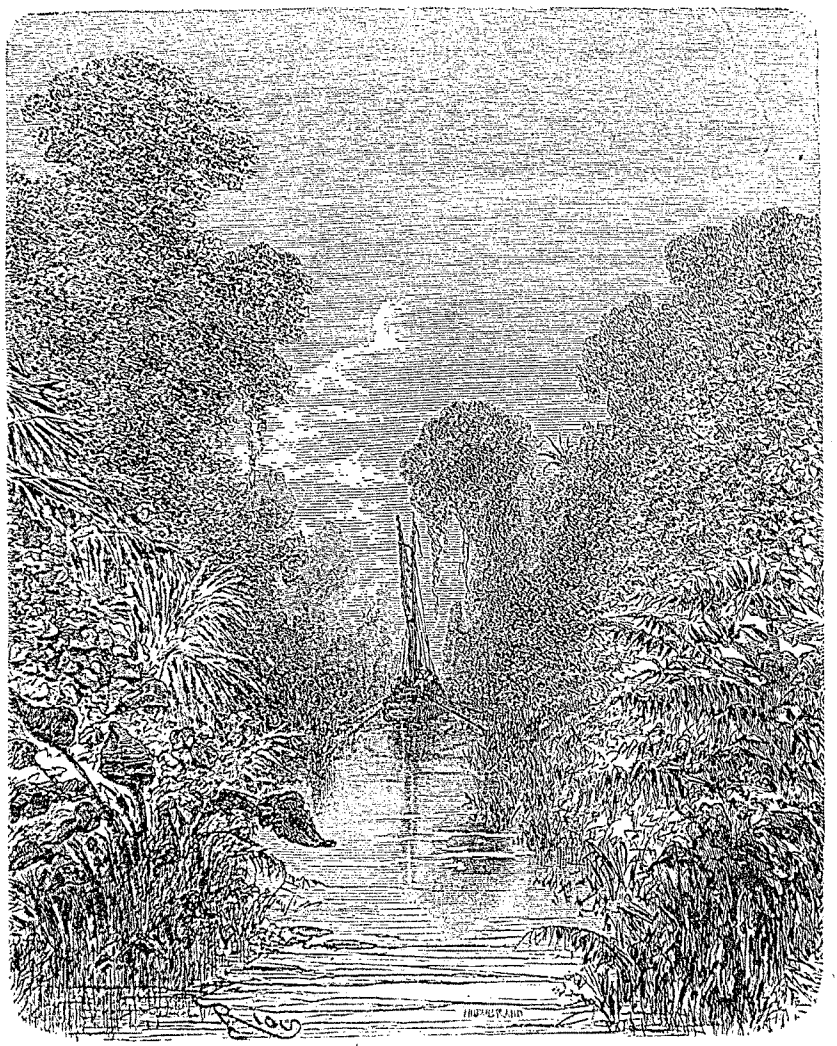
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

l'onde de marée marche à la façon des vagues. Mais dans le voisinage des côtes les choses se passent d'une façon différente. On y observe fréquemment des courants de marée, *courant de flot* et *courant de jusant*, qui changent de direction suivant que la marée est montante ou descendante; ils acquièrent quelquefois des vitesses considérables et deviennent une cause de dangers pour les navigateurs. Tels sont les courants de marée qui règnent dans le golfe des îles Normandes; le plus violent est celui du ras Blanchard, entre l'île d'Aurigny et le cap de la Hogue; il court avec une vitesse de 16 kilomètres à l'heure, au milieu de bas-fonds et d'écueils. C'est là que Tourville, après la glorieuse journée de la Hogue, perdit une partie de sa flotte, impuissante à remonter le courant pour arriver à Saint-Malo. D'autres courants analogues existent à l'ouest de l'Écosse, et dans les parages des Hébrides, des Orcades et des Shetland; mais le plus célèbre de tous est le fameux Maelström, le long de la côte scandinave, au sud des îles Loffoden. La légende le représente comme un gouffre en forme d'entonnoir, où viennent s'abîmer tous les objets flottants, attirés vers le centre d'un tourbillon, après avoir décrit des cercles de plus en plus rétrécis. En réalité, le Maelström consiste en une série de courants dont la direction change avec la période de la marée : pendant la marée montante, ils passent du sud au sud-ouest et à l'ouest; ils se dirigent, au contraire, vers le nord, le nord-est et l'est, à mesure que le mouvement du reflux se prononce : de sorte que, pendant la durée d'une marée, les eaux prennent *successivement*, mais non pas *en même temps*, toutes les directions autour d'un point.

Les courants de marée se produisent, en général, dans les passes étroites dont le fond est inégal et peu profond. Ces conditions se trouvent presque toujours remplies à l'embouchure des fleuves : elles y donnent naissance à des courants analogues aux *raz* des îles, et que l'on nomme *barres* ou *mascarets*. Lorsque l'onde de la marée arrive dans l'estuaire d'un fleuve, elle y rencontre, outre les bas-fonds, l'obstacle formé par le courant des eaux douces : arrêté dans son mouvement, le flot s'élève et forme

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

comme une muraille liquide d'une rive à l'autre; mais bientôt, pressé par les eaux marines, il se précipite dans le fleuve, sous la forme d'une ou plusieurs vagues gigantesques qui remontent le



IGARAPÉ-MIRI. — COURS INFÉRIEUR DE L'AMAZONE.

courant et font refluer les eaux vers leur source. Ces effets, peu sensibles dans les conditions ordinaires, deviennent formidables à l'époque des grandes marées. La barre de l'Amazone, nommée *pororoca*, consiste en trois vagues successives, dont les eaux

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

mugissantes se dressent à 10 ou 15 mètres de hauteur. Elles s'engagent dans les canaux ombragés, si nombreux près de l'embouchure du fleuve, et peuvent parfois atteindre, comme à l'Igarapé-Miri, le haut des voûtes verdoyantes. Le nom de *mascaret*, spécial autrefois à la Dordogne, s'applique aujourd'hui à la barre de la Seine, qui a été la mieux étudiée. Tandis qu'au Havre, à Honfleur, la mer, à l'instant du flux, monte insensiblement, on voit, au contraire, dans les environs de Quillebeuf, le premier flot se précipiter en immense cataracte. C'est une vague roulante, haute de deux à trois mètres, occupant toute la largeur du fleuve, et qui remplit en peu d'instants tout le bassin de la Seine. Après s'être brisée contre les quais de Quillebeuf, elle s'engage dans la partie plus étroite du fleuve et en remonte le cours avec la vitesse d'un cheval au galop. Le seul moyen d'affaiblir le mascaret est d'approfondir le chenal d'entrée du fleuve. Il disparut, pendant quelques années, dans la Seine, à la suite de l'endiguement d'un banc de sable qui gênait l'entrée de la rivière; mais, celui-ci s'étant reformé un peu plus loin, le mascaret se soulève pour le franchir et bondit de nouveau dans la Seine. Bien des personnes se rendent à Caudebec, lors des marées d'équinoxe, pour assister à ce curieux spectacle.

IV. — LES COURANTS MARINS. — GULF-STREAM. — KURO-SIVO. COURANTS POLAIRES.

Les vagues et les marées agitent les eaux de la mer, mais ne les déplacent pas d'une façon bien sensible : les courants de marée sont des phénomènes locaux, et la masse liquide qu'ils mettent en mouvement est peu de chose auprès de celle de l'océan. Mais il existe dans les mers d'immenses courants qui font voyager les eaux d'un bout de la terre à l'autre : une goutte d'eau des mers équatoriales peut se trouver, quelque temps après,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

LE MASCARET A CAUDEBEC.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sur les côtes de la Scandinavie ou dans les mers glacées du pôle sud, tandis que l'eau des banquises polaires vient baigner les côtes de l'Inde ou les rives du golfe du Mexique.

« Les eaux marchent comme le ciel, » a dit Christophe Colomb; et, en effet, on rencontre dans toutes les mers équatoriales un vaste courant dirigé de l'est à l'ouest. Son existence, dans le Pacifique, dans l'Atlantique et dans l'océan Indien, montre qu'il est dû à une cause tout à fait générale, la rotation de la terre. Remplissez d'eau une cuvette et faites-la glisser sur une table de droite à gauche : l'eau n'obéit pas immédiatement; elle reste en arrière et déborde vers la droite : elle se comporte, *par rapport au vase*, comme si elle avait marché en sens inverse de lui, c'est-à-dire de gauche à droite. Il en est de même pour l'eau de la mer. Notre globe tourne sur lui-même dans l'espace de 24 heures, de sorte qu'un point situé à l'équateur se meut, d'occident en orient, avec une vitesse de 375 lieues environ à l'heure. Les eaux de l'océan, contenues dans les profondes cuvettes de la croûte terrestre, sont entraînées de proche en proche dans le mouvement que leur communique le fond de la cuvette. Plus elles sont éloignées du fond, plus elles tendent à rester en arrière et à paraître animées, par rapport à la masse terrestre, d'un mouvement dirigé de l'est à l'ouest, en sens inverse de la rotation. Nous ne devons donc pas être étonnés de trouver à la surface de tous les océans un grand *courant équatorial* allant, comme la voûte céleste, d'orient en occident.

Des observations très diverses ont démontré l'existence de nombreux courants marins. Quand on connaît, par exemple, le point de départ, la direction de marche et la vitesse d'un navire, il est certain que l'on peut calculer aisément le point où il doit se trouver au bout d'un certain temps. Eh bien, la position ainsi déterminée diffère très souvent de la position vraie du navire; cela tient à ce qu'il n'a pas marché sur une mer immobile, et qu'entraîné par un courant marin, il a *dérivé* en même temps qu'il avançait. Cet effet des courants rappelle le voyage de Parry sur les banquises polaires : abandonnant son navire, il partit en traîneau

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

et se dirigea vers le nord pour se rapprocher davantage du pôle. Vains efforts! car pendant ce temps la banquise, emportée par les courants, descendait vers le sud et l'éloignait du pôle.

Les marins ont l'habitude de jeter à la mer, de temps à autre, des bouteilles cachetées contenant un papier sur lequel ils indiquent la position de leur navire et la date du jour. Des bouteilles ainsi jetées dans la mer des Antilles ont été retrouvées sur les côtes d'Europe; d'autres, lancées au détroit de Gibraltar, sont arrivées dans le golfe du Mexique, ayant traversé l'Atlantique, comme les premières, mais en sens inverse. On comprend de quelle importance sont ces muets témoins pour la connaissance des courants; car, si l'on ne sait quel est le circuit parcouru par les bouteilles, on connaît leur point de départ, leur point d'arrivée et la durée de leur voyage. Aussi les jets de bouteilles ont-ils été multipliés à dessein, et les observations auxquelles ils ont donné lieu ont été fort utiles pour dresser les cartes des courants marins.

L'observation des températures marines fournit aussi de précieux renseignements sur l'existence des courants, aussi bien à la surface que dans les profondeurs de l'Océan. Car, suivant qu'elles viennent des régions équatoriales ou des mers polaires, les eaux des courants sont plus chaudes ou plus froides que les masses environnantes.

L'un des savants qui se sont le plus occupés de la question des courants marins est l'Américain Maury, ancien officier de la marine des États-Unis, directeur de l'observatoire de Washington : il les attribue à plusieurs causes, dont les principales sont l'influence de la chaleur et le degré de salure des eaux. Nous avons déjà fait connaître comment se produisent les courants de Gibraltar et de Bab-el-Mandeb : la grande quantité de vapeurs qui se développent à la surface de la Méditerranée et de la mer Rouge y rend nécessaire l'introduction des eaux de l'Atlantique ou de l'océan Indien; mais, en même temps, la concentration des eaux salines et leur accroissement de densité amènent la production de contre-courants inférieurs (voir page 34), dirigés en sens inverse des premiers.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

En plein océan, les effets produits par l'inégalité de la température ne sont pas moins évidents : écoutez ce que dit Maury. « Supposons un globe ayant les dimensions de la terre et couvert, sur toute sa surface, d'une couche d'eau de 200 pieds d'épaisseur, sans évaporation, et dans un milieu d'une température constante. Il n'y aurait sur ce globe ni vents, ni courants. Admettons maintenant que l'eau placée sous les tropiques se change tout d'un coup en huile sur une épaisseur de 100 pieds. L'équilibre sera détruit : un système de courants et de contre-courants s'établira aussitôt. L'huile, plus légère, se dirigera en nappe vers les pôles, tandis que les eaux plus lourdes du pôle descendront en dessous vers l'équateur. Mais si l'huile arrivée dans la zone polaire se change en eau, et que dans la zone torride l'eau devienne huile, elle remontera à la surface et le mouvement continuera. » Maury compare à de l'huile la couche superficielle des mers tropicales : et, en effet, ces eaux échauffées par les rayons d'un soleil brûlant se dilatent par la chaleur; elles deviennent alors plus légères que l'eau froide et ressemblent à de l'huile. Un courant se forme donc et les emporte vers les régions polaires; se refroidissant peu à peu, elles redeviennent plus lourdes et tendent à revenir à leur point de départ, en suivant les profondeurs d'un courant sous-marin.

Voici donc, sans l'intermédiaire des vents, un système uniforme et perpétuel de courants polaires et tropicaux. Le mouvement de rotation de la terre vient en modifier la direction : entraînés par ce mouvement, les corps tournent plus vite à l'équateur qu'en tout autre point de la terre, de même qu'un clou fixé sur la bande d'une roue se meut plus vite que s'il était sur le moyeu. Les courants qui se dirigent vers l'équateur sentent, pour ainsi dire, la surface terrestre glisser en dessous d'eux : ils restent en retard et semblent, par conséquent, se diriger vers l'ouest. Au contraire, les courants partis des zones équatoriales se portent vers des parallèles de plus en plus petits et dont la vitesse de rotation est moindre : emportés par le mouvement qu'ils possèdent d'occident en orient, ils inclinent à l'est, au lieu d'avancer directement vers les poles.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Quelles sont donc, en résumé, les causes qui, d'après Maury, viennent troubler l'équilibre des masses océaniennes et y font naître des courants? Elles sont des plus simples et soumises à toute la rigueur des lois physiques.: suivant lui, les courants résultent des variations produites dans la densité des eaux superficielles, soit par l'échauffement ou le refroidissement, soit par la concentration saline résultant de l'évaporation. D'autres savants repoussent, il est vrai, les idées de Maury; pour eux, l'origine des courants marins est dans l'atmosphère : les vents réguliers qui soufflent dans les régions équatoriales en sont la cause. Agissant constamment sur les eaux de l'Océan dans la même direction, ils les mettent en mouvement, et leur donnent une impulsion suffisante pour les faire circuler jusqu'à des milliers de lieues de distance.

La question des courants marins est donc loin d'être résolue d'une façon certaine : toutes les causes invoquées ont probablement chacune leur effet. Toutes concourent à la production de ces grands phénomènes dont l'importance est si considérable, non seulement pour la navigation, mais aussi pour la distribution de la chaleur à la surface du globe. Aussi, sans insister davantage sur leur origine, voyons quels sont les principaux courants dont l'existence est aujourd'hui bien reconnue.

Le grand courant de l'Atlantique septentrional, celui dont les effets nous intéressent le plus, parce qu'ils se font sentir jusque dans nos pays, sort du golfe du Mexique : c'est le *Gulf-Stream* ou courant du golfe. Voici en quels termes le décrit Maury :

« Il est un fleuve dans l'océan : dans les plus grandes sécheresses, jamais il ne tarit; dans les plus grandes crues, jamais il ne déborde. Ses rives et son lit sont des couches d'eau froide, entre lesquelles coulent à flots pressés des eaux tièdes et bleues. Il prend sa source dans le golfe du Mexique et se jette dans l'océan Arctique. Nulle part il n'existe sur le globe un courant aussi majestueux. Il est plus rapide que l'Amazone, plus impétueux que le Mississipi; et la masse de ces deux fleuves ne repré-

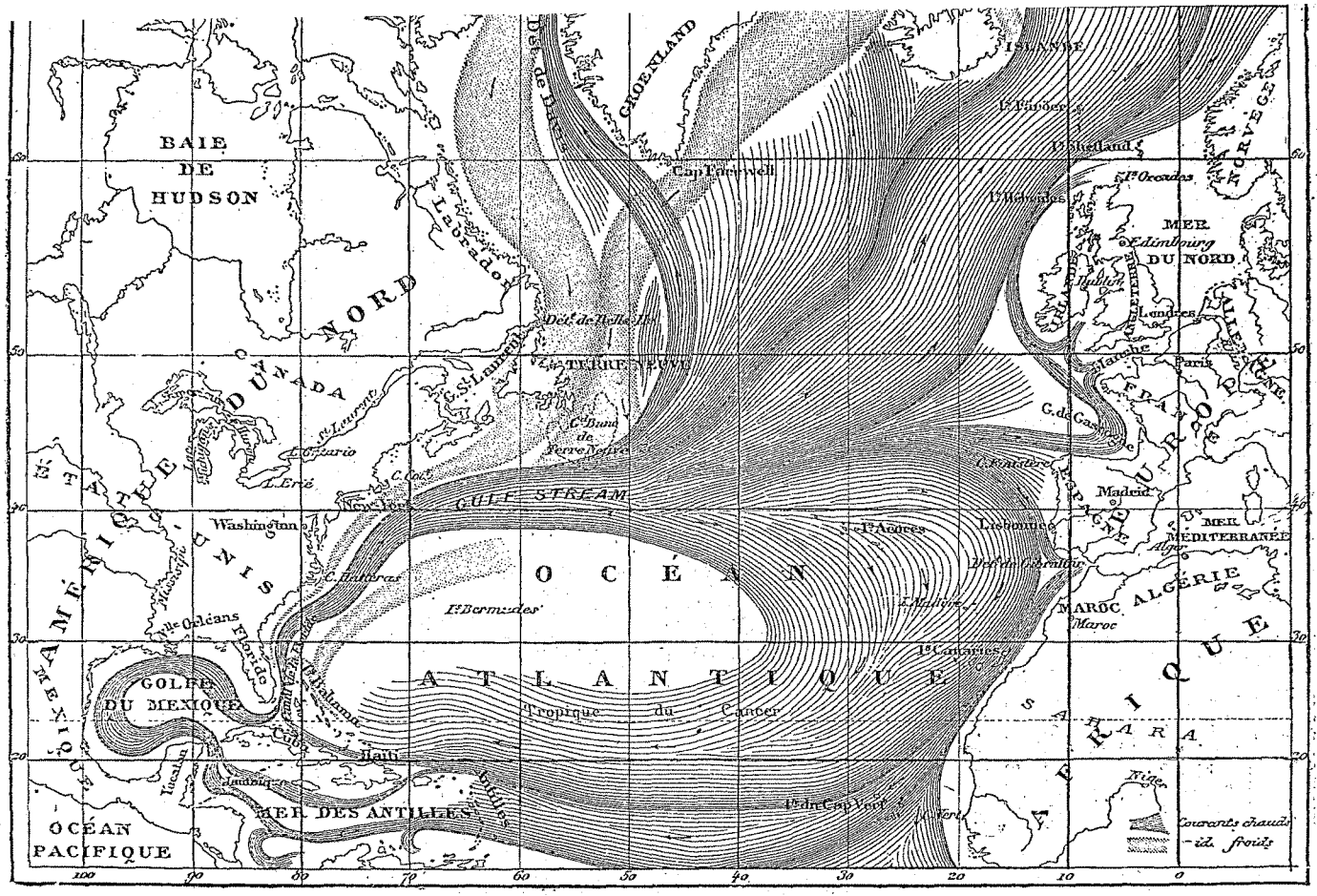
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sente pas la millième partie du volume des eaux qu'il déplace. Depuis le golfe jusqu'aux côtes de la Caroline, elles sont couleur d'indigo foncé, et la ligne de séparation avec les eaux de l'Océan est parfaitement visible. Souvent on peut voir, quand la mer est tranquille, l'avant d'un navire faire jaillir les eaux bleues du courant, tandis que l'arrière est encore dans les eaux vertes qui le contiennent. »

La carte ci-contre permet de suivre le cours du Gulf-Stream. Entre l'île de Cuba et la pointe de la Floride, le courant sort du golfe du Mexique et vient rencontrer les îles et les bancs de Bahama. Arrêté par cet obstacle, il entre dans le canal de la Floride, qu'il remplit presque complètement, le parcourt du sud au nord et débouche dans l'Atlantique : sa largeur est alors de 60 kilomètres et sa profondeur de 370 mètres; quant à sa vitesse, elle varie de 6 à 8 kilomètres à l'heure. La température de ses eaux est à ce moment de 30 degrés; leur masse dépasse 33 millions de mètres cubes par seconde, c'est-à-dire plus de 2000 fois le débit du Mississipi. Est-il dès lors possible d'attribuer, ainsi qu'on l'a fait quelquefois, l'origine du Gulf-Stream à l'impulsion donnée aux eaux du golfe du Mexique par le courant du grand fleuve qui s'y jette?

Au sortir du canal de la Floride, le Gulf-Stream prend la direction du nord-est, et suit à distance la côte américaine jusqu'à la latitude de New-York. Pendant ce parcours, sa largeur augmente et sa profondeur diminue : en face du cap Hatteras, il n'a plus que 220 mètres de profondeur; mais sa largeur est de 125 kilomètres. Depuis le détroit de Bemini, la couche d'eau froide qui forme le fond de son lit s'est donc rapprochée du niveau de l'océan et relevée de plus de 150 mètres. Si le Gulf-Stream a été comparé à un fleuve, il faut reconnaître qu'il a des allures différentes de nos fleuves terrestres, puisqu'il remonte le long de son lit, au lieu d'obéir constamment à l'action de la pesanteur. Quelle puissance doit donc entraîner cette masse d'eau, quelle force doit la pousser d'une manière irrésistible, pour qu'elle ait encore, après avoir gravi ces 150 mètres, une vitesse de plus de 5 kilo-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



COURANTS MARINS DANS L'ATLANTIQUE SEPTENTRIONAL.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

mètres à l'heure. Le mouvement ascensionnel du Gulf-Stream est du reste général : jusqu'à ses dernières limites, le courant se rapproche de plus en plus de la surface et s'amincit en s'élargissant. C'est ainsi qu'il arrivera, plus loin, à recouvrir toute l'étendue qui sépare les Açores de l'Islande.

Au large de New-York et du cap Cod, le courant prend nettement la direction de l'est, passe au sud du banc de Terre-Neuve et s'élance, à travers l'Atlantique, vers les côtes de l'Europe. C'est précisément à l'endroit où s'opère ce changement de direction, qu'a lieu la rencontre du courant chaud venu des mers tropicales et du courant froid descendant des mers glaciales. Là viennent se fondre, au contact des eaux chaudes du Gulf-Stream, les icebergs et les banquises du pôle nord; là se déposent, au fond des eaux, les roches, les pierres et les matières terreuses que les glaces flottantes apportent avec elles. Ces débris accumulés ont formé les bancs de Terre-Neuve, qui ne seraient, pour ainsi dire, que les *moraines frontales* (voir page 238) des glaciers du Groenland. Pendant que le Gulf-Stream marche vers l'est, les eaux froides et plus lourdes du courant polaire poursuivent leur route vers le midi, passent sous le courant chaud et, s'enfonçant à des profondeurs de plus en plus grandes, lui servent de lit jusque dans les régions tropicales de l'Atlantique. Une partie cependant du courant polaire se maintient à la surface de l'Océan, glisse le long de la côte américaine et forme la rive gauche du Gulf-Stream.

Dans leur long parcours depuis le canal de la Floride jusqu'au banc de Terre-Neuve, les eaux échauffées dans le golfe du Mexique se sont sensiblement refroidies. Leur température est cependant encore de 20 à 25 degrés, et dépasse de 12 à 15 degrés celle des eaux environnantes. Si la chaleur cachée dans les eaux de ce prodigieux courant pouvait être utilisée, elle serait suffisante pour maintenir en activité une fournaise, d'où sortirait un fleuve ininterrompu de fonte en fusion, aussi large que l'Amazone ou le Mississipi. Cette masse de chaleur n'est pas perdue; le Gulf-Stream va se charger de la distribuer et de la répartir entre les diverses

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

régions des océans du nord, car, en quittant les parages de Terre-Neuve, il s'étale de plus en plus et se divise en plusieurs branches.

L'une d'elles, la plus occidentale, s'élève droit vers le nord, dans la direction du cap Farewell, s'engage dans le détroit de Davis, et vient tempérer la rigueur du climat sur la côte occidentale du Groenland.

La seconde, la plus importante de toutes, part du banc de Terre-Neuve et se dirige vers le nord-est, avec une vitesse de 35 à 40 kilomètres par jour : elle baigne d'un côté les côtes de l'Islande, de l'autre celles de l'Irlande, de l'Écosse et de la Scandinavie. Après avoir dépassé le cap Nord, le courant chaud se bifurque : ses deux parties viennent toucher, l'une la Nouvelle-Zemble, l'autre le Spitzberg, et finissent par se perdre dans la mer Glaciale. Cet énorme courant d'eau tiède couvre presque toute la surface de l'Atlantique nord. Au mois de janvier, par une latitude de 50 degrés, ses eaux ont une température d'environ 12 degrés, tandis que les portions de la Russie situées sur le même parallèle subissent, à ce moment, des froids de 30 et 35 degrés au-dessous de 0°. Aussi le climat des contrées voisines de l'océan se trouve-t-il profondément modifié par le passage du Gulf-Stream.

Sur la côte d'Irlande, le myrte fleurit, comme sur les bords de la Méditerranée; l'hiver est aussi doux qu'à Naples ou à Athènes; les eaux tièdes de la mer dégagent d'abondantes vapeurs qui entretiennent dans l'atmosphère une humidité continuelle. Aussi les prairies, et même les bois ou les jardins, sont-ils constamment recouverts de cette végétation verdoyante qui a valu à l'île sœur de la Grande-Bretagne les noms de *Verte Érin* ou d'*Émeraude des mers*. Traversons l'Atlantique, et nous trouvons, en face de l'Irlande, le Labrador, qui, baigné par le courant polaire, est enseveli sous les glaces et les neiges.

Grâce aux courants venus des mers tropicales, la côte septentrionale de l'Écosse est plus chaude que la partie méridionale de l'Angleterre; et dans l'île de Tresco, l'une des Sorlingues, les yuccas et autres plantes tropicales poussent en plein air, tandis

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

que les Açores, à 1000 kilomètres plus près de l'équateur, sont encore en dehors de la limite de végétation naturelle des palmiers.

Les effets du Gulf-Stream ne sont pas moins sensibles dans les pays plus voisins du pôle auxquels il apporte sa chaleur. Les hivers de l'Islande (Ice-Land, la terre des glaces) sont moins rigoureux que ceux du Danemark. Au cap Nord, la pointe extrême de la Scandinavie, où le soleil reste un mois au-dessous de l'horizon, il fait moins froid qu'à Christiania, située à 300 lieues vers le midi. La température de la mer en janvier y est de plus de 3 degrés, et dépasse celle de Vevey, sur le lac de Genève, ou celle de Venise, sur l'Adriatique. Aussi le port d'Hammerfest, voisin du cap Nord et situé par 71 degrés de latitude, n'est-il jamais fermé par les glaces, tandis que, sur le même parallèle, la température de la baie de Baffin est de 25 degrés au-dessous de zéro. On comprend alors comment les baleines franches, habituées aux eaux froides des mers polaires, reculent devant le Gulf-Stream comme devant une barrière de flammes.

Une dernière branche du Gulf-Stream est celle qui, du banc de Terre-Neuve, continue sa route vers l'est et vient baigner les côtes du Portugal et du Maroc. Cette portion du courant tourne alors sur elle-même du côté du midi, et finit par se confondre avec le grand courant tropical de l'Atlantique, dirigé de l'est à l'ouest. C'est ce dernier qui, rencontré par Christophe Colomb pendant sa navigation, le porta vers l'Amérique. Il aboutit à la mer des Antilles, dans laquelle il pénètre, et entre finalement dans le golfe du Mexique. Cette vaste chaudière est ainsi constamment alimentée : les eaux, après s'y être échauffées aux rayons du soleil des tropiques, s'échappent par le canal de la Floride pour aller fondre les glaces du pôle, et portent dans le nord la chaleur qu'elles ont accumulée. On serait presque tenté d'établir une comparaison entre le grand courant de l'Atlantique septentrional et ces appareils à circulation d'eau chaude employés pour le chauffage des grands édifices. Le Gulf-Stream serait un calorifère destiné à chauffer une partie du globe terrestre et pour lequel le soleil ferait les frais du combustible.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

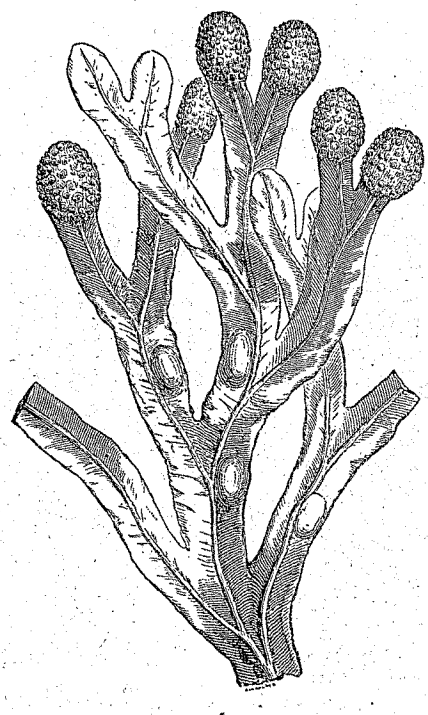
En examinant les directions suivies par le Gulf-Stream, d'une part, et le grand courant de l'Atlantique, de l'autre, on voit qu'il existe, au milieu de l'Océan, un vaste espace autour duquel les eaux sont animées d'un mouvement giratoire. Jetez dans un baquet quelques brins de paille, et imprimez un mouvement de rotation à l'eau contenue dans le vase, vous verrez tous les corps

AVENUE DE YUCCAS, A L'ILE TRESCO.

flottants se réunir vers le centre. Le même effet se produit dans l'Atlantique; la portion de l'Océan limitée par les Açores, les îles Canaries et les îles du Cap-Vert est couverte sur une immense étendue de végétaux flottants, nommés communément *Raisins du Tropique :* c'est la *Mer des Sargasses*. Elle s'étend sur un espace de plus de 15 degrés dans les deux sens, du nord au sud et de l'est à l'ouest : sa superficie est d'environ 3 millions

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

de kilomètres carrés. Le Sargasse (*Fucus natans*, *Sargassum bacciferum*) est une algue dont la tige ramifiée est bordée d'une membrane dentelée ressemblant à une feuille; aux extrémités des tiges sont des renflements remplis d'air : ils permettent à la plante de flotter et simulent des baies ou des grains de raisin. Quand les compagnons de Christophe Colomb virent ces algues, ils crurent qu'elles marquaient la limite de la végétation et en furent fort effrayés. On croirait qu'elles sont assez compactes pour qu'on puisse y marcher; mais, en réalité, la couche d'algues est toute superficielle, et l'avant d'un navire la divise, sans que la marche du vaisseau soit sensiblement retardée. A la surface de l'eau, les sargasses se rassemblent et forment des traînées, des espèces d'îlots aux contours variables, quelquefois même de véritables prairies ayant plusieurs hectares de superficie. Les vents et les tempêtes déplacent légèrement la mer des Sargasses; mais elle reprend peu à peu la même position. Plus près des Antilles, vers l'ouest, existe une autre mer des Sargasses, mais elle est moins étendue que celle des parages açoriens. Les herbes qui la couvrent, entraînées par les courants, s'en vont en longues processions à travers les détroits qui séparent les Antilles.



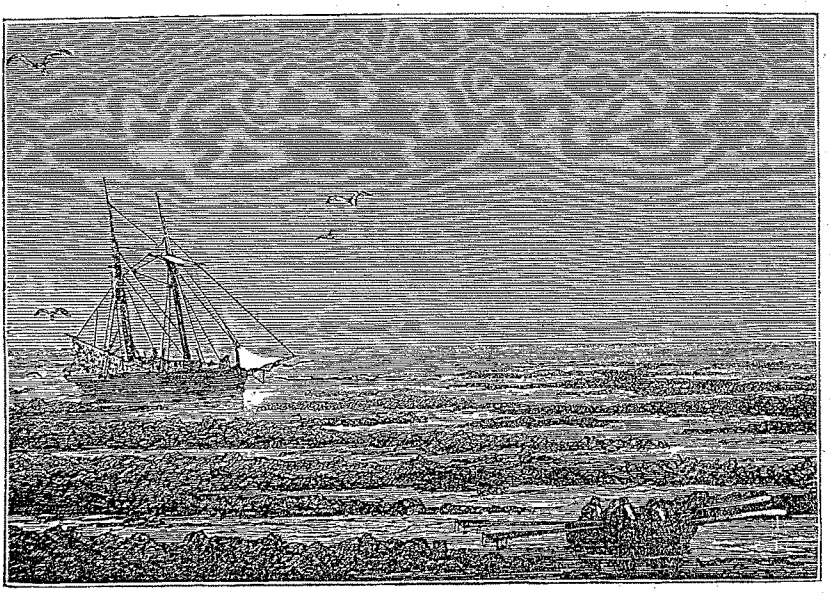
VARECH VÉSICULEUX.

Si le Gulf-Stream joue un rôle bienfaisant dans la distribution de la chaleur aux pays voisins de l'Océan, il n'a pas une importance moindre au point de vue de la navigation sur l'Atlantique septentrional. Les marins savent aujourd'hui tenir compte et

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

même profiter de la direction et de la force du courant pour la rapidité des traversées entre la France et l'Amérique. S'agit-il de déterminer la position exacte d'un navire sur la surface de l'océan, le marin ne commet plus d'erreur, car il connaît et évalue la dérive éprouvée par son vaisseau, dès qu'il flotte sur les eaux mobiles du courant.

« L'approche de la côte des États-Unis en hiver est, dit Maury, l'un des atterrissages les plus pénibles et les plus dangereux



LA MER DES SARGASSES, AUX ANTILLES.

que l'on puisse rencontrer en navigation; mais, avant qu'on ne connût le phénomène du Gulf-Stream et la chaleur constante de ses eaux, ce danger et cette difficulté étaient encore plus considérables qu'aujourd'hui. On sait en effet que le marin est exposé à recevoir sur cette côte des tempêtes de neige et des coups de vent qui défient toute son expérience et toute son habileté; en quelques instants il voit son navire pour ainsi dire transformé en une masse de glace, son équipage engourdi et hors d'état de manœuvrer, et le gouvernail reste son unique ressource; c'est alors qu'il va chercher le Gulf-Stream, et que

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

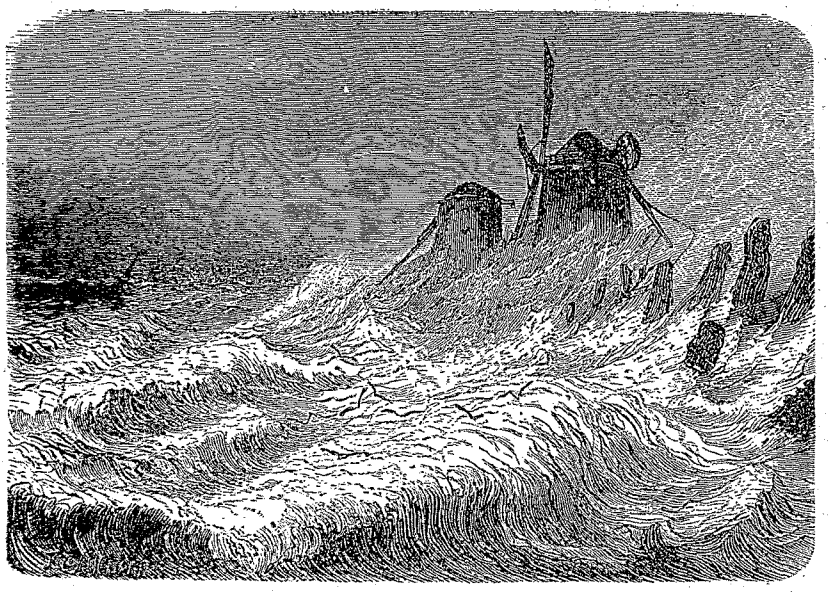
la scène, en quelques heures, change comme par enchantement : il semble que l'on ait passé de l'hiver à l'été; la glace fondue se détache du gréement, une chaleur bienfaisante rend aux matelots l'ardeur et la force qui les avaient abandonnés, et notre marin peut de nouveau essayer d'atteindre le port; peut-être échouera-t-il encore cette fois, mais, à chaque tentative infructueuse pour gagner dans le nord-ouest, toujours le Gulf-Stream sera là et lui permettra, comme à un autre Antée, de reprendre de nouvelles forces, jusqu'à ce qu'enfin, triomphant des éléments, il gagne le port tant désiré. »

Les parages du Gulf-Stream offrent des dangers d'une nature particulière. Lorqu'un ruisseau d'eau chaude, sortant d'une usine ou d'un établissement de bains, coule en hiver dans les rues d'une ville, on voit une épaisse buée se dégager sur tout son parcours. Le même effet se produit au-dessus de la nappe du Gulf-Stream, quand il pénètre dans des régions froides : aussi les approches du courant sont-elles signalées par des brouillards d'une extrême intensité. Les navires ne peuvent alors s'apercevoir même à une faible distance; le son de la cloche agitée à de fréquents intervalles, les sifflements presque continuels ou le beuglement de la sirène des steamers sont amortis par l'épaisseur de la brume, et la lueur des feux constamment allumés ne parvient pas à la percer; dans ces conditions, des abordages désastreux sont à redouter, surtout sur les lignes de navigation les plus fréquentées. Combien d'accidents dont on possède les tristes relations, sans compter ceux dont l'Océan a gardé le secret!

Le Gulf-Stream a mauvaise réputation auprès des marins; pour eux, il est le *père des vents* ou le *roi de la tempête* dans l'Atlantique nord. Aux brumes de Terre-Neuve viennent s'ajouter de furieux coups de vent. Le voisinage d'une surface froide et d'une surface chaude répandant d'abondantes vapeurs est pour l'atmosphère la cause de fréquentes perturbations. Aussi tout ce que les vents en fureur peuvent produire se fait sentir sur le Gulf-Stream ou sur ses environs. La tempête souffle-t-elle du nord, le courant est retardé; les eaux refluent vers leur source; leur niveau s'élève

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

dans le canal de la Floride et même dans le golfe du Mexique. Un jour, par un de ces coups de vent, un navire parvient à mouiller dans le canal; le calme rétabli, il se trouve en terre ferme : il avait jeté l'ancre dans les arbres d'une de ces îles (*Elliots Cay*) qu'on nomme les clefs de la Floride. La grande tempête de 1780 est restée célèbre. La mer fut absolument démontée : les vagues envahirent des forts et en dispersèrent les canons. Les maisons furent rasées, les arbres emportés; 20 000 personnes périrent; 2 vais-



TEMPÊTE A SAINT-MALO.

seaux de guerre et plus de 50 navires de commerce furent mis en pièces. Dans cette fureur des éléments, les vagues prennent d'énormes dimensions, à cause de la lutte entre le courant qui marche dans un sens et le vent qui souffle dans une autre direction. En 1853, le vapeur *San Francisco* emmenait un régiment des États-Unis; une tempête l'assaillit dans le Gulf-Stream, et un seul coup de mer, qui balaya le pont, enleva cent vingt-neuf personnes.

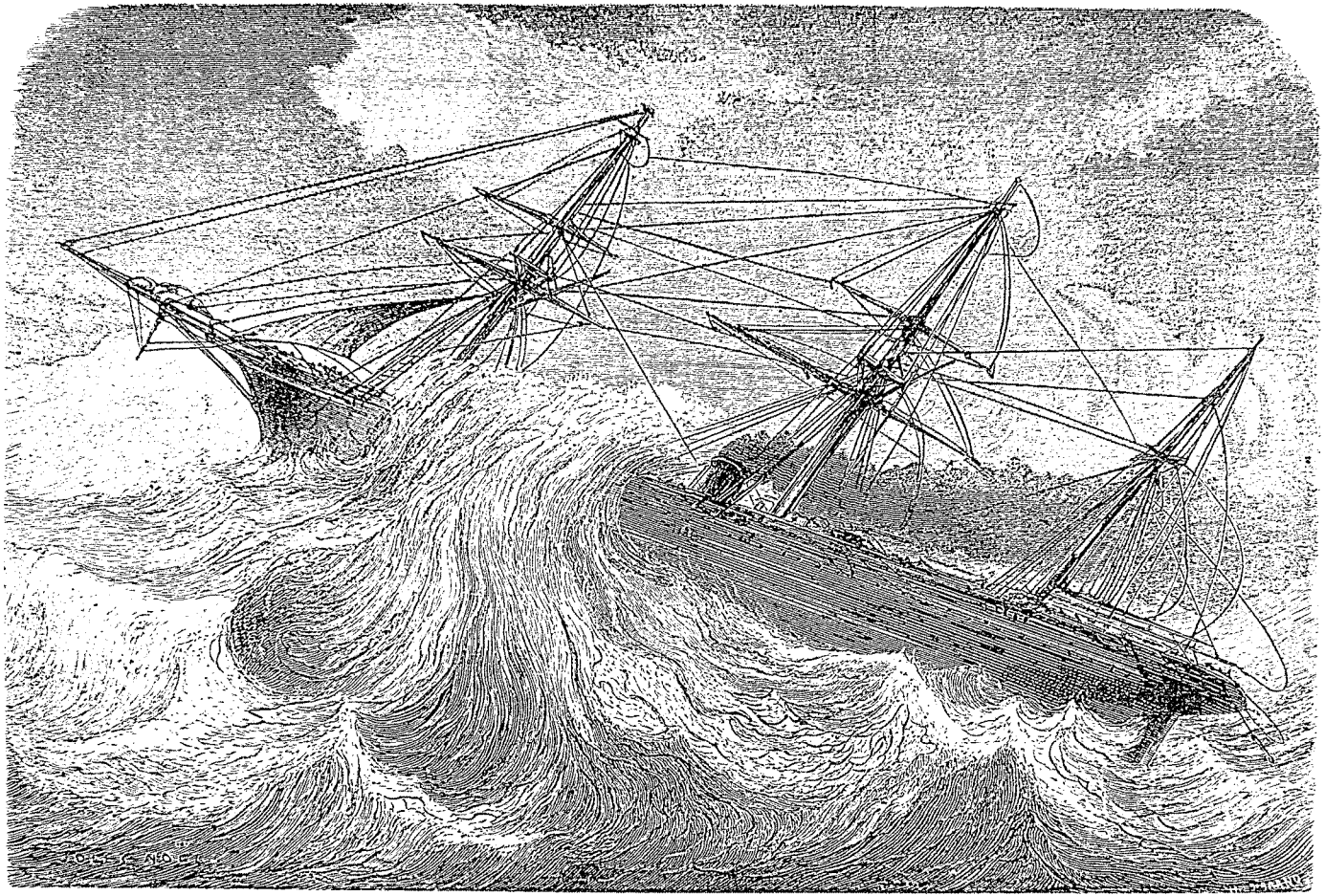
La clémence de l'hiver en 1868-1869 fut remarquable sur les côtes d'Europe, et ce changement fut attribué à une modification dans la direction du Gulf-Stream, qui se serait rapproché davan-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

tage des côtes d'Angleterre. Mais, en même temps, une recrudescence se fit sentir dans les bourrasques et les coups de vent. Sur les côtes de Bretagne, vers Saint-Malo, une mer furieuse envahit plusieurs kilomètres carrés de surface. Le trois-mâts *la Lerida* vint se briser près des jetées du Havre : grâce aux lignes qui purent lui être jetées et aux efforts des sauveteurs, il ne perdit que deux hommes de son équipage. De violentes tempêtes traversèrent l'Atlantique et soulevèrent les vagues à une hauteur énorme. Le paquebot *Pereire*, parti de France, le 16 janvier, à destination de New-York, fut assailli, quatre jours après, par une lame monstrueuse dont la masse a été évaluée à 700 tonnes d'eau. Le navire portait 200 passagers et 500 tonnes de marchandises : il ne dut son salut qu'à la solidité de sa construction, à l'énergique sang-froid du capitaine Duchesne et à l'habileté de la manœuvre. A la suite de ce formidable coup de mer qui pouvait faire sombrer le vaisseau, vingt et un blessés et quatre morts furent trouvés au milieu de débris de toutes sortes : deux des personnes embarquées disparurent en outre, emportées par la mer.

Au Gulf-Stream, courant chaud dirigé vers le nord et obliquant vers l'est par l'effet de la rotation de la terre, doit correspondre, d'après la théorie de Maury, un courant froid venu de l'océan Glacial et marchant vers le sud-ouest. L'immense étendue de l'océan Arctique communique avec le Pacifique seulement par le détroit de Behring : aucun courant ne peut s'établir dans cet étroit passage. Mais, par tout l'espace compris de la Scandinavie au Groenland, une large circulation existe, au contraire, entre les mers polaires et l'Atlantique. L'Islande, jetée dans cet immense canal, sépare les eaux qui entrent dans l'océan Glacial de celles qui en sortent. Trois courants froids descendent du pôle : le premier passe entre la Nouvelle-Zemble et le Spitzberg; le second, entre ce dernier et le Groenland; quant au troisième, il parcourt la mer de Baffin, longe la côte du Labrador et pénètre jusqu'au banc de Terre-Neuve. Chacun d'eux vient rencontrer le

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LE PAQUEBOT « PEREIRE » RECEVANT UNE LAME.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Gulf-Stream et amène au contact de ses eaux chaudes les banquises des mers polaires et les icebergs de leurs glaciers. L'excès de la chaleur des tropiques fait alors disparaître, en peu de temps, les glaces produites par les froids du pôle. Admirable harmonie de la nature, en vertu de laquelle se trouve compensée l'inégale distribution de la chaleur aux différents points du globe!

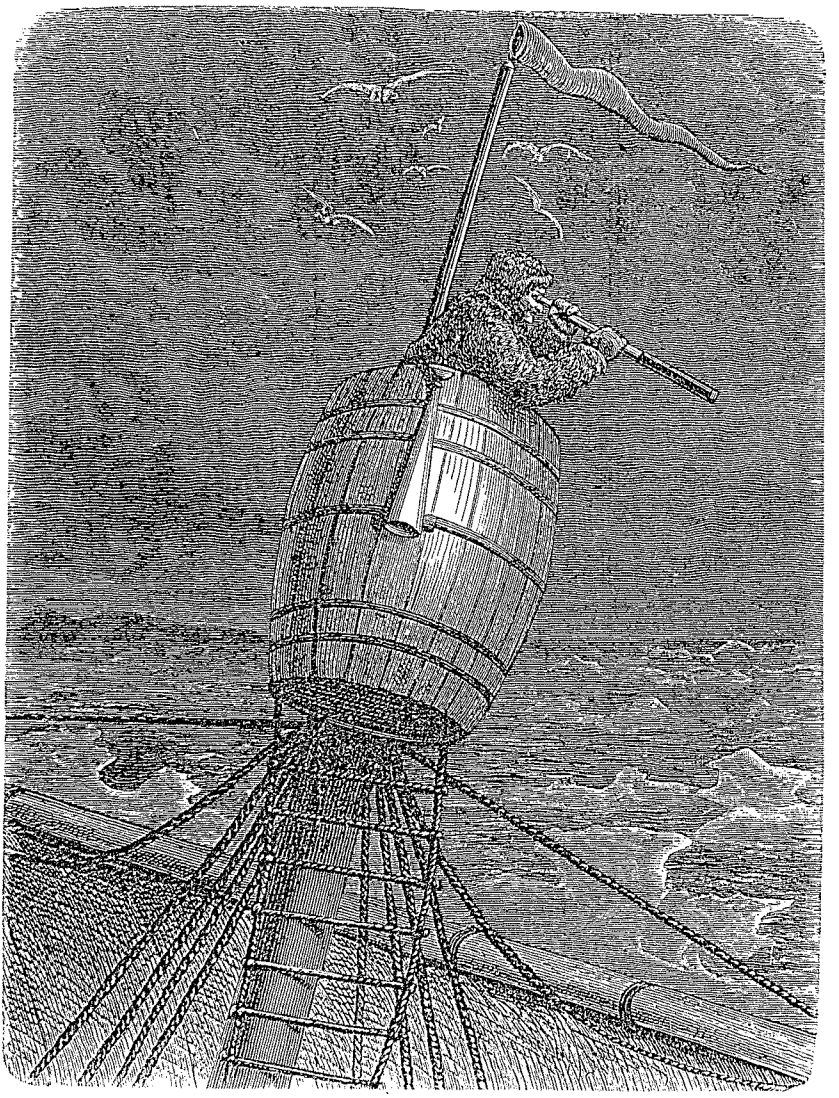
Des premiers jours de mars aux mois de juillet et d'août, les parages de Terre-Neuve sont envahis par les montagnes de glace dont les longues processions rendent la navigation fort dangereuse dans ces parages. Même quand la brume les cache, leur voisinage se reconnaît à des caractères certains. « Un froid brouillard pèse sur la mer, vous morfond et vous couvre de givre. Les cordages se raidissent, les voiles s'immobilisent; le pont est glissant de verglas, la manœuvre difficile. Au haut du mât, dans sa logette, chargé de frimas, le veilleur, vraie stalactite vivante, signale de moment en moment l'arrivée d'un nouvel ennemi, d'un blanc fantôme gigantesque qui a souvent 80 ou 100 mètres au-dessus de l'eau. »

Ce mouvement des glaces est général : dans les innombrables détroits qui aboutissent à la mer de Baffin, les courants et par suite les banquises se déplacent toujours de manière à se rapprocher des régions plus chaudes. Cependant ces courants n'ont pas une très grande épaisseur et, au-dessous, il s'en trouve souvent qui marchent en sens inverse : aussi les plus grands icebergs, dont la portion plongée descend à plusieurs centaines de mètres de profondeur, peuvent-ils quelquefois être entraînés par les courants inférieurs, et marcher dans une direction tout autre que celle du courant général qui emporte les banquises.

Deux navires américains, envoyés à la recherche de sir John Franklin, marchaient de conserve dans le canal de Wellington : pendant qu'ils luttaient péniblement contre un courant de surface dirigé vers le sud, un immense iceberg passa près d'eux en remontant vers le nord et, en quelques instants, les devança dans leur marche. Le 22 février 1826, le capitaine baleinier Duncan, dont le navire était emprisonné dans la banquise, descendait avec

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

elle le courant polaire, quand il aperçut dans le sud un gigantesque iceberg. Le lendemain, vers midi, la rencontre eut lieu, et



LA VIGIE SIGNALANT LES ICEBERGS.

la surface glacée fut brisée sur une étendue de plusieurs kilomètres. Le choc de la montagne de glace et de la banquise produisit un bruit comparable à la décharge de cent pièces d'artillerie. Le navire semblait voué à une perte certaine, car l'iceberg

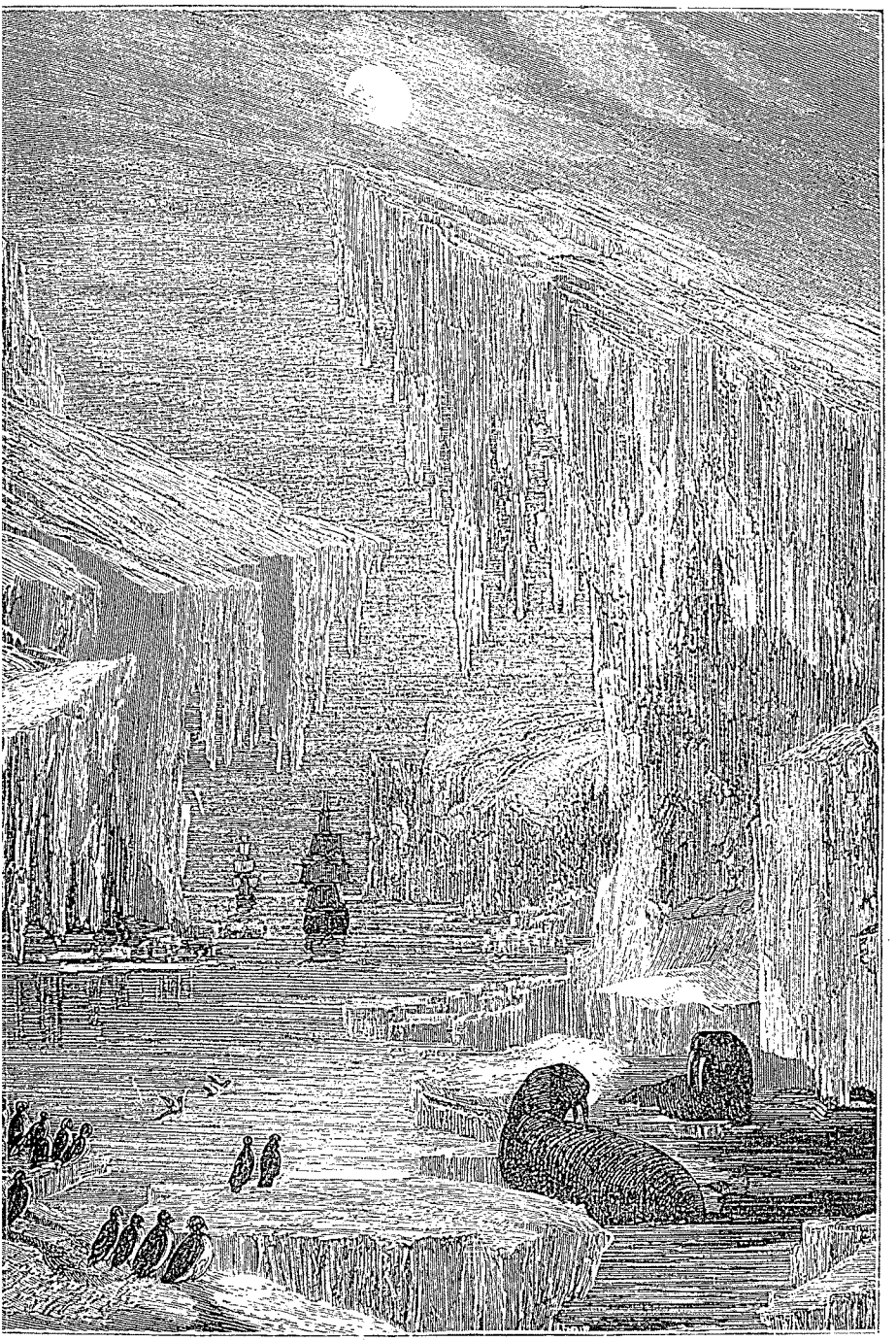
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

passa très près de son arrière; il n'en était séparé que par des masses de glace brisées lors du premier choc et agglomérées par le fait de cette énorme pression. Mais l'iceberg, continuant à se mouvoir avec une vitesse de plus de 6 kilomètres à l'heure, poursuivit sa route vers le nord-est et finit par disparaître.

On rencontre dans l'océan Pacifique un courant qui présente de nombreuses analogies avec le Gulf-Stream : c'est le *Kuro-Sivo* ou *fleuve noir* des navigateurs japonais. Il prend sa source dans le grand courant équatorial qui, à la hauteur des Philippines, se recourbe, prend la direction du nord et vient longer les côtes du Japon. Sous l'influence de l'impulsion que la rotation de la terre lui a donnée, le Kuro-Sivo, comme le Gulf-Stream, s'infléchit vers l'est, traverse le Pacifique et vient rencontrer les îles Aléoutiennes et les côtes de la Californie. La faible largeur du détroit de Behring ne lui permet d'envoyer aux mers polaires qu'une branche de peu d'importance, et la masse presque tout entière du courant se porte vers l'Amérique. C'est grâce à lui que les navigateurs chinois ont pu découvrir le Nouveau Monde, dix siècles avant Christophe Colomb : peut-être même l'ont-ils fait involontairement, car le Kuro-Sivo jette sur la côte américaine toutes les épaves du Pacifique nord. C'est un courant chaud, dont les eaux d'un bleu foncé ont une température de 24 degrés environ. Au nord du Japon, il rencontre un courant froid sortant de la mer d'Okhotsk et produit alors des brouillards comparables à ceux de Terre-Neuve. L'analogie du Kuro-Sivo et du Gulf-Stream est complétée par l'existence d'une mer de sargasses dans la portion du Pacifique autour de laquelle tournent le fleuve noir et le courant équatorial.

Dans l'océan Indien, le courant équatorial, dirigé toujours de l'est à l'ouest, vient rencontrer la côte d'Afrique et s'engouffre, sous le nom de courant de Mozambique, entre le continent et l'île de Madagascar. Dans ce canal étroit sa vitesse est considérable et atteint 7 kilomètres à l'heure. Il en sort pour aller se jeter dans les mers glacées qui environnent le pôle sud.

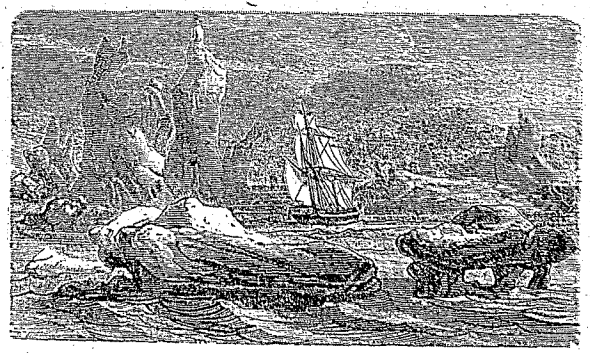
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



L' « EREBUS » ET LA « TERROR » AU MILIEU DES GLACES ANTARCTIQUES.

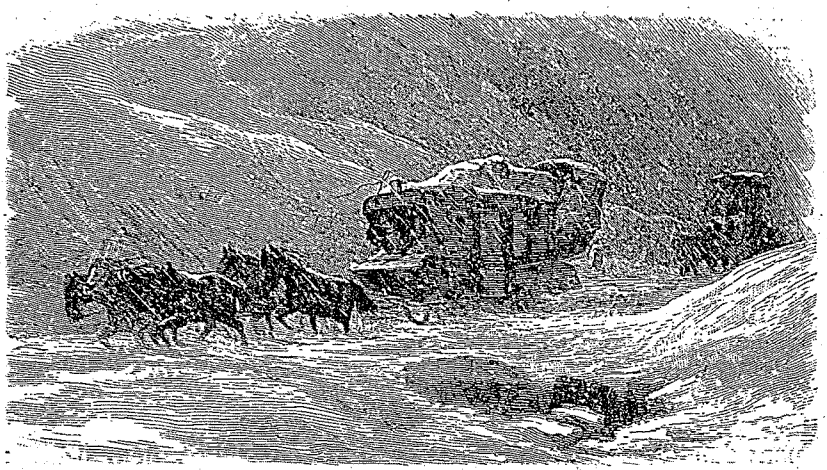
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

L'océan Glacial antarctique, communiquant largement avec les trois océans, leur envoie des courants d'eau froide. L'un d'eux pénètre dans l'Atlantique en suivant la côte orientale d'Afrique; un second longe l'Australie et entre dans l'océan Indien; le troisième, le plus important, se jette dans le Pacifique et baigne les parties orientales de l'Amérique du Sud. Ce courant, nommé *courant de Humboldt*, n'a pas moins de 1200 mètres de profondeur et possède une vitesse de 25 à 30 kilomètres par jour. Il rafraîchit les côtes du Chili et du Pérou, et tempère le climat de ce dernier pays, où les pluies sont si rares : à la hauteur de Callao et de Guayaquil, en pleine zone torride, la température de ses eaux ne dépasse pas 15 degrés, tandis que celle des mers environnantes est de 25 à 30 degrés. C'est par le courant de Humboldt que s'échappent les banquises et les montagnes de glace des terres antarctiques En 1838, James Ross, lieutenant de John Ross, l'explorateur du pôle nord, partit pour les mers australes avec un armement modèle. Ses deux navires, l'*Erebus* et la *Terror*, avec leurs fortes machines, leurs scies, leurs éperons d'acier, fendirent la ceinture de glace et trouvèrent, derrière la croûte glacée, une mer remplie de phoques, d'oiseaux, de baleines. Un volcan de 4000 mètres, aussi haut que l'Etna, était en éruption : c'était bien la terre, mais sans végétation, une masse de granit formant une sorte de noyau des glaces antarctiques.



DANS LES GLACES.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



UNE ROUTE DE MONTAGNE EN HIVER.

CHAPITRE II

L'EAU DANS L'ATMOSPHÈRE

I. — L'HUMIDITÉ DE L'AIR

Versez un peu d'eau dans une assiette que vous placerez en plein air par un beau temps; vous verrez, au bout d'un jour ou deux, que la quantité d'eau contenue dans l'assiette aura sensiblement diminué. Il semble que l'air boive l'eau peu à peu : il finirait même par la boire complètement, surtout si le liquide recevait les rayons brûlants d'un soleil d'été. Qu'est devenue cette eau? Elle s'est répandue dans l'atmosphère; elle s'est disséminée dans l'air sous la forme d'une vapeur invisible: Cette transformation de l'eau, cette *évaporation* ne se produit d'ailleurs qu'à la surface : aussi est-elle d'autant plus rapide que la surface exposée à l'air est plus considérable. En veut-on une preuve? Qu'au lieu de mettre l'eau

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

dans une assiette, on en imbibe un large morceau de toile et qu'on expose celui-ci à l'air, il se dessèche rapidement et l'eau disparaît en vapeurs bien plus vite que dans le premier cas.

Ce que nous venons d'observer en petit se produit en grand dans la nature. La terre humide se dessèche à l'air, au moins à la surface : l'évaporation s'arrête, en effet, dès que la couche superficielle du sol a perdu son humidité; et, même dans les régions brûlantes des tropiques, avant la saison des pluies, on trouve, à cinquante ou soixante centimètres de profondeur, la terre assez imprégnée d'eau pour fournir aux plantes leur nourriture habituelle. Les ruisseaux, les rivières et les lacs versent constamment dans l'atmosphère une ample provision de vapeur d'eau : on les voit même, dans les pays chauds, se tarir complètement lorsqu'ils ne sont pas suffisamment alimentés. Mais cette évaporation est peu de chose, et n'apporte à l'air qu'une quantité de vapeur d'eau presque négligeable, en comparaison de celle qui s'échappe incessamment de la surface de l'océan.

Lorsque, desséchés et échauffés par leur passage sur une vaste étendue de terre aride, les vents arrivent à la mer, ils la boivent avec avidité. La quantité d'eau enlevée ainsi à l'océan par l'évaporation est tellement considérable, que, si elle ne lui était pas rendue, le niveau des mers s'abaisserait de plus d'un mètre par an. Des millions de tonnes d'eau s'échappent à chaque instant de l'océan liquide, pour pénétrer dans l'océan atmosphérique. Emportées par les courants de l'air, tantôt doucement, tantôt avec une vitesse vertigineuse, ces eaux prennent une nouvelle vie, la *vie aérienne*, jusqu'au jour où, à l'état de pluie et de neige, elles retombent sur la terre ou dans l'océan lui-même.

Si l'air qui souffle à la surface de la mer lui enlève de l'eau sous forme de vapeurs, il ne saurait s'en charger outre mesure. Le poids de vapeur d'eau que peut contenir un même volume d'air est limité, lorsque la température de cet air reste invariable; mais il augmente pour chaque degré de l'échelle thermométrique. L'évaporation, fort abondante pour les mers les plus chaudes, celles de la zone torride, devient donc de moins en moins active, à

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

mesure que l'on se rapproche des régions plus froides du globe terrestre. Nous savons, d'autre part, que la transformation de l'eau en vapeur ne peut se faire sans une consommation considérable de chaleur. Chaque litre d'eau qui passe de l'état liquide à celui de vapeur absorbe plus de 500 calories : il les prend aux corps environnants au moment où il s'évapore, les emmagasine, les conserve et les transporte avec lui, tant qu'il reste à l'état de vapeur. Celle-ci vient-elle à se condenser, la chaleur qu'elle avait absorbée se dégage en même temps, renaît, pour ainsi dire, et réchauffe les points où se produit la condensation. La vie aérienne des eaux, leur transport d'un point à l'autre du globe à travers l'atmosphère est donc, en même temps, un transport de chaleur : semblable aux courants marins, la vapeur enlève de la chaleur aux mers les plus exposées aux ardeurs du soleil, l'emporte et la distribue dans les climats moins favorisés.

On voit par ce qui précède quel rôle important l'atmosphère joue dans la circulation générale des eaux. Cette masse gazeuse, transparente, invisible, semble à peine faire partie de la terre; elle l'enveloppe cependant de toutes parts, et l'accompagne fidèlement dans sa rotation et dans son mouvement de translation autour du soleil. Quand on considère l'extrême mobilité de l'air, on se demande par quelle force il peut être retenu autour du globe terrestre, et quelle cause mystérieuse l'empêche de s'échapper et de se répandre dans l'espace. Cette force, c'est l'attraction terrestre, c'est la pesanteur qui fait tomber l'air sur le sol, comme elle fait tomber la pluie, la neige ou la pomme qui se détache de l'arbre. L'atmosphère pèse de tout son poids sur la surface terrestre : aussi, bien que l'air soit très léger, la pression qu'il exerce sur le sol est énorme. L'observation du baromètre nous montre qu'elle équivaut au poids d'une couche de mercure de 76 centimètres d'épaisseur, c'est-à-dire à 10336 kilogrammes par mètre carré de surface. Rien n'est plus facile dès lors que de trouver le poids total de l'atmosphère; car l'on sait que la surface terrestre contient 510000 milliards de mètres carrés. En multi-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

pliant ces deux nombres l'un par l'autre, on trouve que l'atmosphère pèse 5 270 000 milliards de tonnes de 1000 kilogrammes. Celui qui voudrait peser l'atmosphère sur une balance, devrait placer dans le plateau opposé 594 000 poids en cuivre ayant chacun un kilomètre cube.

S'il est relativement facile de calculer le poids de l'atmosphère, il est beaucoup moins aisé de trouver sa hauteur. Il serait cependant fort intéressant de connaître exactement l'épaisseur de la couche d'air qui recouvre la terre : mais aucune observation directe ne peut être faite à cet égard. A mesure qu'on s'élève, la pression exercée sur les couches d'air par celles qui sont au-dessus devient de plus en plus petite, et la densité de l'air décroît dans la même proportion. Tandis qu'un litre d'air pris au niveau de la mer pèse 1^{gr},293, le même volume d'air ne pèse plus que 0^{gr},723 au sommet du mont Blanc. Cette décroissance de la densité de l'air complique beaucoup le calcul qui permettrait de déterminer la hauteur de l'atmosphère au moyen de son poids; d'autre part, elle rend impossible l'exploration des hautes régions de l'air : aussi pour déterminer la distance qui nous en sépare, sommes-nous réduits à l'observation de phénomènes lumineux, tels que les lueurs crépusculaires ou l'apparition des étoiles filantes. Les résultats trouvés varient de 70 à 400 kilomètres.

La hauteur véritable de l'atmosphère est donc encore mal connue; mais cela n'a pas grande importance pour notre sujet, car tous les phénomènes de la vie aérienne des eaux se passent dans des régions atmosphériques dont la hauteur ne dépasse guère une dizaine de kilomètres. En revanche, il est pour nous du plus grand intérêt de savoir quelle est la température de ces régions.

Tous les voyageurs qui ont parcouru les pays de montagnes savent que la température s'abaisse à mesure qu'on s'élève. C'est un fait général et qui s'observe même dans le cas de faibles différences de niveau. A Versailles, la température moyenne est un peu moindre qu'à Paris, situé seulement à 100 mètres plus

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

L'HIVER DANS LES MONTAGNES.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

bas : on aperçoit très bien la différence à l'époque où les arbres se couvrent de feuilles et de fleurs. En Suisse, la température moyenne est environ de 10 degrés au-dessus de 0° à une altitude de 360 mètres au-dessus du niveau de la mer; à 2000 mètres d'altitude, la température moyenne n'est plus que de 0°; elle s'abaisse à 10 degrés au-dessous de 0° quand on s'élève à 3600 mètres. En France, on estime que la diminution de la température est environ de 1 degré par 180 mètres d'élévation.

Il semble à beaucoup de personnes que les choses devraient se passer d'une façon contraire. Monter, c'est se rapprocher du soleil dont les rayons nous échauffent; et, par conséquent, les effets produits par cet astre devraient devenir plus sensibles quand on s'élève. Ceux qui raisonnent ainsi se font une idée fausse du rôle de l'air dans la transmission des rayons solaires. Pour qu'il y ait échauffement, il ne suffit pas qu'il y ait des rayons de chaleur; il faut qu'il soient reçus et absorbés par un corps matériel; s'ils ne font que passer, ils vont porter plus loin leur action bienfaisante. A Iakoutsk, en Sibérie, la neige fond sur les toits exposés au soleil, pendant que le mercure d'un thermomètre plongé dans l'air reste congelé. Quand la lumière pénètre dans une chambre par les carreaux d'une fenêtre, les parois de la chambre sont éclairées, mais les vitres ne deviennent pas lumineuses. L'air se comporte avec la chaleur comme le verre avec la lumière; il laisse passer la chaleur, sans devenir chaud lui-même. Il est *transparent* pour la chaleur; et cette transparence, cette limpidité est d'autant plus grande qu'il est moins dense et moins chargé de vapeur. Ce qui s'échauffe par la radiation solaire, c'est le sol, c'est la terre nue. Dans les régions inférieures de l'atmosphère, la chaleur solaire absorbée par le sol ne peut s'échapper et se communique à l'air, parce qu'il est épais, humide et par suite peu transparent : dans ces couches basses, l'air constitue pour le sol un véritable édredon, une sorte de coussin protecteur du refroidissement. Dans les régions élevées, où l'air est moins dense, plus sec et plus transparent, la chaleur des rayons solaires ne fait que le traverser sans

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

l'échauffer; s'agit-il d'une montagne ou d'un haut plateau, le sol s'échauffe, il est vrai, mais cette chaleur se perd dans l'espace, car elle ne saurait être retenue par l'atmosphère limpide qui recouvre ces hauteurs. Remarquons, en outre, que l'air s'échauffe quand on le comprime, et qu'il se refroidit lorsqu'on le dilate. Si donc l'air chaud des parties basses s'élève vers des régions plus hautes, il doit se refroidir, puisqu'il devient moins dense et, par conséquent, se dilate en s'élevant. Telles sont les causes pour lesquelles la température de l'atmosphère s'abaisse de plus en plus et atteint, aux limites supérieures de l'air, celle des espaces célestes, c'est-à-dire 250 à 300 degrés au-dessous de zéro.

L'air atmosphérique est un mélange de plusieurs fluides gazeux : l'azote, l'oxygène, l'acide carbonique et la vapeur d'eau : 79 centièmes d'azote, 21 centièmes d'oxygène, 4 à 6 dix-millièmes d'acide carbonique, constituent l'air normal. L'oxygène et l'acide carbonique sont les principes constitutifs les plus importants, au point de vue de la vie des animaux ou des plantes; quant à nous, c'est surtout de la vapeur d'eau que nous avons à nous occuper.

L'air est toujours plus ou moins humide; les observations les plus simples le prouvent. Une carafe d'eau fraîche apportée dans une chambre chaude se couvre bientôt d'une couche de rosée : ce n'est certainement pas l'eau contenue dans la carafe qui est sortie à travers ses parois; c'est la vapeur d'eau contenue dans l'air qui s'est condensée au contact de la surface refroidie du verre. Cette humidité de l'air n'a rien qui puisse étonner, lorsqu'on songe à la masse de vapeurs que l'évaporation de l'océan verse constamment dans l'atmosphère. On peut, au contraire, se demander si l'air n'est pas saturé de vapeur. Contient-il tout ce qu'il est capable d'en dissoudre, ou bien est-il tantôt plus sec, tantôt plus humide?

Il semblerait tout naturel, au premier abord, de définir le degré d'humidité de l'air par le poids d'eau contenu, sous forme de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

vapeur, dans un mètre cube d'air; mais ce résultat ne donnerait aucune idée de son rôle météorologique, car l'air peut être très sec ou très humide, tout en contenant le même poids de vapeur. Cela tient à ce que l'air ne peut dissoudre, à chaque température, qu'une quantité déterminée de vapeur : mis au contact de l'eau, il absorbe peu à peu la vapeur produite par l'évaporation, mais seulement jusqu'à une certaine limite; à force d'absorber la vapeur, il arrive un moment où il est *saturé*, c'est-à-dire incapable d'en recevoir une nouvelle dose, quelque abondante que soit la masse d'eau au contact de laquelle il se trouve. Un second point, très important pour l'intelligence des phénomènes météorologiques, c'est que la dose de vapeur capable de saturer l'air est variable avec la température et augmente rapidement quand celle-ci s'élève. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer les poids de vapeur renfermés dans un mètre cube d'air saturé entre — 20 degrés et + 35 degrés[1]; ils représentent le nombre de grammes de vapeur que ce volume d'air est capable de dissoudre à ces différentes températures.

TEMPÉRATURE.	POIDS DE VAPEUR dans 1 mètre cube D'AIR SATURÉ	TEMPÉRATURE.	POIDS DE VAPEUR dans 1 mètre cube D'AIR SATURÉ	TEMPÉRATURE.	POIDS DE VAPEUR dans 1 mètre cube D'AIR SATURÉ
DEGRÉS	GRAMMES	DEGRÉS	GRAMMES	DEGRÉS	GRAMMES
— 20	1,06	0	4,87	+ 20	17,15
— 15	1,57	+ 5	6,79	+ 25	22,83
— 10	2,30	+ 10	9,36	+ 30	29,41
— 5	3,36	+ 15	12,74	+ 35	39,24

On voit par là combien la capacité pour absorber la vapeur est faible dans l'air aux basses températures, et avec quelle rapidité

1. Rappelons, une fois pour toutes, que les signes — et + placés devant les degrés de température indiquent les températures inférieures ou supérieures au point de fusion de la glace : — 20° signifie 20 degrés au-dessous de 0°; + 35° représente une température de 35 degrés au-dessus de 0.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

elle s'accroît lorsque l'air devient plus chaud. L'air mis au contact de l'eau lui enlève de la vapeur jusqu'à ce qu'il soit saturé; un air sec est donc celui qui est capable d'absorber beaucoup de vapeur avant d'être saturé : la sécheresse de l'air, c'est l'éloignement de la saturation. Une fois saturé, l'air ne prend plus de vapeur; il ne provoque plus l'évaporation. Pour peu qu'il se refroidisse, il devient incapable de retenir la totalité de la vapeur qu'il contient : une portion de celle-ci redevient liquide, et apparaît sous forme de brouillard, de pluie ou de neige; l'air est très humide quand il est voisin de la saturation, et non quand il contient tel ou tel poids de vapeur. En résumé, ce qu'il faut connaître pour bien apprécier le rôle météorologique de l'air, c'est son rapprochement ou son éloignement de l'état de saturation; il faut comparer la quantité de vapeur qu'il contient à celle qu'il est capable d'absorber, à la même température: suivant qu'il en renfermera la moitié, les trois quarts ou les neuf dixièmes, l'air sera sec, humide ou très humide. Ce rapport, les physiciens l'appellent *état hygrométrique* : c'est lui que l'on trouve consigné chaque jour dans les bulletins des observatoires météorologiques. Le tableau suivant donne la valeur moyenne de l'état hygrométrique, à Paris, pendant les différents mois de l'année.

MOIS	ÉTAT hygrométrique MOYEN	MOIS	ÉTAT hygrométrique MOYEN
Janvier.	0,85	Juillet.	0,60
Février.	0,81	Août.	0,63
Mars.	0,66	Septembre.	0,70
Avril	0,60	Octobre.	0,75
Mai.	0,56	Novembre.	0,82
Juin.	0,61	Décembre.	0,88

C'est donc pendant les saisons froides que l'humidité relative

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

est la plus forte; l'air paraît alors très humide, et cependant la quantité absolue de vapeur qu'il contient est beaucoup plus faible que pendant les mois de juin, de juillet et d'août.

On arrive aux mêmes conclusions en étudiant les variations de l'humidité atmosphérique pendant le cours de la journée. Aux heures chaudes du jour, l'évaporation de l'eau devient plus active : la quantité absolue de vapeur augmente dans l'air. Néanmoins l'état hygrométrique s'abaisse et présente sa plus faible valeur vers trois heures de l'après-midi. La nuit, l'évaporation diminue, ainsi que la quantité de vapeur contenue dans l'air; mais, comme la température descend, l'état hygrométrique s'élève, et le maximum d'humidité relative a lieu vers quatre ou cinq heures du matin.

Il resterait à examiner les variations de l'humidité atmosphérique dans les différentes régions de la terre; mais cette question est liée intimement à celle de la fréquence des pluies, que nous étudierons plus loin. Bornons-nous à dire ici que les plateaux élevés sont, en général, remarquables par la sécheresse de l'air. Elle est si grande dans certaines régions du Tibet, que l'on doit envelopper d'étoffes les portes et les piliers en bois des maisons, pour qu'ils n'éclatent pas en se desséchant. Pour éviter les gerçures de la peau, les voyageurs recouvrent leur visage d'un enduit graisseux. Les cadavres abandonnés à l'air ne se putréfient pas; ils se dessèchent. Aussi les passages ordinaires des caravanes sont-ils bordés de momies de chevaux, d'yaks et de brebis. Quand une bête de somme tombe sur la route, les gens de la caravane coupent les morceaux de viande dont ils n'ont pas besoin, et les embrochent dans les piquants des buissons; ceux qui plus tard passent par le même chemin, trouvent, le long de leur route, des provisions de viande sèche.

L'atmosphère et particulièrement l'air humide agissent comme de puissants régulateurs de la température à la surface du sol. Si la vapeur d'eau laisse passer une certaine proportion des brillants rayons du soleil, elle arrête complètement et retient la cha-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

leur renvoyée par le sol : celui-ci peut donc s'échauffer, mais il ne se refroidit que lentement. En un mot, la vapeur contenue dans l'air produit le même effet que les cloches de verre et les vitraux employés par les jardiniers. Ils laissent pénétrer jusqu'aux plantes la chaleur lumineuse du soleil, mais ils s'opposent à la sortie de la chaleur obscure rayonnée par les végétaux. Aussi la température s'élève-t-elle notablement sous ses abris; les plantes poussent plus vite et les fruits mûrissent plus tôt qu'en plein air.

Dans les plaines de nos pays, l'air contient en moyenne 8 à 10 grammes de vapeur par mètre cube : cette proportion s'abaisse souvent à 1 gramme sur les hautes montagnes. Nous avons vu comment cette circonstance influe sur la variation de la température avec l'altitude. Tout le monde a, du reste, pu remarquer les différences que présente la rigueur de l'hiver avec l'état de l'atmosphère. A Paris, quand la terre est couverte de neige, le temps clair et qu'en même temps souffle un vent sec du nord-est, la température peut descendre à 25 degrés au-dessous de zéro. Mais si la terre est nue et le temps brumeux, la température, dans les mêmes conditions, ne descend guère plus bas que — 5°.

Dans les déserts de l'Afrique, où l'air est d'une sécheresse absolue, le sable exposé aux rayons du soleil s'échauffe à 60 et 70 degrés; la température à l'ombre atteint 40 et 45 degrés. Le soleil couché, toute cette chaleur accumulée s'échappe à travers une atmosphère desséchée, et le thermomètre ne marque plus que 2 ou 3 degrés au-dessus de zéro. Des pellicules de glace apparaissent même, presque chaque nuit, sur les fontaines ou les rares ruisseaux.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

II. — CONDENSATION DE LA VAPEUR ATMOSPHÉRIQUE. — ROSÉE, BROUILLARDS, NUAGES, PLUIE, NEIGE.

Quand on respire, l'air qui sort des poumons est chaud et très humide. La vapeur invisible qu'il contient se mélange ordinairement avec l'air extérieur et y reste dissoute. Vient-on, au contraire, à projeter l'haleine sur un miroir ou sur toute autre surface froide, la vapeur se condense aussitôt en humidité visible. L'air expiré est saturé de vapeur : refroidi brusquement, il ne peut plus retenir toute l'humidité qu'il contenait lorsqu'il était chaud : une partie reprend l'état liquide et apparaît sous forme de buée ou de rosée. Pendant l'hiver, il n'est pas besoin de miroir pour rendre visible et condenser la vapeur de la respiration : l'air froid du dehors produit le même effet; chaque bouffée d'air, sortant de la bouche, donne naissance à un brouillard, à un petit nuage formé de fines gouttelettes d'eau liquide.

Il faut bien remarquer, en effet, que la vapeur d'eau est invisible comme l'air lui-même : elle devient visible seulement lorsqu'elle se condense. C'est bien à tort que l'on qualifie de vapeurs les bouffées blanches qui s'échappent d'une cafetière ou d'une cheminée de machine. Elles ressemblent tout à fait aux nuages de poussière, et sont formées d'une sorte de poussière d'eau liquide. Faites bouillir de l'eau dans une fiole de chimie en verre : tout l'espace qui s'étend depuis la surface de l'eau bouillante jusqu'à l'orifice du vase est d'une transparence parfaite; il est rempli de vapeur. Au goulot de la fiole apparaît un petit nuage . car la vapeur, rencontrant l'air froid, se condense et forme cette buée visible qui n'est plus de la vapeur, mais bien de l'eau. Le nuage disparaît à quelque distance, parce que les gouttelettes d'eau se dissolvent dans l'air environnant et reprennent l'état de vapeur. Elles le font plus ou moins vite, suivant que l'air extérieur est sec ou bien humide. Regardez les bouffées qui sortent

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

de la cheminée d'une locomotive : par un temps sec, elles forment de beaux nuages blancs qui s'arrondissent, roulent et disparaissent bientôt; le temps est-il pluvieux ou humide, les volutes opaques s'allongent et traînent sur une longueur de plusieurs centaines de mètres. Ne pouvant parvenir à se redissoudre dans l'air, le nuage se résout en une pluie fine qui tombe sur le sol. C'est donc seulement la vapeur partiellement condensée, et cessant, par conséquent, d'être réellement de la vapeur, qui forme les brouillards et les nuages visibles.

Tout se passe absolument de la même façon dans la nature; les remarques que nous venons de faire sur des choses observées par tout le monde, s'appliquent à la production de la rosée, des brouillards, des nuages et de la pluie. La rosée, c'est le résultat de la condensation de la vapeur atmosphérique au contact d'un corps froid : les brouillards, les nuages et la pluie sont des condensations de vapeur amenées par le refroidissement d'une masse d'air chaude et humide. Le principe général de physique sur lequel est fondée l'explication de ces phénomènes est toujours le même : à mesure que l'air se refroidit, son pouvoir de retenir la vapeur d'eau diminue; dès qu'il arrive à une température inférieure à celle où il peut garder dissoute sa provision de vapeur, l'excès de celle-ci se condense et devient visible.

Vous avez pu voir, le matin, de fines gouttes d'eau briller sur le feuillage et sur le réseau délicat des fils de la Vierge : c'est la *rosée*. Elle est quelquefois si abondante que l'herbe est toute trempée, et l'on pourrait croire, en marchant dans les prés, qu'il a plu pendant la nuit. Il n'en est rien cependant : aucune pluie n'est tombée du ciel; il est resté découvert et n'a été voilé par aucun nuage. La rosée ne se forme, en effet, que par les nuits sereines et par un temps calme. Cette humidité ne sort pas non plus des feuilles ou de l'herbe : elle prend naissance sur place, par la condensation de la vapeur de l'air au contact des corps froids, absolument comme les bulles liquides dont se couvrent le

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

miroir sur lequel on a soufflé et la carafe d'eau fraîche apportée dans une chambre.

Mais pourquoi l'herbe et les corps placés à découvert, loin de tout abri, sont-ils devenus plus froids que l'air extérieur? Pendant le jour, ils s'échauffent sous l'action des rayons solaires; la nuit venue, ils rayonnent autour d'eux la chaleur qu'ils ont absorbée, et, si le temps est clair, cette chaleur se répand dans l'espace. Perdant de la chaleur sans en recevoir, les corps placés à la surface du sol se refroidissent. La température de l'air qui les touche s'abaisse à son tour, et la vapeur qu'il contenait se dépose en partie. Il faut pour cela que le temps soit calme; car s'il y a du vent, la couche d'air au contact du corps se renouvelle sans cesse, et le refroidissement devient impossible. Tout ce qui empêche le rayonnement de la chaleur vers l'espace planétaire est un obstacle à la formation de la rosée. Un nuage agit de cette façon, parce qu'il rayonne et renvoie la chaleur qui sans lui se serait perdue.

Aux conditions de calme et de sérénité de l'atmosphère indispensables à la formation de la rosée il faut ajouter un degré assez élevé d'humidité de l'air. Plus celui-ci est voisin de la saturation, moins il a besoin de se refroidir pour donner naissance à un abondant dépôt de rosée. Aussi ce phénomène s'observe-t-il surtout dans les prairies basses, voisines de cours d'eau, et dans les saisons humides, en automne par exemple. A la campagne, tout le monde dit qu'une forte rosée est un signe de pluie prochaine : cela est vrai jusqu'à un certain point, car c'est un signe d'une grande humidité de l'air.

Les vertus et les qualités bienfaisantes de la rosée ont été célébrées par les poètes : pour eux, la prairie trempée de rosée, c'est

La terre humide encor des baisers de l'Aurore.

Sans vouloir en rien refroidir cet enthousiasme, nous dirons cependant que la rosée peut se manifester sous une forme désastreuse et justement redoutée des agriculteurs : c'est la *gelée blanche*. Lorsque la température extérieure est voisine de 0°, celle

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

du sol peut descendre, par l'effet du rayonnement, bien au-dessous du point de congélation de l'eau; la vapeur atmosphérique ne se dépose plus alors à l'état de rosée liquide, mais sous forme de petits cristaux blancs et brillants. Par une belle matinée d'octobre, les prairies sont toutes blanches et étincellent au lever du soleil.

En cette saison, la gelée blanche n'est pas bien dangereuse; mais il n'en est pas de même au mois d'avril et surtout en mai. Les jeunes pousses des plantes sont alors gorgées de sève : viennent-elles à se couvrir de gelée blanche et, par conséquent, à se refroidir au-dessous de 0°, la sève se congèle et déchire les tissus encore délicats du végétal, surtout si les rayons du soleil, à son lever, produisent un brusque réchauffement. On croirait alors que tout a été brûlé par un vaste incendie. Il faut avoir vu les pousses de la vigne, hier verdoyantes et montrant déjà leurs grappes, aujourd'hui noires et comme carbonisées, pour avoir une idée du désastre. Telle gelée blanche (mai 1874, par exemple) a pu produire, en France, pour plus de 100 millions de dégâts dans l'espace de quelques heures.

Les jardiniers préservent ordinairement leurs cultures au moyen de légers abris; insuffisants s'il s'agissait d'une gelée véritable, ils masquent, par rapport à la plante, la plus grande partie du ciel et s'opposent au refroidissement par rayonnement. Dans le même but, on a proposé pour la grande culture la production de nuages artificiels, obtenus en brûlant des matières très communes et faisant beaucoup de fumée : on remplacerait ainsi, pendant les heures dangereuses, une atmosphère sereine par un ciel couvert. L'emploi de ce procédé paraît assez difficile dans la pratique. Il supposerait d'abord une entente préalable entre les divers propriétaires d'un même territoire. En outre, s'il n'y a, dans une année, qu'une, deux ou trois gelées blanches désastreuses, les conditions atmosphériques où elles sont à craindre se reproduisent quelquefois pendant un mois ou six semaines. Un degré plus ou moins grand d'humidité de l'air suffit pour amener ou empêcher la gelée blanche. On voit, par un temps découvert et

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

calme, mais sec, la température descendre presque à 0° sans que les plantes en souffrent. Elles se refroidissent alors par rayonnement bien au-dessous de la congélation, et cependant celle-ci n'a pas lieu. Nous pensons que dans ce cas la sève reste à l'état de surfusion; mais elle se congèle et les tissus sont désorganisés lorsque, l'atmosphère étant fortement chargée d'humidité, un dépôt de gelée blanche, c'est-à-dire de cristaux de neige, vient à se produire à la surface des plantes.

La vapeur atmosphérique peut se condenser non seulement sur la surface d'un corps froid, mais aussi dans la masse même de l'air humide, toutes les fois que sa température descend au-dessous du point de saturation. Il se forme alors de fines gouttelettes d'eau, qui restent suspendues dans l'air comme une poussière et troublent sa transparence. C'est un effet tout semblable à celui que produit l'haleine par un temps froid et humide : seulement l'air, au lieu d'être troublé sur une étendue de quelques centimètres, s'obscurcit dans une partie plus ou moins grande de l'atmosphère; tels sont les *brouillards* et les *nuages*.

Ces deux phénomènes sont, en effet, absolument pareils. Le voyageur qui voit le sommet d'une montagne plongé dans les nuages, pénètre dans un brouillard lorsque, après avoir gravi la pente, il arrive dans la région qui tout à l'heure lui paraissait nuageuse. Du haut d'un coteau, on voit souvent, le soir et le matin, des nuages rouler dans les vallées, pendant qu'autour de soi l'atmosphère est transparente; descend-on dans la vallée, on la trouve pleine de brouillards. En résumé, un nuage est un brouillard que l'on voit du dehors; un brouillard est un nuage dans lequel on est plongé. C'est pourquoi l'on donne le nom de nuage au trouble produit par la condensation de la vapeur dans les hautes régions de l'atmosphère, et celui de brouillard au phénomène semblable se manifestant à la surface du sol et dans son voisinage.

Les brouillards se produisent assez régulièrement, pendant la

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

nuit, autour des rivières et des étangs, surtout en automne. Le sol se refroidit plus vite que l'eau; l'air, en passant sur la surface de l'eau, s'échauffe et se sature de vapeur; vient-il à rencontrer l'air plus froid qui couvre le sol environnant, une condensation de vapeur se produit et donne naissance à un brouillard. La rivière semble fumer, comme la soupière bouillante fume sur la table, au contact de l'air froid, au moment où on la découvre.

Les brouillards d'hiver sont souvent très épais; ils apparaissent ordinairement lorsque après une période de froid arrive tout d'un coup un vent chaud du sud-ouest, tout chargé d'abondantes vapeurs. Un temps brumeux s'observe encore dans des conditions inverses, c'est-à-dire quand un vent froid s'élève après une période de temps doux et humide. Les brumes d'hiver sont souvent accompagnées d'un dépôt de givre sur les branches des arbres ou les tiges des végétaux. Ces surfaces froides retiennent les particules solidifiées du brouillard et se revêtent d'une cristallisation légère, qui se développe peu à peu et reproduit dans tous ses détails la forme du végétal. Rien n'est plus majestueux que les noirs sapins sur lesquels les frimas ont déposé leurs cristaux d'une blancheur éblouissante, ni plus joli que les délicates ramifications des tiges d'asperges enveloppées de brillantes incrustations.

Les nuages sont une des splendeurs de l'atmosphère; leurs contours fugitifs et sans cesse variables prennent toutes les formes que peut rêver la fantaisie de l'homme. Ici ce sont des chaînes de montagnes aux cimes couvertes de neiges éclatantes, là de vastes coupoles dorées par les rayons du soleil couchant; aujourd'hui le ciel nous montre quelques fines traînées blanches, plus déliées que les plumes des oiseaux; demain viendra la sombre nuée de l'orage, avec son cortège de légères bouffées qui semblent tour à tour s'attirer ou se repousser violemment. Quelle richesse de couleurs, depuis le blanc éclatant jusqu'au rouge de feu! Quels jeux de lumière dans les masses presque noires

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

au centre, et dont les bords étincellent comme l'or et l'argent!

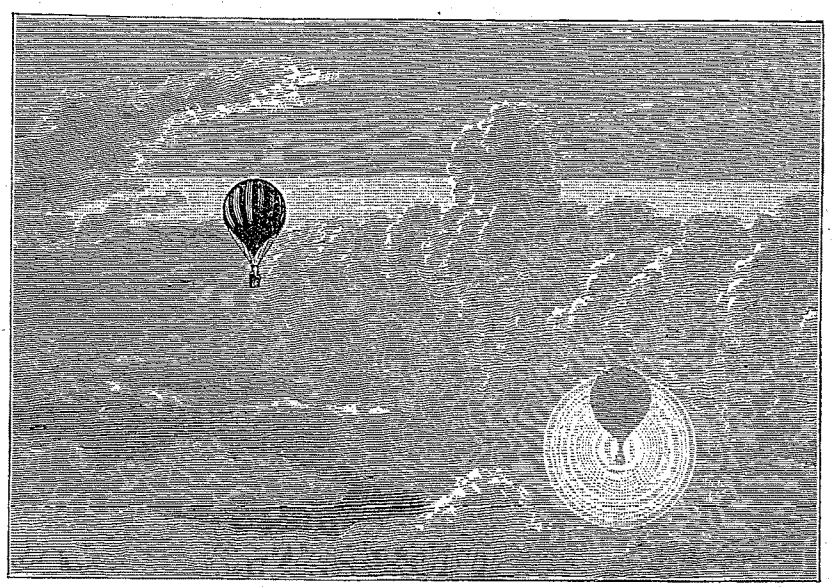
Pour beaucoup de personnes les nuages sont formés de vapeur. Idée absolument fausse! en réalité les nuages sont des agglomérations de menues particules d'eau liquide provenant de la condensation de la vapeur. Tout d'abord elles sont d'une ténuité extrême, leur diamètre ne dépasse pas un cinquantième de millimètre; comme une fine poussière, elles sont le jouet du vent qui les promène et les agite, de manière à modifier à chaque instant la forme extérieure de la masse nuageuse. A l'intérieur, les gouttelettes ainsi ballottées se soudent, s'unissent et deviennent plus grosses; le nuage augmente, et va se résoudre en pluie là où l'emporte le vent.

Souvent aussi les nuages disparaissent sans donner de pluie. Pendant les matinées d'été, le ciel est souvent découvert. A mesure que le soleil s'élève, la terre s'échauffe; l'évaporation augmente; l'air chaud monte, chargé de vapeur, dans les hautes régions de l'atmosphère, où il se refroidit. De petits nuages apparaissent alors vers le milieu du jour. Le soir, l'évaporation devient moins active et l'air moins humide; les nuages cessent d'augmenter, descendent et disparaissent en se dissolvant dans l'air chaud plus voisin du sol.

On s'est demandé souvent pourquoi les nuages restent suspendus dans l'atmosphère. Diverses hypothèses ont été imaginées pour expliquer le fait; la plus célèbre est celle de la *vapeur vésiculaire*. D'après cette manière de voir, les gouttelettes d'eau dont les nuages sont formés ne seraient pas pleines, mais creuses : ce seraient des vésicules gonflées de vapeur et enveloppées d'une mince couche d'eau. Comme la vapeur d'eau est plus légère que l'air, elles constitueraient de véritables petits ballons, capables de se tenir en équilibre dans l'air. Cette hypothèse est sans fondement; car elle n'est basée sur aucune observation directe; d'ailleurs elle est inutile. Un nuage n'est pas une masse compacte, en équilibre dans l'air; il est le siège d'une agitation continuelle, se détruit et se reforme sans cesse. Regardez le nuage

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

produit par la vapeur qui s'échappe d'une locomotive; les gouttelettes d'eau sont animées de deux mouvements; emportées par le vent, elles tombent en même temps d'une manière sensible. Si l'air est très humide, elles arrivent jusqu'au sol sous forme d'une pluie fine; mais s'il est sec, elles s'y redissolvent à l'état de vapeur et disparaissent avant de toucher terre. Il en est de même d'un nuage. Les particules d'eau condensée sont entraînées par les courants atmosphériques, comme un tourbillon de poussière l'est

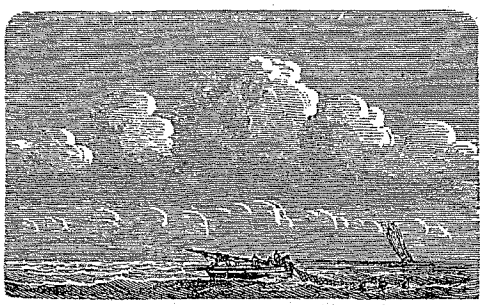


LES NUAGES VUS D'EN HAUT. — OMBRE D'UN BALLON.

par le vent. Mais, en même temps, elles obéissent à l'action de la pesanteur et descendent insensiblement; leur chute est très lente; car, en raison de leur extrême ténuité, elles ont une grande surface et éprouvent de la part de l'air une forte résistance; elles finissent cependant par arriver dans les régions plus chaudes de l'air, où elles se redissolvent. Pendant que le nuage se forme à la partie supérieure par la condensation des vapeurs, il se détruit donc à la partie inférieure par la vaporisation des gouttelettes d'eau. Sa masse augmente ou diminue, suivant que l'un des effets l'emporte sur l'autre.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Quelle doit être, d'après cette manière de voir, la forme générale la plus ordinaire d'un nuage? Reposant sur une base sensiblement horizontale, sa masse se développe irrégulièrement dans le sens de la hauteur; ses contours supérieurs sont arrondis, mamelonnés; c'est un amoncellement de bouffées blanches : aussi les marins donnent-ils aux nuages de cette forme le nom de *balles de coton*. Howard, dont la classification, très simple, est devenue vulgaire, les nomme *cumulus*.



CUMULUS OU BALLES DE COTON.

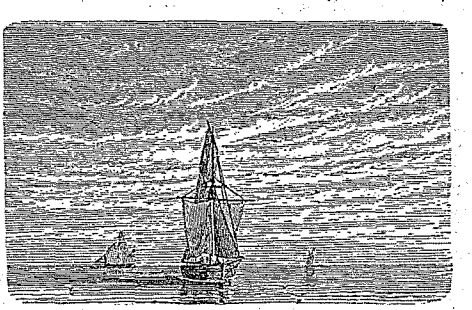
L'air inférieur est-il très humide, les gouttes d'eau ne peuvent plus s'y redissoudre; elles se soudent les unes aux autres et arrivent jusqu'au sol sous forme de pluie. Le nuage s'épaissit et, comme la lumière ne le traverse plus que difficilement, ses contours disparaissent; ce n'est plus un nuage, c'est une masse nuageuse noire : c'est le *nimbus*.

NUAGE PLUVIEUX OU NIMBUS.

Lorsque les nuages se forment dans les régions très élevées de l'atmosphère, ils ne sont plus composés de parcelles d'eau liquide, mais bien d'aiguilles de glace, ainsi que beaucoup d'aéronautes l'ont constaté dans leurs ascensions. Ces nuages, appelés *cirrus* ou, par les marins, *queues de chat*, affectent la forme de longs filaments, de balayures, de traînées parallèles, mais qu'un effet de perspective rend quelquefois divergentes. Leur apparition est d'ordinaire un signe de changement de temps; ils se montrent les premiers lorsque, après un beau temps

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

prolongé, des vents humides commencent à se produire. Les petits prismes de glace dont ces nuages sont formés ont la propriété de réfracter et de décomposer la lumière : aussi voit-on se produire dans les cirrus des phénomènes lumineux particuliers, tels que les *halos*. Le halo solaire est assez rare; mais tout le monde a vu le cercle blanc ou légèrement coloré qui entoure assez souvent la lune; c'est le halo lunaire.



CIRRUS OU QUEUES DE CHAT.

Une dernière espèce de nuage est le *stratus;* il se compose de longues bandes horizontales, superposées en plus ou moins grand nombre, et qui apparaissent à l'horizon, surtout vers le soir. Elles se détachent alors en lignes noires sur le fond du ciel éclairé par le soleil couchant. Ce sont des nuages peu épais, que nous voyons par leur tranche, à cause de leur éloignement.

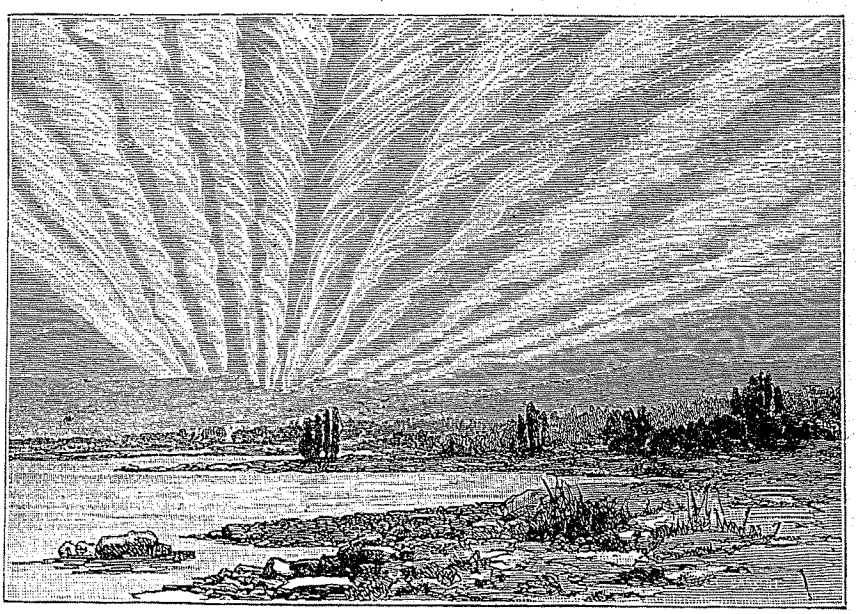
A ces formes types Howard ajoute, dans sa classification des nuages, des formes intermédiaires ou composées, les *cirro-stratus*, les *cumulo-stratus*, les *cirro-cumulus*, etc. On connaît l'aspect particulier donné au ciel par une accumulation de cirro-cumulus; on le désigne sous le nom de *ciel pommelé*.

STRATUS.

Les cirrus sont les nuages les plus élevés : ils ne descendent guère au-dessous de 4500 mètres d'altitude, et peuvent se former jusqu'à 9 et 10000 mètres. Les cumulus sont beaucoup plus bas et disposés souvent par couches, entre lesquelles sont des espaces libres de nuages. Dans son ascension du 8 novembre 1868, M. Tis-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sandier a traversé quatre couches de cumulus, situées à 1500, 2000, 3500 et 5000 mètres de hauteur. La base inférieure des cumulus est placée assez bas et peut descendre jusqu'à 4 et 500 mètres seulement, dans le cas de nuages orageux. Leur épaisseur, très variable, atteint souvent 1000 à 1500 mètres. Dans leur ascension de 1850, MM. Barral et Bixio pénétrèrent à 2000 mètres



CIRRUS RENDUS DIVERGENTS PAR UN EFFET DE PERSPECTIVE.

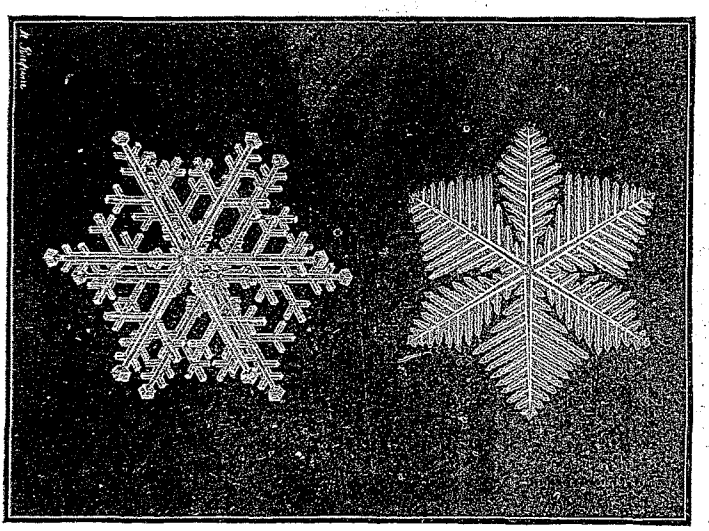
dans un nuage dont ils n'étaient pas encore sortis à l'altitude de 7000 mètres : ce nuage avait donc plus de 5 kilomètres d'épaisseur.

Tant que la condensation de la vapeur n'est pas très abondante, l'eau condensée reste à l'état de nuage; les gouttelettes sont assez fines pour obéir à l'action du vent, et flottent dans l'air jusqu'à ce qu'elles puissent s'y redissoudre. Mais si, par suite d'un refroidissement énergique, la quantité de vapeur condensée devient considérable, les gouttelettes plus nombreuses se soudent et deviennent plus grosses : les gouttes ainsi formées, plus lourdes et d'une surface relativement plus petite, tombent rapidement et arrivent à terre avant d'avoir repris l'état de vapeur : c'est la *pluie*. Elle vient

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

toujours d'un nuage, et ne se produit jamais quand le ciel est clair : ses gouttes sont plus ou moins grosses, suivant que la masse d'air humide d'où elle provient a subi un refroidissement plus brusque et plus considérable. Comparée aux nuages, la pluie correspond à un degré plus intense de la condensation des vapeurs atmosphériques.

La formation de la pluie suppose que la température du nuage est supérieure à celle de la congélation de l'eau. Quand la condensation s'opère au-dessous de 0°, les vapeurs passent de l'état



CRISTAUX DE NEIGE.

gazeux à l'état solide : elles cristallisent en se condensant. L'agglomération de ces petits cristaux constitue la *neige*, comme celle des gouttelettes liquides forme la pluie. Il y a cependant une différence : c'est que les flocons de neige tombent d'autant moins vite qu'ils sont plus gros. Ils sont en effet spongieux, et non pas massifs comme les gouttes d'eau : c'est pourquoi l'air oppose à leur chute une grande résistance. Il n'est pas rare d'ailleurs de voir la pluie et la neige tomber ensemble, ou bien encore une même averse donner de la neige sur les montagnes et de la pluie dans les plaines ou les vallées voisines.

La structure cristalline de la neige est facile à constater, sur-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

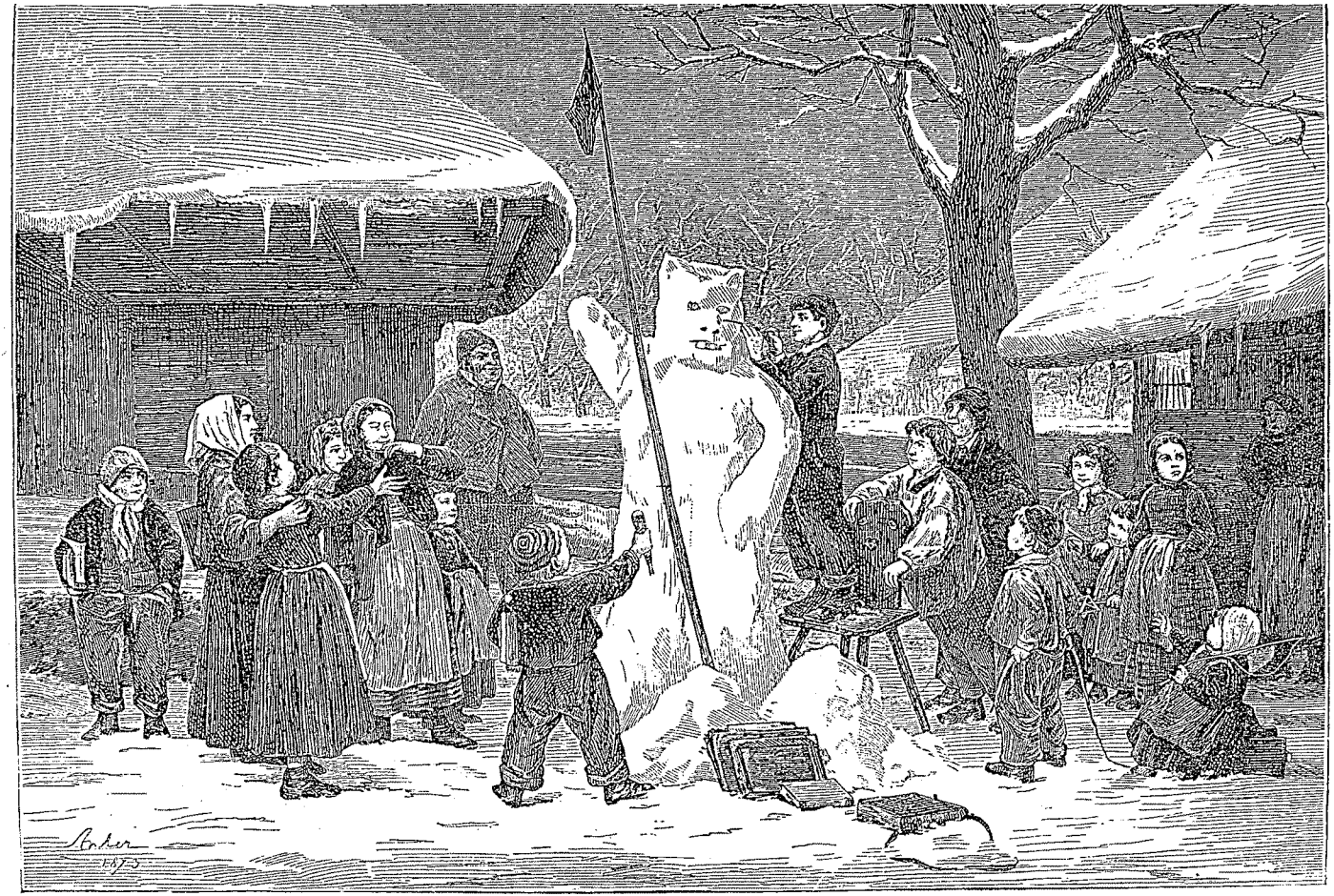
tout quand elle est très fine. Recevez-la sur un morceau de drap noir ou sur la manche de votre habit, et vous verrez de jolies petites étoiles à six rayons, parfaitement régulières. Avec un peu plus d'attention, vous reconnaîtrez que ce type primitif se modifie presque à l'infini, de manière à donner des étoiles simples ou ramifiées, des hexagones, des triangles, etc., formes dans lesquelles on retrouve toujours les angles de 60 et de 120 degrés. Quant aux flocons de neige, ils résultent d'un enchevêtrement d'une foule de très petits cristaux, légèrement adhérents entre eux.

Tandis que la pluie coule à la surface du sol ou s'infiltre dans la terre à mesure qu'elle tombe, la neige s'accumule, augmente d'épaisseur et finit par tout recouvrir lorsqu'elle est abondante. Arbres, maisons, routes, prairies, disparaissent sous un blanc tapis. Le paysage prend alors un aspect particulier qui, sous son calme majestueux, n'est pas dépourvu de grandeur. En général, la neige tombe par une température voisine de 0° : les parcelles se soudent et forment alors de gros flocons; mais si la température est inférieure à 0°, la neige reste pulvérulente. Les écoliers le savent bien : les boules et les statues de neige ne peuvent se faire qu'avec la neige récente ou lors du dégel. Vienne la gelée, adieu les batailles et les œuvres d'art : c'est en vain qu'on presse entre les doigts la blanche poussière, elle ne s'agglomère plus.

Il arrive quelquefois qu'un courant d'air chaud et humide envahit subitement une région où régnait un froid rigoureux et prolongé. Lors de ces dégels brusques, il ne tombe pas toujours de la neige, mais bien de la pluie. Rencontrant un sol fortement refroidi, qui n'a pas eu le temps de se réchauffer, l'eau se gèle et forme une couche mince d'une glace polie et transparente, qu'on nomme *verglas*. Il ne dure en général que peu de temps : mais tant que le sol en est recouvert, il est fort difficile de s'y tenir debout et d'y marcher. Que de jambes et de bras cassés, lors du verglas qui recouvrit les rues de Paris, dans la soirée du 31 décembre 1879!

Il existe une autre espèce de verglas non moins désastreuse, car elle produit dans les forêts d'énormes dégâts. Au mois de janvier

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



UNE ŒUVRE D'ART.

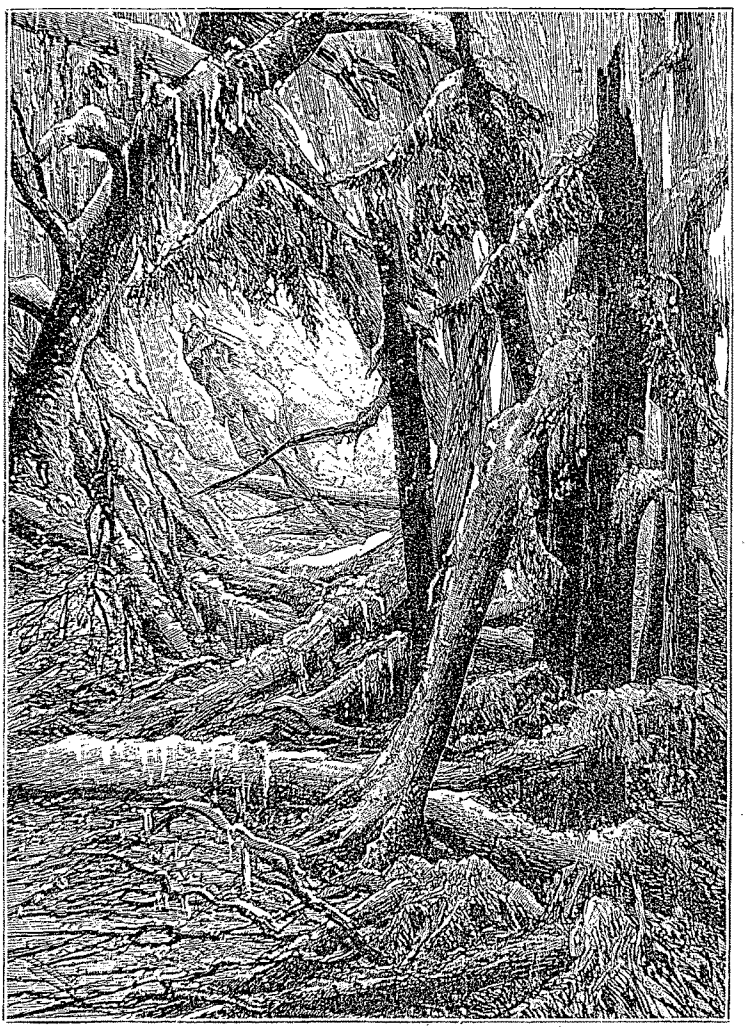
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

1879, la forêt de Fontainebleau fut ravagée dans des circonstances exceptionnelles et fort curieuses au point de vue physique. Pendant les journées des 22, 23 et 24 janvier la *pluie* ne cessa de tomber, et cependant le thermomètre marquait 3 et même 4 degrés *au-dessous* de zéro. Plongées dans une atmosphère glaciale, les branches des arbres se recouvrirent d'une couche de glace dont l'épaisseur dépassait souvent 2 centimètres. Une brindille de tilleul pesant un demi-gramme fut chargée de 60 grammes de glace; une feuille de laurier en portait 70 grammes. On juge par ces exemples de la charge supportée par les grands arbres. Aussi des craquements continuels se faisaient entendre : les branches jonchaient le sol; des arbres entiers, particulièrement des pins et des bouleaux, furent déracinés, brisés ou fendus du sommet à la base. Un gros arbre de $2^m,20$ de tour et de 37 mètres de hauteur fut rompu à $4^m,50$ au-dessus du sol. Comme la température extérieure était notablement inférieure à celle de la congélation de l'eau, on doit admettre que les gouttes de pluie se formaient dans des régions supérieures plus chaudes, se refroidissaient peu à peu en tombant, et traversaient les couches d'air inférieures en restant à l'état de *surfusion*. Dès qu'elles rencontraient un corps solide, elles se solidifiaient en partie, et recouvraient sa surface d'une couche qui allait toujours en augmentant, car la partie restée liquide se congelait à son tour, sous l'action du froid extérieur.

Il nous reste à parler d'une dernière forme sous laquelle l'eau atmosphérique tombe trop souvent encore : c'est la *grêle*. C'est d'ordinaire pendant le jour, en été, qu'ont lieu les chutes de grêle. Les nuages d'où s'échappent les grêlons se reconnaissent à leur couleur gris cendré, à leurs bords déchiquetés, à leur surface irrégulière. Ils sont généralement peu élevés et se déplacent rapidement. Lorsqu'ils s'approchent, la lumière disparaît, un bruit singulier se fait entendre. Les gens de la campagne l'ont comparé à celui d'un sac de noix que l'on vide : il est quelquefois si violent qu'il couvre les roulements du tonnerre. Bien que la grêle soit ordinairement escortée de phénomènes électriques, on ne voit presque jamais le tonnerre tomber pendant les averses de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

grêle ; celles que l'on a pu observer pendant la nuit étaient accompagnées de lueurs ou bien d'éclairs peu intenses, mais si rapprochés qu'on en comptait jusqu'à deux ou trois par seconde.



VERGLAS DANS LA FORÊT DE FONTAINEBLEAU.

Les grêlons ont une structure particulière : tandis que les grains de grésil sont blancs, opaques et farineux, les grêlons sont formés d'un noyau de grésil entouré de glace : ils semblent avoir grossi progressivement, en s'enveloppant de couches concentriques d'eau congelée : les plus gros sont souvent le résultat de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

la réunion de grains plus petits soudés ensemble. La grosseur et le poids des grêlons ont souvent été exagérés par des personnes de bonne foi, mais qui n'avaient pas l'habitude d'évaluations exactes; d'ailleurs les effets terribles qu'ils produisent les font quelquefois estimer plus gros qu'ils ne sont réellement. Des mesures précises ont démontré l'existence de grêlons pesant de 250 à 300 grammes, et ayant jusqu'à 8 et 10 centimètres dans leurs plus grandes dimensions. On ne doit donc pas s'étonner si des animaux ont pu être tués et des branches d'arbres brisées par de pareils projectiles. Lors même que les grêlons n'atteignent pas ces dimensions exceptionnelles, leur chute produit les plus grands ravages : aussi est-il peu de fléaux qui soient aussi redoutés des cultivateurs. Si la gelée blanche fait disparaître les espérances de récolte que donnait une végétation naissante, la grêle enlève, en quelques minutes, le fruit de toute une année de travail, au moment même où il allait être recueilli.

Bien des théories ont été imaginées pour expliquer la formation de la grêle : aucune ne rend compte, d'une manière complète, de la formation du noyau des grêlons et de leur accroissement par couches de glace superposées. Il faut toujours admettre qu'ils restent assez longtemps suspendus dans l'atmosphère. Volta l'expliquait par les attractions et les répulsions qu'ils éprouvent de la part de nuages électriques; d'après M. Faye, les grêlons se forment dans des masses d'air tourbillonnantes, descendues des régions glacées où les cirrus prennent naissance.

III. — COURANTS ATMOSPHÉRIQUES. — BRISES. — VENTS ALIZÉS. MOUSSONS. — VENTS LOCAUX. — CYCLONES.

La vie aérienne des eaux est liée intimement à l'existence des courants atmosphériques. L'eau de la mer, à qui le soleil a donné des ailes en la vaporisant, est emportée par les vents à des milliers de lieues, et distribuée par eux sur toute la surface terrestre.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

C'est grâce aux vents que certaines régions sont abondamment arrosées, tandis que d'autres, privées de l'action bienfaisante de la pluie, restent stériles et inhabitées. Mais le vent n'est lui-même qu'un intermédiaire. La cause première de la circulation de l'eau dans la nature est encore la chaleur solaire, qui, par son inégale répartition, trouble les conditions d'équilibre de l'air et met en mouvement les couches atmosphériques.

L'air échauffé se dilate et devient plus léger que l'air froid; l'air chaud, plus léger, s'élève; l'air froid, plus lourd, descend. Ces mouvements de l'air se font de haut en bas; comment peuvent-ils donner naissance à des vents, c'est-à-dire à des courants d'air horizontaux? Tandis que la chaleur du soleil ne fait que traverser l'air, elle échauffe fortement le sol sur lequel elle tombe. La couche d'air qui le touche s'échauffe à son tour; devenue plus légère, elle s'élève en produisant une sorte de vide : pour le combler, l'air froid s'écoule des points voisins et vient prendre sa place. Ce courant d'air, c'est le *vent*.

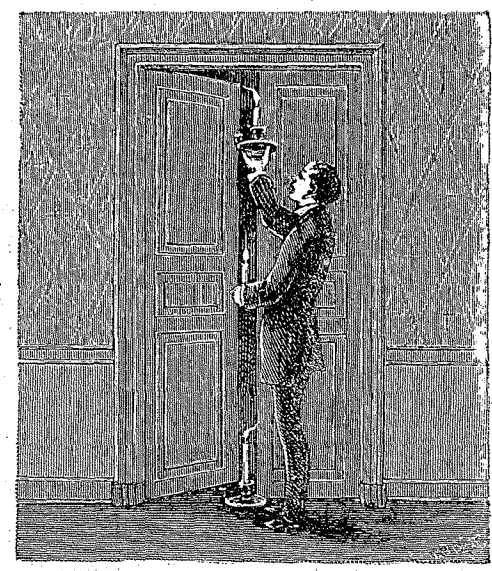
Observons ce qui se passe, en été, au bord de la mer. Le matin et pendant la première partie du jour, une brise légère souffle de la mer vers la terre. Le soir, au contraire, la brise s'élève en sens opposé et souffle avec une délicieuse fraîcheur de la terre vers la mer. A quoi tient cette différence? Par une chaude journée, le sol devient brûlant sous les rayons solaires, tandis que les eaux de la mer conservent une agréable fraîcheur. La terre s'échauffe donc plus rapidement que l'eau : l'air qui couvre le sol s'échauffe et s'élève; l'air plus frais qui se trouve au-dessus de la mer, s'écoule vers la terre et produit la brise du matin. Le soir, cet état de choses est renversé. La terre, rayonnant sa chaleur vers le ciel, se refroidit plus vite que l'eau; et l'air qui la couvre, plus froid et plus pesant que celui qui recouvre la mer, s'écoule vers celle-ci en fraîche brise de terre.

Nous pouvons tirer de ces observations la conclusion générale suivante : quand deux régions inégalement échauffées sont voisines l'une de l'autre, il se produit à la surface du sol un courant d'air allant de la région plus froide vers celle qui est plus

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

chaude. Quant à l'air chaud dont l'ascension a été la cause du vent, une fois arrivé à une certaine hauteur, il se déverse latéralement et produit un courant d'air supérieur, qui marche en sens inverse du premier et souffle de la région chaude vers la région froide.

Une expérience très simple, due à Franklin, montre bien l'existence de ces deux courants contraires, l'un inférieur, l'autre supérieur Entre-bâillez, en hiver, la porte de communication de deux chambres, l'une froide, l'autre bien chauffée, et promenez une bougie de haut en bas dans l'ouverture de la porte; la flamme est soufflée vers la chambre chaude dans le voisinage du plancher, et du côté de la chambre froide dans le haut de la porte : vers le milieu de la hauteur, elle reste à peu près immobile.



EXPÉRIENCE DE FRANKLIN.

L'inégale distribution de la chaleur est la principale cause de la production du vent; mais ce n'est pas la seule. La formation et la condensation de la vapeur d'eau peuvent aussi troubler l'équilibre de l'atmosphère. Qu'une masse considérable de vapeurs vienne, par exemple, à se condenser et à passer à l'état liquide; comme elle occupe alors un volume infiniment plus petit que sous la forme gazeuse, la condensation produit une sorte de vide, et l'air environnant se met en mouvement pour le combler. Si cette condensation de vapeur a lieu rapidement, elle peut donner naissance à une violente tempête.

Les observations faites sur l'océan peuvent seules nous per-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

mettre de trouver les lois qui régissent les grands mouvements de l'atmosphère. Là, point de surfaces inégalement échauffées en raison de la nature du sol, de la présence ou de l'absence de la végétation; point de chaînes de montagnes, ni d'obstacles qui viennent entraver la libre circulation de l'air et changent son cours normal. Sur le continent, chaque montagne, chaque vallée possède un système particulier de vents, qui se présente comme une exception aux règles générales trouvées sur l'océan.

Quel serait donc le régime général des vents, si la terre était une sphère entièrement recouverte d'eau? Le phénomène offrirait une régularité absolue. De part et d'autre de l'équateur est une zone fortement échauffée par les rayons du soleil : l'air dilaté par la chaleur s'y élèverait et serait remplacé par celui des régions tempérées; l'équilibre étant ainsi rompu, l'air glacé des régions polaires affluerait à son tour vers les zones moyennes à température plus élevée. Il y aurait donc dans chaque hémisphère un grand courant atmosphérique inférieur, dirigé du pôle vers l'équateur, c'est-à-dire un vent régulier du nord dans l'hémisphère boréal, et un vent du sud dans l'hémisphère austral. Leur rencontre produirait vers l'équateur une immobilité parfaite : ce serait la zone des *calmes équatoriaux*. Enfin, outre ces deux grands courants inférieurs, on trouverait, dans les régions supérieures de l'atmosphère, deux courants inverses qui ramèneraient de l'équateur vers les pôles l'air dilaté par la chaleur de la zone torride. Donnons des noms à ces vents réguliers : les courants inférieurs seront les *vents alizés* nord et sud; les courants supérieurs s'appelleront *contre-alizés* ou *alizés* supérieurs; ils auront la direction sud dans l'hémisphère boréal et la direction nord dans l'hémisphère austral.

Telle serait, en effet, la direction des vents alizés, si la rotation du globe terrestre ne venait la modifier. Chaque point de la surface de la terre décrit en 24 heures, de l'occident vers l'orient, une circonférence dont le rayon est d'autant plus petit que ce point est plus voisin du pôle. Plus il s'éloigne de l'équateur, plus sa vitesse est faible : tandis qu'un point de l'équateur parcourt

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

environ 2000 kilomètres à l'heure, la vitesse, réduite de plus de $^1/_{10}$ à la latitude de 30 degrés, de $^2/_3$ à la latitude de 45 degrés, de moitié à 60 degrés de l'équateur, devient enfin nulle pour le pôle lui-même. Les molécules d'air qui marchent des pôles vers l'équateur rencontrent donc, à mesure qu'elles avancent, des points animés d'une vitesse croissante de l'ouest vers l'est : elles les frappent dans une direction oblique et non perpendiculairement à l'équateur. Imaginons un voyageur emporté, de l'ouest à l'est, par un train de chemin de fer, au milieu d'une atmosphère immobile; il n'en reçoit pas moins un courant d'air dans la figure; il lui semble qu'il y a du vent et qu'il vient de l'est. Mais si le temps n'est plus calme, et que le vent souffle du nord, il paraît à ce même voyageur venir du nord-est. Les vents alizés ont donc réellement les directions nord-est et sud-est, suivant que l'on considère l'hémisphère nord ou l'hémisphère sud. Par une raison semblable, les contre-alizés sont dirigés du sud-ouest dans l'hémisphère nord, et du nord-ouest dans l'hémisphère sud; car les molécules d'air, s'éloignant alors de l'équateur, ont, par rapport aux points qu'elles rencontrent successivement, un excès de vitesse de l'ouest vers l'est.

Cette influence de la rotation, nous l'avons déjà rencontrée dans la direction du Gulf-Stream; il importe de la bien comprendre. Prenons donc un de ces globes terrestres qui peuvent tourner autour de leur axe et portent un méridien fixe en cuivre. Pour représenter la marche des vents alizés, faisons glisser un crayon le long du méridien de cuivre en allant d'un pôle à l'équateur, et imprimons en même temps au globe un mouvement de rotation de l'ouest à l'est : les lignes tracées par le crayon sur le globe auront alors une direction nord-est ou sud-est, suivant le pôle d'où nous serons partis.

Les vents alizés peuvent-ils couvrir toute la surface du globe et s'étendre effectivement de l'équateur jusqu'au pôle? La surface des régions polaires est très petite par rapport à celle qui entoure la rotondité de la terre à l'équateur : la masse d'air qui recouvre la première serait donc insuffisante pour remplir l'énorme vide

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

produit par l'échauffement de la zone équatoriale. Cette insuffisance est comblée par les contre-alizés : au lieu de continuer leur route jusqu'au pôle dans les hautes régions de l'atmosphère, ils s'abaissent vers les zones tempérées et viennent, d'une manière générale, y remplacer les vents alizés. C'est ce qui explique la prédominance dans nos pays des vents du sud-ouest. Remarquons, en outre, que les points de la terre où les contre-alizés redescendent à la surface, doivent être marqués par des calmes analogues aux calmes équatoriaux, mais moins prononcés.

Il nous reste à constater que les conclusions auxquelles nous sommes arrivés s'accordent avec le régime général des vents, tel qu'on l'observe à la surface du globe.

Alizés et contre-alizés. — Les alizés nord-est et sud-est se font sentir, de part et d'autre de l'équateur, sur une vaste zone dont la largeur est de 28 à 30 degrés de chaque côté de cette ligne. C'est cette continuité dans la direction du vent qui effraya si fort les compagnons de Christophe Colomb. Entraînés sans cesse dans la direction de l'ouest, ils craignaient de ne jamais pouvoir revenir en Espagne, quand le vent sautant brusquement au sud-ouest leur rendit quelque espoir. Cette direction sud-ouest est celle des contre-alizés; ils règnent dans les régions supérieures de l'atmosphère, pendant que l'alizé nord-est souffle à la surface du sol. De nombreuses observations confirment cette conséquence de la théorie des vents. On voit en effet, dans ces climats, les nuages élevés, les cirrus, marcher en sens inverse du courant d'air inférieur. Les cendres volcaniques projetées à une grande hauteur sont emportées par les contre-alizés dans la direction de l'est. En 1812, les cendres du Morne-Garou (Saint-Vincent) furent emmenées jusqu'à la Barbade, à plus de 200 kilomètres dans l'est; celles du Coseguina arrivèrent, en 1835, à la Jamaïque, à 1300 ou 1400 kilomètres au nord-est de leur point de départ. Au Mauna-Loa, dans l'île d'Hawaï, au pic de Teyde à Ténériffe, on a pu constater, au pied et au sommet des montagnes, l'existence de deux courants contraires, séparés vers 3000 mètres d'altitude par une couche d'air absolument calme.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Les alizés n'ont cependant pas une régularité absolue. Celui du nord-est n'atteint pas l'équateur, tandis que celui du sud-est dépasse cette ligne de près de 3 degrés. Leur limite n'est pas absolument fixe : elle suit un peu la marche du soleil, s'étend vers le nord pendant l'été de l'hémisphère boréal, rétrograde au contraire et s'avance vers le sud pendant notre hiver. Le régime de ces vents est enfin plus régulier dans l'océan Pacifique que dans le bassin relativement plus resserré de l'Atlantique.

Régions des calmes. — Entre les deux alizés, dans le voisinage de l'équateur, s'étend une bande caractérisée soit par des calmes plats, soit par des vents légers et variables, des brises folles. C'est la région des *calmes équatoriaux;* bien constante dans le Pacifique, elle se déplace un peu avec les saisons dans l'Atlantique.

De part et d'autre des alizés sont deux autres régions de calmes, appelés *calmes du Cancer* et *calmes du Capricorne;* elles séparent les zones des alizés de celles où les contre-alizés deviennent les vents dominants.

Telles sont les lois fondamentales de la circulation atmosphérique, lois auxquelles le voisinage et la configuration des continents apportent des modifications plus ou moins importantes. Au nombre de celles-ci il faut ranger l'existence des *moussons*, vents qui ont pour caractère de posséder, non plus une direction invariable, mais une direction alternante, suivant les saisons.

Sur plus de moitié de la largeur de l'Atlantique, entre l'équateur et le dix-neuvième degré de latitude nord, l'alizé nord-est est remplacé, pendant plusieurs mois, par une mousson dirigée du sud. La partie de l'océan où le régime du vent est ainsi troublé forme une sorte de triangle dont la base repose sur la côte d'Afrique. Les immenses déserts de ce continent s'échauffent à l'époque de l'équinoxe de printemps et jusqu'en été : cet échauffement produit un appel d'air dont les effets se font sentir au loin sur l'Atlantique; il est la cause de la mousson.

Les vents du nord qui soufflent sur la Méditerranée, et que les anciens appelaient vents *étésiens*, ont une origine analogue. Ce

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sont des courants atmosphériques attirés, du nord vers la côte d'Afrique, par les puissants foyers d'appel de l'Égypte et du Sahara. Grâce à eux, la traversée de France en Algérie est bien plus facile que le passage inverse; mais aussi, dans certaines îles, comme Minorque, la végétation est gênée par ce continuel vent du nord, qui couche tous les arbres dans une même direction.

Les vents alternants auxquels on donne le plus souvent le nom de moussons, sont ceux de l'océan Indien. Près de la limite nord des alizés se trouvent, en Asie, de vastes plaines sur lesquelles l'action du soleil atteint en été son maximum d'intensité. De là, pour l'air de ces régions, échauffement, dilatation et mouvement ascensionnel occasionnant à la surface du sol un vide relatif que vient combler l'air environnant. L'aspiration qui en résulte est suffisante pour détruire la force d'impulsion des alizés, et renverse leur direction depuis le mois de mai jusqu'en octobre. La mousson du sud-ouest souffle alors dans l'océan Indien. De novembre en mars règne la mousson du nord-est, c'est-à-dire l'alizé. L'inversion ne s'opère pas brusquement, car les plaines asiatiques ne peuvent s'échauffer ou se refroidir en un jour. Le changement complet de mousson dure environ un mois; pendant ce temps, les deux actions contraires se combattent jusqu'au triomphe régulier de la plus puissante.

On voit, par l'exemple des moussons, quelle influence la présence des continents exerce sur la circulation atmosphérique que l'on peut appeler régulière. A l'intérieur des terres, la configuration et la nature du sol produisent, sur le régime général des vents, des modifications spéciales à chaque pays. Ces *vents locaux* ont, au point de vue météorologique, une grande importance : car, suivant leur direction, ils sont tantôt secs, tantôt humides, tantôt froids et tantôt brûlants. Tout le monde a entendu parler du *mistral*, vent du nord qui souffle dans la vallée du Rhône, avec une telle force qu'il déracine les arbres et renverse parfois les murs. C'est un vent sec, car il a abandonné toute son humidité sur les hauts sommets de l'Auvergne et des Cévennes. Les vents

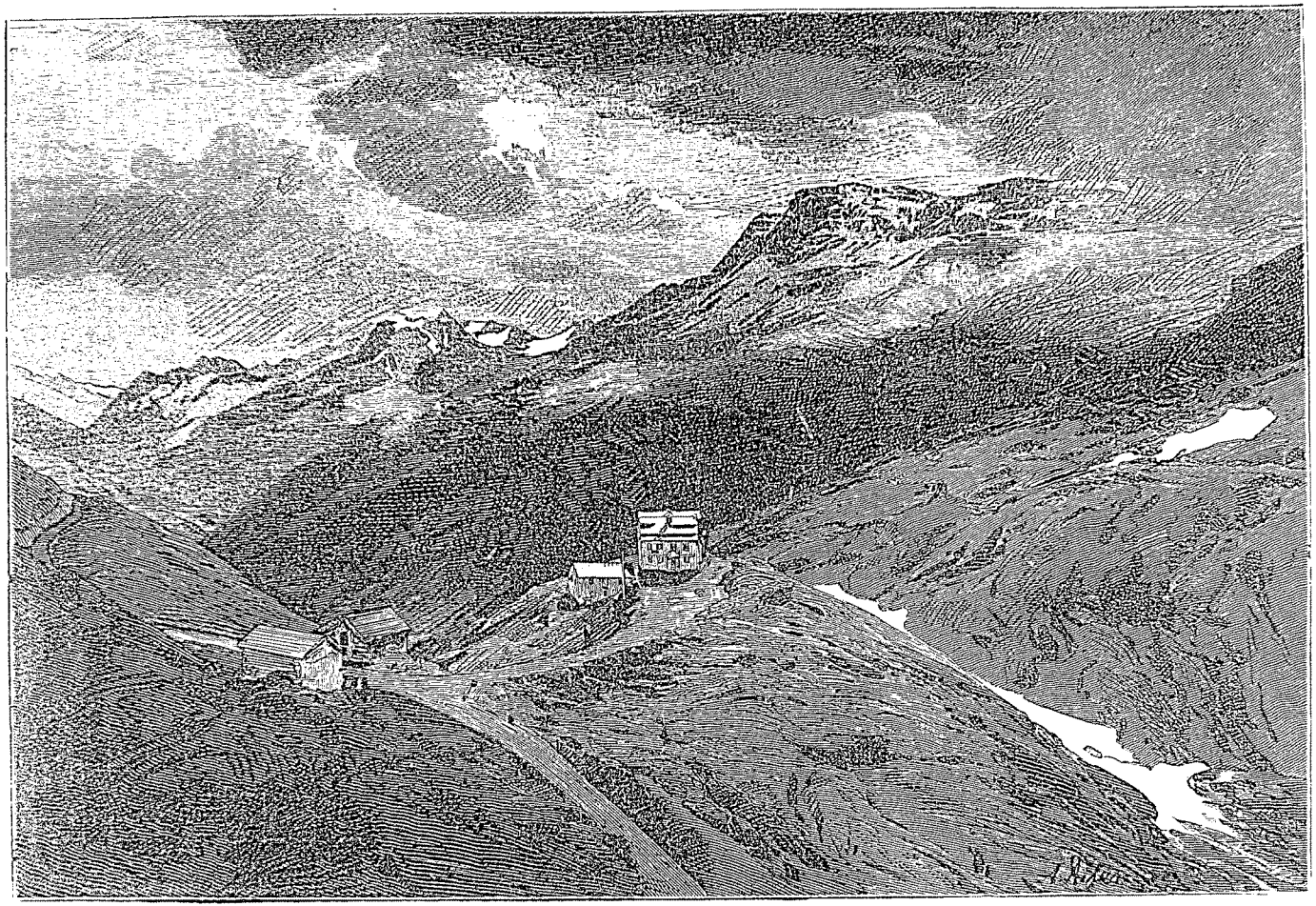
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

des déserts, le *simoun* en Arabie, le *kamsin* en Égypte, le *tebbad* dans l'Asie centrale, sont célèbres par les dangers auxquels ils exposent les voyageurs, tant à cause de leur force et de leur chaleur brûlante qu'en raison des nuages de sable qu'ils emportent avec eux.

Nous ne donnerons de détails que sur un seul de ces vents locaux, le *fœhn*, bien connu dans les vallées de la Suisse et sur les bords du lac des Quatre-Cantons. C'est un vent du sud, très chaud, même après avoir franchi les Alpes, et qui souffle en tempête sur leur versant septentrional. Sous son action, les neiges et les glaces disparaissent rapidement : aussi l'a-t-on appelé le *mangeur de glaciers*. Pour expliquer ses curieux effets, on a quelquefois attribué au fœhn une origine saharienne : la chaleur apportée par lui dans les Alpes proviendrait des surfaces brûlantes des déserts africains. Mais cette hypothèse est parfaitement inutile : le fœhn vient du sud-ouest, c'est-à-dire de l'Atlantique; c'est un vent humide, comme tous les contre-alizés. Ses propriétés résultent des conditions spéciales dans lesquelles il franchit les Alpes.

Quand une masse d'air s'élève dans l'atmosphère, elle se dilate et se refroidit; elle se contracte et se réchauffe en même temps lorsqu'elle s'abaisse. Un courant d'air *sec*, obligé de franchir une cime, se refroidit, par le fait de la dilatation, d'un degré environ par 100 mètres d'ascension. Il n'en est plus de même d'un vent *humide :* à mesure qu'il s'élève et se refroidit, la vapeur qu'il contient se condense en partie et abandonne la chaleur qu'elle avait absorbée pour se former. Ce dégagement de chaleur empêche le refroidissement de la masse d'être aussi considérable. Supposons deux courants d'air à la température de 10 degrés, l'un sec, l'autre humide, obligés de franchir une chaîne de montagnes de 3000 mètres d'élévation; l'air sec se refroidit de 30 degrés et arrive au sommet avec une température de 20 degrés au-dessous de 0°, tandis que l'air humide se refroidit seulement jusqu'à 6 ou 8 degrés au-dessous de 0°. Qu'arrive-t-il maintenant lorsque ces deux courants d'air, redescendant le versant opposé, revien-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LE « FŒHN », MANGEUR DE GLACIERS.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

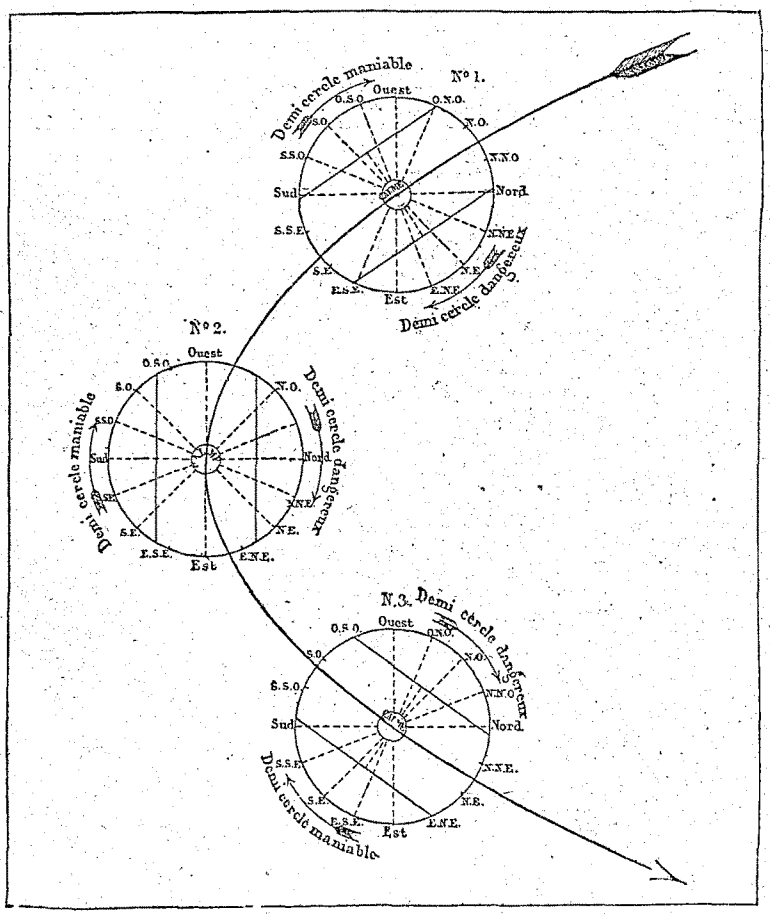
nent à la hauteur d'où nous les supposons partis. S'abaissant de 3000 mètres, ils se réchauffent tous deux de 30 degrés : l'air sec reprend sa température première de 10 degrés, et l'air primitivement humide remonte à 22 ou 24 degrés au-dessus de 0°. Ce sont là précisément les conditions dans lesquelles se trouve le fœhn. C'est un vent humide qui se refroidit peu en gravissant les Alpes, mais qui s'échauffe à la descente; s'il *mange les glaciers* du côté septentrional des Alpes, il apporte à ceux du versant opposé un large contingent de neiges et de glaces.

La justesse de cette explication est démontrée par ce fait que le fœhn a son analogue sur l'autre versant des Alpes : c'est le *sirocco*, qui souffle du nord-est dans les plaines de la Lombardie. Après avoir couvert de neiges le versant nord qu'il est forcé de gravir, ce vent devient sec et chaud quand il est descendu des sommets glacés des montagnes.

On a pendant longtemps regardé les tempêtes comme des phénomènes locaux; mais il est aujourd'hui démontré que la plupart d'entre elles suivent une marche parfaitement régulière et contribuent, par conséquent, à la distribution des eaux et de la chaleur sur la surface de la terre. Les tempêtes ont donc leur loi, que l'on peut résumer ainsi : 1° La masse d'air dont l'équilibre est troublé possède un mouvement giratoire, ou de rotation, autour d'un centre; elle se meut en cercle, d'où le nom de *cyclone* donné au phénomène. Le sens de la rotation change d'un hémisphère de la terre à l'autre : dans l'hémisphère austral, le cyclone tourne dans le sens des aiguilles d'une montre; le tourbillonnement a lieu en sens inverse dans notre hémisphère. 2° En même temps qu'il tourne, le cyclone se déplace à la surface de la terre; de telle sorte que son centre, caractérisé par une région de calme absolu, parcourt une sorte de ligne parabolique. Le cyclone, formé dans le voisinage de l'équateur, s'en écarte pour se diriger vers les pôles. Mais il n'en prend pas directement la route : il commence, tout en s'éloignant de l'équateur, par aller vers l'ouest; puis, après avoir franchi la limite des vents

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

alizés, il change de direction et prend, vers l'est, une marche sensiblement perpendiculaire à sa direction première. A mesure qu'il atteint des latitudes plus élevées, le cyclone augmente de largeur et perd de sa force : le mouvement tourbillonnant



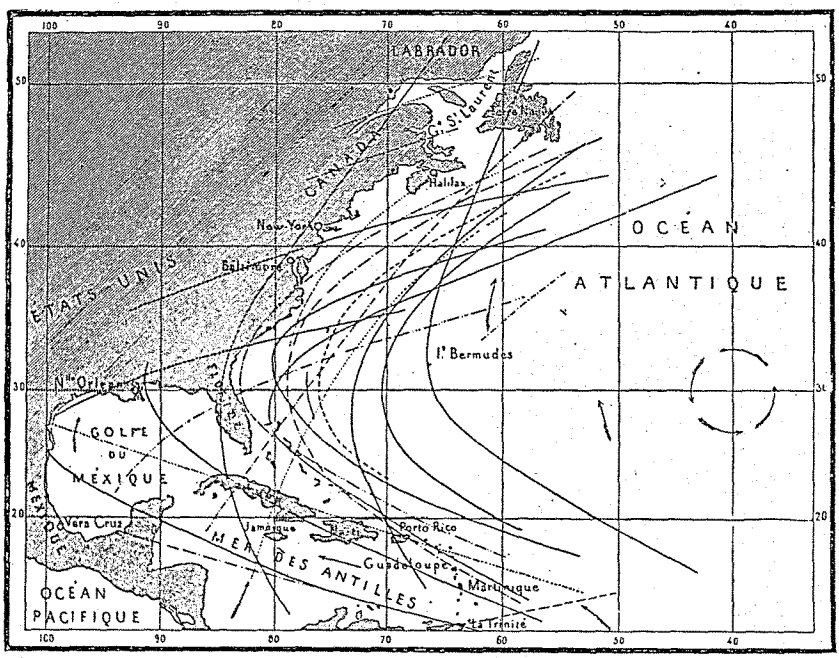
MOUVEMENT DE TRANSLATION ET DE ROTATION D'UN CYCLONE DANS L'HÉMISPHÈRE AUSTRAL.

s'étend sur un surface de plus en plus grande; mais la vitesse de l'air devient moindre et le phénomène finit par s'éteindre, après avoir parcouru une portion plus ou moins grande de la surface terrestre. La figure ci-dessus montre la ligne parcourue par un cyclone de l'hémisphère austral, le sens de la rotation, le calme central et la direction du vent en chaque point

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

du cyclone; la figure suivante fait voir la marche d'un certain nombre de cyclones à travers l'Atlantique septentrional. On voit que les cyclones y suivent sensiblement la direction du Gulf-Stream : aussi ses parages sont-ils particulièrement dangereux pour les navires.

La largeur des cyclones, au moment où ils se forment dans les mers équatoriales, est de 100 à 200 kilomètres; mais elle atteint une moyenne de 500 à 1000 kilomètres, lorsqu'ils arrivent à



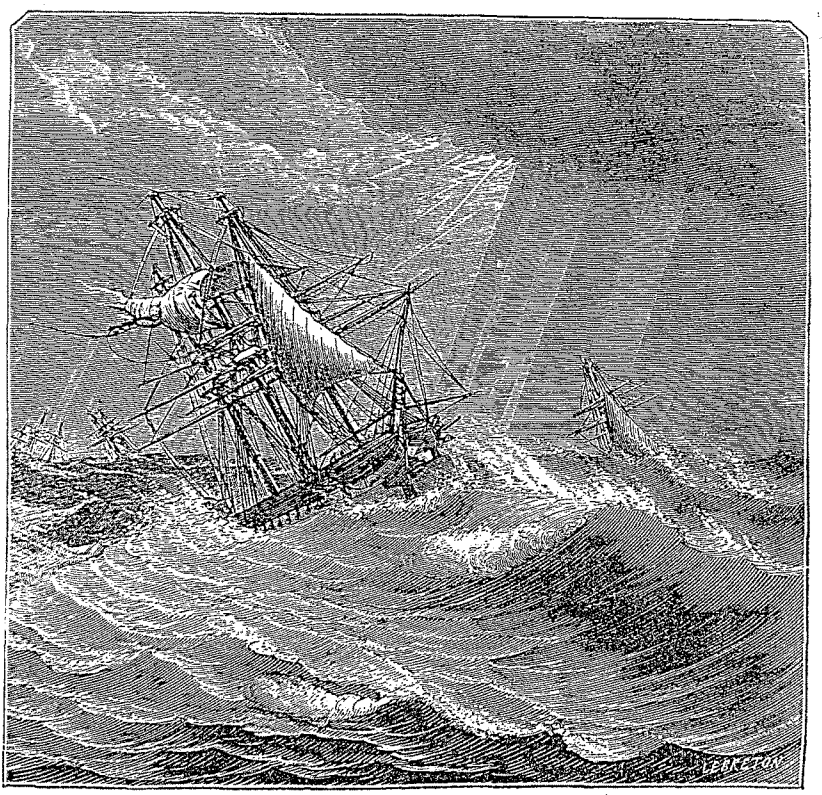
MARCHE DES CYCLONES DANS L'ATLANTIQUE SEPTENTRIONAL.

l'extrémité de leur course; quelques cyclones ont même recouvert des cercles de 2 à 3000 kilomètres de diamètre; mais ce sont là des exceptions. La marche du centre du cyclone sur sa trajectoire, lente d'abord, s'accélère peu à peu et acquiert une vitesse comprise, suivant la force de la tempête, entre 20 et 50 kilomètres à l'heure. Quant à la vitesse du vent dans le tourbillon, elle augmente jusque dans le voisinage du centre et peut atteindre 2 à 300 kilomètres à l'heure (75 mètres par seconde). On comprend que rien ne puisse résister à la violence d'un pareil vent. A cette

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

effroyable agitation de l'air succède presque subitement le calme absolu de la portion centrale, appelée l'*œil de la tempête*. Malheur au navire qui, emporté par l'ouragan, est arrivé, en traversant le cyclone, jusqu'à cette région sereine, car il lui faudra repasser, avant d'être sauvé, par les mêmes affreuses péripéties!

Un dernier caractère des mouvements cycloniques est fourni



UN CYCLONE DANS LA MER DES ANTILLES.

par l'observation du baromètre : la hauteur marquée par cet instrument va toujours en diminuant, depuis les régions qui entourent le cyclone jusqu'à sa partie centrale, où se trouve le minimum barométrique. Aussi une baisse barométrique continue et considérable indique-t-elle, presque toujours, le voisinage d'un cyclone : dans les régions tropicales, cet indice ne trompe jamais. Comme exemple, on peut citer les observations faites à bord du

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

transport *l'Amazone*, qui, pendant les journées des 9, 10 et 11 octobre 1871, fut assailli dans l'Atlantique par un cyclone et le traversa en passant par le centre. Le 9 octobre, à midi, le baromètre marquait 765 millimètres; baisse régulière jusqu'au 10 octobre à midi; le baromètre marque alors 758. A partir de ce moment la baisse barométrique devient des plus rapides : 3 heures, 755 millimètres; 6 heures, 730 millimètres; 7 heures, 720 millimètres; 8 heures, 697 millimètres. Le navire est à ce moment dans la région du calme central : tant qu'il y reste, le baromètre est stationnaire; il ne commence à remonter qu'à l'instant où le navire est repris par la tempête qui doit le faire sortir du tourbillon. Le 11 octobre, à 3 heures du matin, le baromètre marquait 705 millimètres; à 6 heures du matin, il était remonté à 756 millimètres. Le navire était sauvé. (Voir page 47.)

La connaissance de la loi des tempêtes est des plus importantes. C'est grâce à la régularité de marche des cyclones que les Américains peuvent nous avertir de l'imminence des bourrasques, et nous faire connaître d'avance le moment de leur arrivée sur tel ou tel point des côtes d'Europe. Les marins en tiennent, eux aussi, grand compte dans la manœuvre en face de la tempête. Ils savent qu'il y a dans le cyclone deux moitiés présentant des dangers différents. Dans la partie située en dehors de la trajectoire, le vent est moins fort, car sa vitesse est diminuée de la vitesse de translation du cyclone; c'est le *demi-cercle maniable*. Le navire, poussé par la tempête, tend à être rejeté en dehors du tourbillon. La partie interne du cyclone est le demi-cercle dangereux : la tempête y est effroyable, car la vitesse du vent, dirigée dans le même sens que celle de la marche du cyclone, se trouve augmentée d'autant. De plus, l'ouragan emporte le navire dans les régions vers lesquelles marche le cyclone, de sorte qu'il n'en pourra guère sortir qu'en passant par le centre lui-même. Il aura donc à supporter toute la fureur des éléments. La loi des tempêtes permet au marin atteint par un cyclone de savoir dans quelle partie du tourbillon il se trouve; il peut alors gouverner de façon à éviter la région redoutable, c'est-à-dire celle qui entoure le centre.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

IV. — VENTS SECS. — VENTS PLUVIEUX. — ABONDANCE OU RARETÉ DES PLUIES.

Lorsqu'on veut évaluer la quantité d'eau que la pluie verse en un lieu pendant un certain temps, on suppose que cette eau s'accumule en couche uniforme sur la surface du sol, sans qu'il y ait ni infiltration, ni évaporation : l'épaisseur de cette couche est la mesure de la pluie tombée. Les observations faites à Paris, pendant 160 années, donnent une moyenne de 496 millimètres, environ 50 centimètres par an, pour l'épaisseur de la couche de pluie. Durant cette période, l'année la plus sèche a été 1733 (21 centimètres de pluie) ; les plus humides ont été 1804 (70 centimètres), 1872 (69 centimètres) et 1711 (68 centimètres). La comparaison de tous les résultats montre que le climat de Paris n'est aujourd'hui ni plus ni moins pluvieux qu'il y a 150 ans. Au lieu de prendre la moyenne de la quantité totale de pluie pendant l'année, évalue-t-on la moyenne de celle qui est tombée pendant chaque mois, depuis 160 ans, on arrive aux résultats suivants

MOIS	PLUIE EN millimètres D'EAU	SAISONS	PLUIE EN millimètres D'EAU
Décembre	37		
Janvier	34	Hiver	100
Février	29		
Mars	31		
Avril	37	Printemps	114
Mai	46		
Juin	51		
Juillet	52	Été	151
Août	48		
Septembre	45		
Octobre	45	Automne	131
Novembre	41		

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

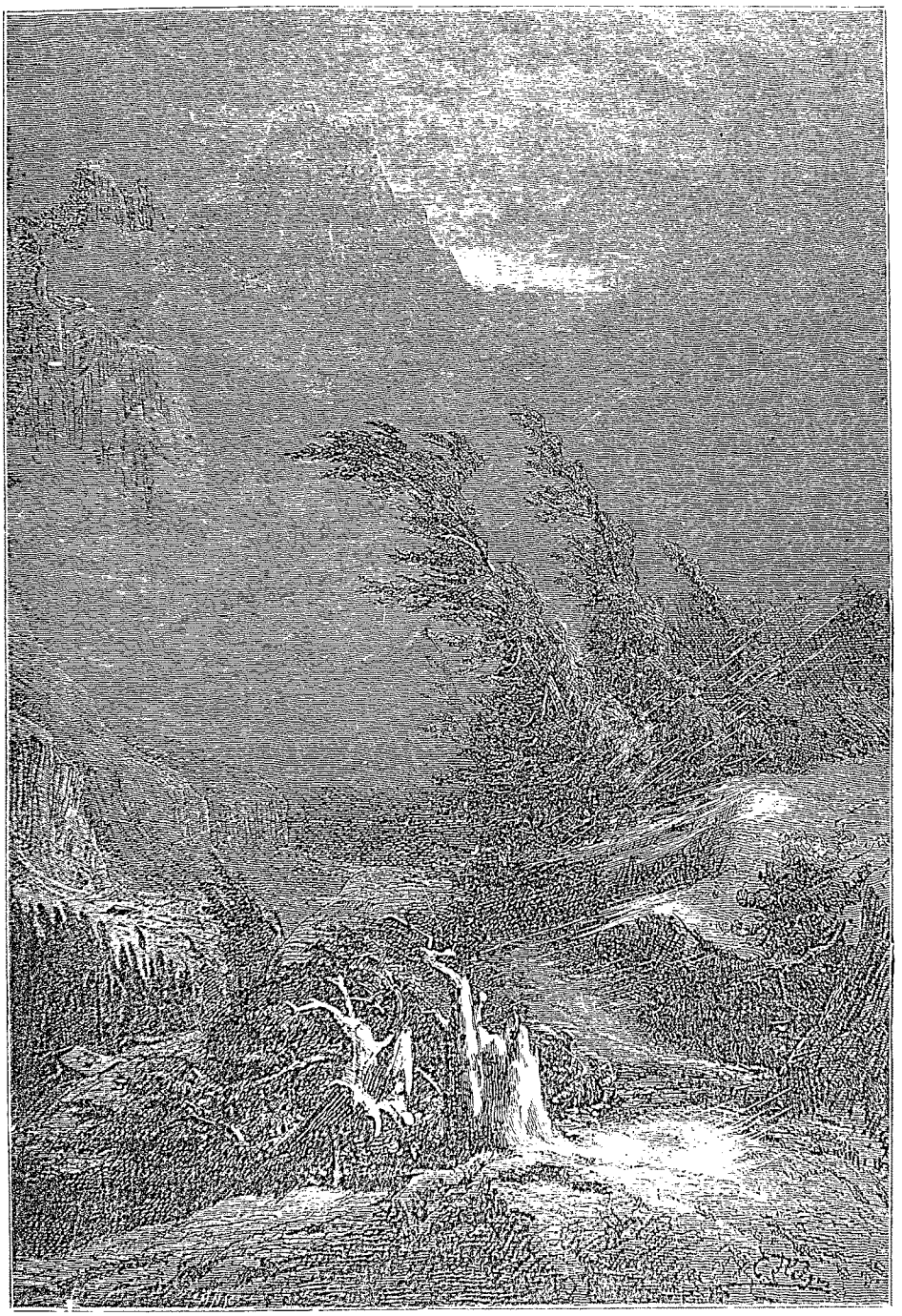
L'été est donc à Paris la saison où la pluie est le plus abondante, quoique moins fréquente. Il faut se garder de croire que la quantité moyenne de pluie tombée à Paris représente celle de la France entière. Celle-ci est plus considérable de moitié, car elle s'élève à 77 centimètres par an. Mais cette couche de pluie est très inégalement répartie sur la surface de notre pays. Les régions les moins arrosées sont comprises entre Meaux, Troyes, Épernay et Compiègne (40 centimètres d'eau par an); celles qui reçoivent le plus d'eau sont : 1° les Pyrénées de Gavarnie, les montagnes du Tanargue entre les sources de l'Ardèche et de la Loire, la région des Alpes au sud de Gap (plus de 2 mètres d'eau); 2° la portion centrale du Morvan (140 centimètres d'eau); 3° le plateau du Limousin et les versants occidentaux des montagnes (plus de 1 mètre d'eau); 4° les côtes de Bretagne et de Normandie (1 mètre d'eau environ).

En résumé, les observations faites en France montrent d'abord que toutes les chaînes de montagnes, tous les massifs isolés correspondent à un accroissement dans la quantité de pluie : les Pyrénées, les Alpes, les Cévennes, le Plateau central, le Morvan, le Jura, les Vosges, les Ardennes reçoivent plus de pluie que les plaines environnantes, et la quantité d'eau augmente avec l'altitude du sol. En second lieu, les côtes de l'Océan, exposées aux vents de mer, sont plus abondamment arrosées que l'intérieur des terres, car la quantité de pluie diminue, d'une façon générale, dans notre pays, de l'ouest vers l'est. Les côtes de la Méditerranée sont, au contraire, remarquables par leur sécheresse; mais il faut remarquer que les vents dominants y viennent du nord, et non de la surface de la mer.

Ce qui est vrai pour la France l'est aussi pour toute la surface du globe. Les circonstances qui ont le plus d'influence sur l'abondance ou la rareté des pluies sont l'altitude des lieux considérés et la direction des vents dominants. Voyons donc comment s'expliquent les différences énormes entre les quantités de pluie qui tombent aux divers points de la terre.

Les vents alizés, venant de régions plus froides vers des régions

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



TEMPÊTE DE PLUIE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

plus chaudes, s'échauffent eux-mêmes sur leur parcours, et deviennent ainsi de plus en plus aptes à contenir de la vapeur d'eau. Ils sont donc, en général, favorables à l'évaporation, puisque la quantité de vapeur que l'air peut contenir est d'autant plus considérable que la température est plus élevée. Les vents alizés sont donc des vents secs; mais la vapeur y devient de plus en plus abondante à mesure qu'ils se rapprochent de l'équateur. Dans la région des calmes où se rencontrent les alizés des deux hémisphères, le phénomène de la pluie présente une régularité parfaite. Au lever du soleil, l'air s'échauffe et monte avec la vapeur qu'il contient; il se refroidit pendant son ascension, et dans l'après-midi l'orage éclate. Vers le soir, le mouvement ascendant s'arrête et le soleil se couche dans un ciel rasséréné.

Les vents de pluie sont ceux qui, apportant sur terre les vapeurs qu'ils ont enlevées à l'océan, les abandonnent sous forme de pluie ou de neige. Les contre-alizés qui, dans un hémisphère ou dans l'autre, se dirigent des régions chaudes et maritimes vers des régions plus froides, arrivent chargés de vapeurs abondantes. Elles se condensent par le refroidissement lorsque, franchissant les calmes des tropiques, les contre-alizés, devenus vents généraux, redescendent à la surface du sol. Tels sont, dans tout l'hémisphère nord, les vents pluvieux du sud-ouest. Il en est de même de la mousson du sud-ouest dans l'océan Indien; elle verse des torrents d'eau sur les côtes occidentales de l'Hindoustan. Celle qui souffle de l'Atlantique sur la côte d'Afrique, alimente par ses pluies les sources du Niger et des fleuves du Sénégal.

D'une façon générale, ce sont donc les contre-alizés qui arrosent les deux hémisphères. Cependant il existe entre ceux-ci une grande différence dans la quantité de pluie reçue; c'est celui où l'évaporation est la plus faible, parce que la surface océanienne y est plus petite, qui est cependant le plus abondamment arrosé. L'hémisphère nord contient des surfaces à peu près égales en terre et en eau, tandis que dans l'hémisphère sud on trouve plusieurs fois autant de mer que de terre. Dans chacun d'eux, la pluie alimente de grands collecteurs, qui sont les fleuves. Eh

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

bien, l'hémisphère sud ne contient d'autre fleuve important que le Rio de la Plata; l'Afrique méridionale et la Nouvelle-Hollande n'en renferment aucun. Tous les grands fleuves sont situés dans l'Amérique septentrionale, en Asie, en Europe et dans le nord de l'Afrique. Le plus grand fleuve du monde, l'Amazone, appartient, il est vrai, aux deux hémisphères. Situé à peu près sous l'équateur, il se dirige de l'ouest à l'est et reçoit des affluents, venant les uns du nord, les autres du sud; mais ils appartiennent à la zone équatoriale et, suivant les époques de l'année, se trouvent alternativement dans la saison humide. Aussi le débit de l'Amazone reste-t-il à peu près le même d'un bout de l'année à l'autre.

Maury explique de la manière suivante l'inégalité dans l'arrosement des deux hémisphères. Les alizés, après s'être élevés dans la région des calmes équatoriaux, ne se déverseraient pas, à la partie supérieure de l'atmosphère, sur l'hémisphère d'où ils viennent; ils s'entre-croiseraient en même temps qu'ils s'élèvent, de manière que l'alizé sud-est de l'hémisphère austral deviendrait le contre-alizé sud-ouest de l'hémisphère boréal, et réciproquement. Dans cette manière de voir, les pluies qui arrosent l'Europe proviendraient des vapeurs enlevées à l'Atlantique méridional; le Saint-Laurent et le Mississipi seraient alimentés par les régions tropicales de l'océan Pacifique austral. D'un autre côté, de grandes surfaces continentales existent dans la portion nord de la zone torride; aussi l'étendue de surface océanienne sur laquelle souffle l'alizé nord-est n'est guère que les deux tiers de celle qui est parcourue par l'alizé sud-est. La surface d'évaporation étant ainsi plus petite, on comprend que, dans l'hypothèse de Maury, l'alizé nord-est, devenu le contre-alizé nord-ouest de l'hémisphère austral, ne doit lui apporter que les deux tiers de l'eau reçue par l'hémisphère boréal. C'est à peu près ce qui existe en réalité.

La géographie enseigne que les rivières prennent leur source dans les montagnes. L'élévation du sol est donc une cause d'ac-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

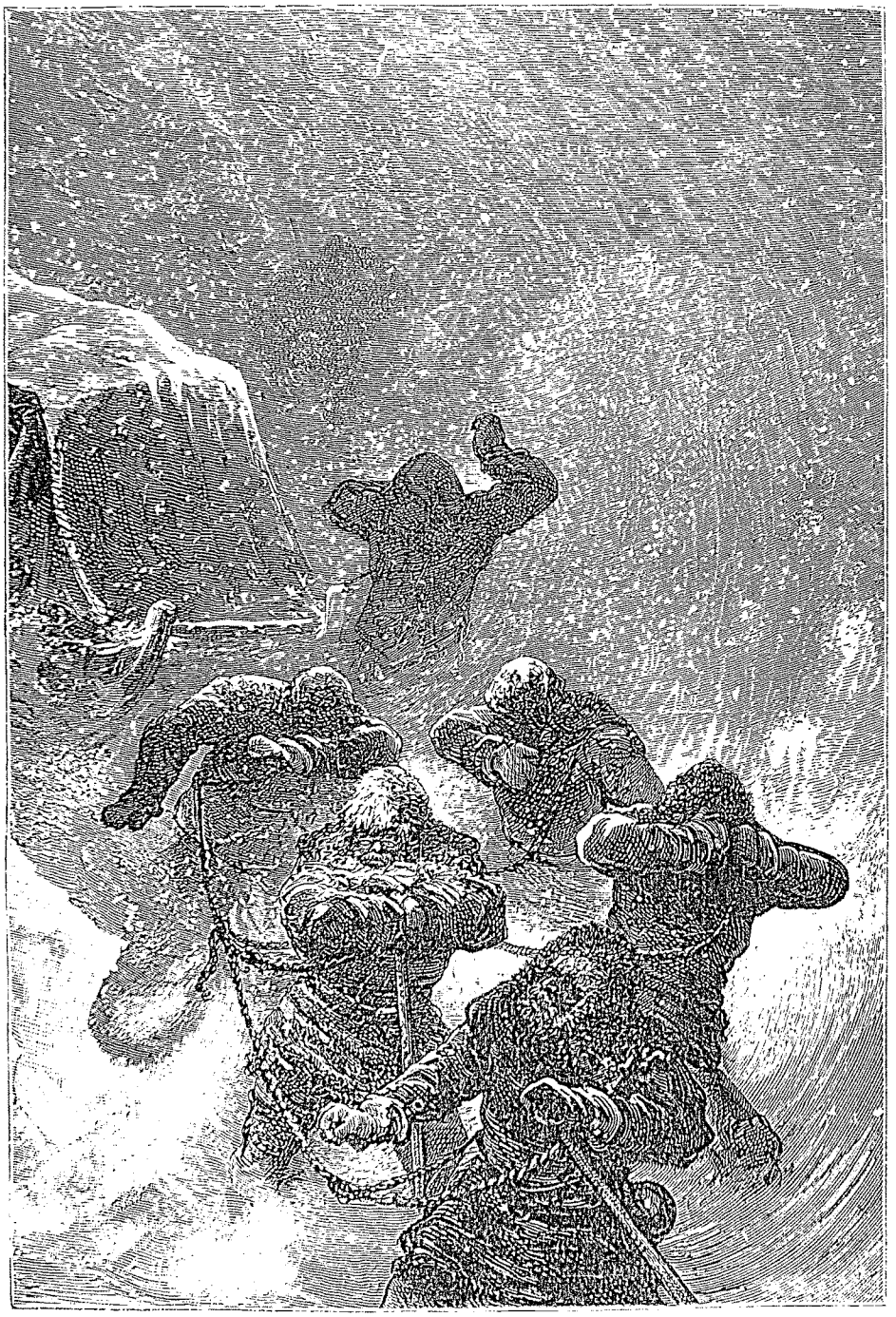
croissement dans la quantité de pluie. La chose paraît au premier abord très simple : il fait plus froid, en effet, à mesure qu'on s'élève, et l'abaissement de la température a pour conséquences la condensation de la vapeur d'eau et la formation des nuages. Ce raisonnement n'est pas absolument juste; car les deux versants d'une montagne devraient alors être arrosés à peu près également. Que se passe-t-il en réalité?

Le long de la côte occidentale de l'Amérique du sud est la chaîne majestueuse des Andes. Au pied de ces montagnes, sur le bord de l'océan Pacifique, se trouvent le Pérou, sur lequel il ne tombe jamais une goutte d'eau, et le Chili, où la couche annuelle de pluie est, en moyenne, de 3 mètres, six fois plus qu'à Paris. D'où vient cette différence? Le Pérou est dans la zone des vents alizés : ils soufflent du sud-est et rencontrent d'abord le versant oriental des Andes qu'ils sont forcés de remonter. Ils se refroidissent, par la dilatation de l'air, à mesure qu'ils gravissent les montagnes, et déversent sur ce versant toute l'eau qu'ils contenaient. C'est pendant l'ascension que s'opère la condensation de la vapeur : le faîte de la chaîne dont la température est la plus basse est déjà moins arrosé, et le versant occidental des Andes, c'est-à-dire le Pérou ne reçoit aucune pluie. L'apparition d'un nuage est dans ce pays un véritable événement, et la population s'assemble pour contempler ce spectacle insolite. Une des richesses du Pérou, le guano des îles Chincha, formé d'excréments d'oiseaux, a conservé ses propriétés fertilisantes, parce qu'il n'a jamais été lavé par la pluie.

Le Chili, situé plus au sud, est pendant l'hiver en dehors de la région des vents alizés. En juin et juillet, il reçoit les vents chauds du nord-ouest, qui, venus du Pacifique chargés d'humidité, rencontrent bientôt la barrière des Andes. Pour la franchir, ces masses d'air sont forcées de monter; elles se dilatent donc, se refroidissent et laissent tomber sur la bande de terre située entre l'Océan et les Andes une couche d'eau de 3 mètres environ d'épaisseur.

Le Pérou et le Chili, placés géographiquement dans une situa-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



TEMPÊTE DE NEIGE DANS LES RÉGIONS POLAIRES

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

tion analogue, reçoivent donc des quantités de pluie très différentes. C'est que les vents dominants n'y ont pas la même direction, et que, dans un massif montagneux, la pluie tombe toujours sur celui des deux versants qui est gravi par le courant d'air humide. Une chaîne de montagnes, placée comme un obstacle à la rencontre du vent, agit, pour ainsi dire, mécaniquement sur la masse d'air; elle en fait sortir l'humidité, comme on exprime l'eau d'une éponge en la pressant. Plus les montagnes sont élevées et à pentes rapides, plus l'obstacle est puissant, plus la masse d'air sera desséchée et dépouillée complètement de sa vapeur d'eau. Un autre exemple va nous le montrer d'une manière frappante.

La côte occidentale de l'Hindoustan présente une configuration analogue à celle de l'Amérique du sud. Une chaîne longitudinale de montagnes, les Ghatts, joue vis-à-vis des alizés du nord-est le même rôle que les Andes par rapport à ceux du sud-est. Elle leur enlève leur humidité et les dessèche si bien, que la bande de terre située entre la montagne et l'océan Indien devrait être aussi complètement privée d'eau que le Pérou. Mais au mois d'avril l'alizé cesse de souffler; la mousson du sud-ouest, toute chargée des vapeurs de l'océan Indien, vient rencontrer le versant occidental des Ghatts et y verse une quantité d'eau extraordinaire. On a vu des pluies donner alors jusqu'à 55 centimètres d'eau en un seul jour. Aussi la côte occidentale de l'Inde, au lieu d'être desséchée, reçoit annuellement de 4 à 7 mètres d'eau, suivant les localités.

Mais les Ghatts n'ont pas une hauteur suffisante pour faire sortir de la mousson toute l'eau qu'elle contient : une partie franchit la montagne sur les ailes du vent. La mousson continue sa route à travers l'Inde et vient se heurter contre le massif de l'Himalaya. Cette chaîne, de 8000 mètres de hauteur, oppose au vent le plus puissant obstacle qu'il ait à gravir sur toute la surface de la terre. La mousson abandonne alors sur le versant méridional de l'Himalaya, à l'état de pluie et de neige, toute la vapeur d'eau dont elle était encore chargée; aussi, en arrivant

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sur les plateaux du Tibet, ne lui reste-t-il plus de quoi donner naissance à un nuage. La sécheresse la plus absolue y règne constamment, tandis que le pied et le versant méridional de l'Himalaya reçoivent la plus énorme quantité d'eau qui tombe en aucun point du globe. Alors que, dans les plaines basses du Gange, à Calcutta, il tombe seulement 2 mètres d'eau par an, à Tchera-Pondjee, située à 160 kilomètres au nord-est, dans une vallée des monts Khasi, la couche d'eau qui tombe annuellement atteint une moyenne de 16 mètres : en 1861, elle s'est élevée à 20 mètres et demi. Cette localité reçoit donc en 12 mois autant d'eau qu'Alexandrie, en Égypte, pendant un siècle. Une seule averse, véritable déluge, y versa dans l'espace de 4 heures une épaisseur d'eau de 76 centimètres, une fois et demie ce qui tombe à Paris en un an. On comprend dès lors pourquoi la base de l'Himalaya est bordée d'une zone marécageuse dont les voyageurs doivent traverser rapidement les jungles pour échapper aux fièvres et à la mort.

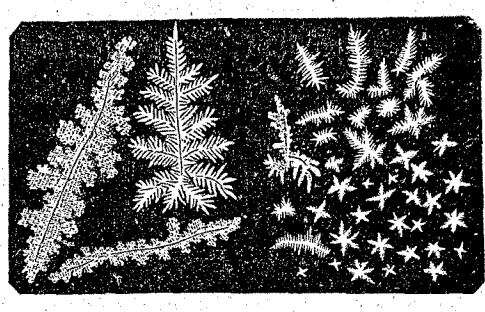
Les exemples qui précèdent font comprendre le rôle véritable des montagnes dans la distribution des pluies. La condensation des vapeurs se produit sur le versant rencontré et remonté par le courant d'air humide. Dans nos pays, ces effets sont surtout facilement observables en été. Tout le monde sait qu'en Suisse, par exemple, les pluies et les brouillards sont, au grand déplaisir des touristes, très fréquents pendant la belle saison. En voici la raison. Pendant l'hiver, les vents humides du sud-ouest viennent rencontrer les côtes européennes sensiblement plus froides que l'atmosphère océanienne; la température y est trop basse pour qu'ils puissent retenir toute la vapeur qu'ils contiennent : des pluies abondantes se font sentir sur le littoral. En été, les surfaces continentales sont échauffées; la vapeur apportée par les mêmes vents les traverse, et ne se condense plus que dans les régions montagneuses.

C'est pour le même motif qu'en Europe le littoral reçoit son maximum de pluies en hiver, tandis que ce maximum a lieu en été pour l'intérieur du continent.

La vie aérienne de l'eau, commencée au moment où la vapeur se

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

forme à la surface de l'océan, prend fin lorsque, perdant définitivement l'état gazeux, la goutte d'eau cesse de faire partie de l'atmosphère et retombe sous forme de gouttes de pluie ou de flocons de neige. Pour elle commence alors la vie terrestre, où nous allons la suivre dans les chapitres suivants.



CRISTAUX DE GIVRE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

LA SOURCE DU LOIRET.

CHAPITRE III

LES EAUX SOUTERRAINES

I. — NAPPES SOUTERRAINES. — SOURCES.

La mer est le grand réservoir des eaux sur la terre : c'est elle qui fournit incessamment à l'atmosphère la masse d'eau qu'elle retient, aussi bien à l'état de vapeurs invisibles que sous forme de nuages et de brouillards; et comme l'eau qui arrose les champs ou les jardins tombe du ciel, c'est en réalité de la mer que viennent toutes les eaux rencontrées à la surface des continents. Comment se fait-il donc que le niveau de l'océan ne s'abaisse pas? Que devient, d'un autre côté, cette couche de neiges et de pluies dont l'épaisseur devrait s'accroître sans cesse? Par quels moyens le sol parvient-il à s'en débarrasser, après l'avoir utilisée? Ces moyens, nous allons les rechercher : et nous

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

verrons que tout ce qui vient de l'océan finit par y retourner. Sans parler de la pluie qui retombe directement à la mer, une véritable circulation s'établit entre l'océan et les continents, par l'intermédiaire de l'atmosphère. Elle est aussi nécessaire à la vie du globe que la circulation du sang et celle de la sève sont indispensables à la vie des animaux et des plantes. Voyons donc ce que deviennent les pluies et les neiges, lorsque, après avoir voyagé avec les vents, tourbillonné dans les cyclones, elles sont tombées à la surface du sol.

Observez ce qui se passe, en été, après une pluie très légère. Les toits, les trottoirs, le pavé des rues sont à peine mouillés; au milieu d'une atmosphère chaude, au contact des surfaces échauffées par les rayons du soleil, le peu d'eau qui les recouvre *s'évapore* et disparaît aussi vite qu'il était tombé : l'atmosphère, d'où l'eau était venue, l'a recueillie de nouveau.

Mais ce ne sont plus quelques gouttes de pluie seulement, c'est une averse qui vient de tomber, c'est un orage qui a passé sur la ville. L'eau ruisselle sur les toits, car leur qualité est de ne pas se laisser traverser par la pluie; pour servir de parapluies à nos maisons, ils doivent être *imperméables*. Au dehors, l'eau coule de toutes parts sur les trottoirs, les chaussées; devant chaque maison, des torrents jaillissent par les tuyaux de descente et apportent à la rue le contingent de liquide tombé sur les toits. Tant que dure l'orage, les ruisseaux grossissent et envahissent la rue; mais dès que l'averse cesse, ils diminuent peu à peu, se vident dans les égouts et sont bientôt à sec comme auparavant. Cette fois encore, la pluie a disparu : elle n'a cependant pas eu le temps de s'évaporer; elle a *ruisselé* à la surface d'un terrain artificiel, bien imperméable et dont les pentes étaient ménagées avec soin.

Après l'orage, faites une promenade dans un jardin, et, s'il est bien soigné, vous n'y trouvez pas plus d'eau que dans les rues. Les allées ne sont cependant ni pavées, ni couvertes de dalles ou de bitume; elles sont, au contraire, garnies de sable et de gravier; les plates-bandes, soigneusement bêchées, sont recou-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

vertes d'une terre légère et spongieuse; aussi, quand la pluie est tombée, elle a traversé le sable par les milliers de canaux que les grains laissent entre eux, et a imbibé la terre des plates-bandes; elle *s'est infiltrée* à travers les couches *perméables* qui formaient la surface du sol, et s'est cachée dans les profondeurs du terrain.

Ces observations nous permettent de comprendre ce qui se passe en grand dans la nature : toute l'eau qui tombe sur le sol, sous forme de pluie ou de neige, se partage, suivant son abondance et d'après la nature du terrain, entre l'*évaporation*, le *ruissellement* et l'*infiltration*.

Le rôle de l'évaporation dans l'assainissement du sol est très variable avec les climats et les saisons : à peu près nulle dans les régions polaires ou sur les hauteurs glacées des montagnes, elle acquiert une grande importance dans les régions tropicales, et même dans nos pays, surtout en été. On peut poser en principe que, dans les contrées de la zone tempérée, les pluies d'été ne profitent pas aux cours d'eau, surtout quand se produisent des alternatives de pluies et d'embellies. En moyenne, la part de l'évaporation est considérable; mais cette eau n'est pas perdue, car une bonne partie sert à la végétation et ne retourne à l'atmosphère qu'après avoir circulé à travers les tissus des plantes. Dans le bassin de la Seine, l'évaporation enlève environ les deux tiers de la pluie tombée pendant l'année; dans celui du Mississipi, la proportion s'élève aux trois quarts. Enfin dans certains pays où les pluies sont peu abondantes, toute l'eau disparaît par l'évaporation; on n'y voit ni fontaines, ni ruisseaux, ni cours d'eau. Telles sont les steppes de la Russie méridionale et la partie du continent asiatique désignée sous le nom de *Han-Haï* (mer desséchée) : non seulement les rivières ont disparu de ces contrées, mais les lacs qui s'y trouvaient se sont évaporés, en laissant sur le sol d'abondantes efflorescences salines.

La pluie qui ne s'évapore pas suit deux routes, l'une au-dessous du sol, l'autre au-dessus. Une partie coule à la surface et alimente les ruisseaux ou les torrents, les lacs, les rivières et les fleuves; l'autre s'infiltre dans la terre et, après quelque temps d'une vie

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

souterraine, reparaissant au jour sous forme de sources, va grossir les ruisseaux et les fleuves. Suivons d'abord la portion souterraine des eaux.

Certains sols sont légers et poreux, d'autres formés de roches compactes : ils diffèrent beaucoup les uns des autres par la quantité d'eau qu'ils laissent passer. Un lit de sable est *perméable*, parce que les grains ne se touchent qu'en certains points et laissent entre eux des espaces vides où l'eau se fraye facilement un passage. Une couche d'argile est, au contraire, *imperméable;* les particules très fines qui la forment sont étroitement liées entre elles et offrent une résistance absolue au passage de l'eau. Partout où se présente une couche d'argile, l'eau est incapable de la traverser, soit pour gagner les parties inférieures du sol, soit pour remonter à la surface. Beaucoup de roches dures, que l'on croirait imperméables, laissent passer l'eau avec plus ou moins de facilité; les unes, comme les grès, parce qu'elles sont poreuses; les autres, parce qu'elles sont traversées par des fissures, des crevasses ou même de larges fentes. Ces galeries livrent passage à l'eau souterraine. Le calcaire, par exemple, est en général une roche dure, à travers les grains de laquelle l'eau ne saurait filtrer; mais elle est remplie de fissures ou *joints* si larges, qu'elle livre passage à de grandes masses d'eau.

Les eaux provenant de la pluie, des brouillards ou de la fonte des neiges peuvent donc s'infiltrer dans les roches, quand elles sont perméables, soit par elles-mêmes, soit à cause des fissures qu'elles renferment. Elles descendent alors et imprègnent le terrain jusqu'à ce que, celui-ci changeant de nature, elles rencontrent une couche imperméable. De moins en moins accessibles à l'évaporation, elles s'accumulent alors et forment une *nappe souterraine*. C'est dans ces nappes que l'on va chercher l'eau au moyen de puits, ici à une profondeur de quelques mètres à peine, là à 30, 40, 50 et même 100 mètres au-dessous du sol. La couche sur laquelle repose la nappe souterraine n'est pas toujours parfaitement horizontale : elle peut être inclinée, présenter des saillies ou des cavités en forme de cuvettes. Celles-ci constituent

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

de véritables réservoirs, et le puits qui vient y descendre ne tarit jamais.

Beaucoup de personnes croient ces nappes souterraines alimentées par les fleuves ou les rivières : rien n'est moins vrai, car la plupart de ces nappes finissent, au contraire, par se déverser dans les cours d'eau. On en trouve dans le voisinage des fleuves et à un niveau tout différent. Ainsi, à Paris, sur la place de l'Arc-de-Triomphe, la nappe souterraine se tient à 10 mètres au-dessus

PUITS DANS LE DÉSERT.

de la Seine. Près de Saint-Germain-en-Laye, dans la plaine du Vésinet et de Croissy, s'en rencontre une autre très importante qui passe sous la Seine et se retrouve au bas des coteaux de Bougival : son niveau est invariablement à 8 ou 10 mètres au-dessous du fleuve, aussi bien lors des crues que par les basses eaux, et la composition de l'eau ne permet pas de la regarder comme provenant des infiltrations de la Seine.

A Venise, on se procure de l'eau douce au moyen de puits descendant au-dessous des lagunes. Celles-ci sont peu profondes : leur fond argileux et inégal est rempli d'îlots boueux dont beaucoup

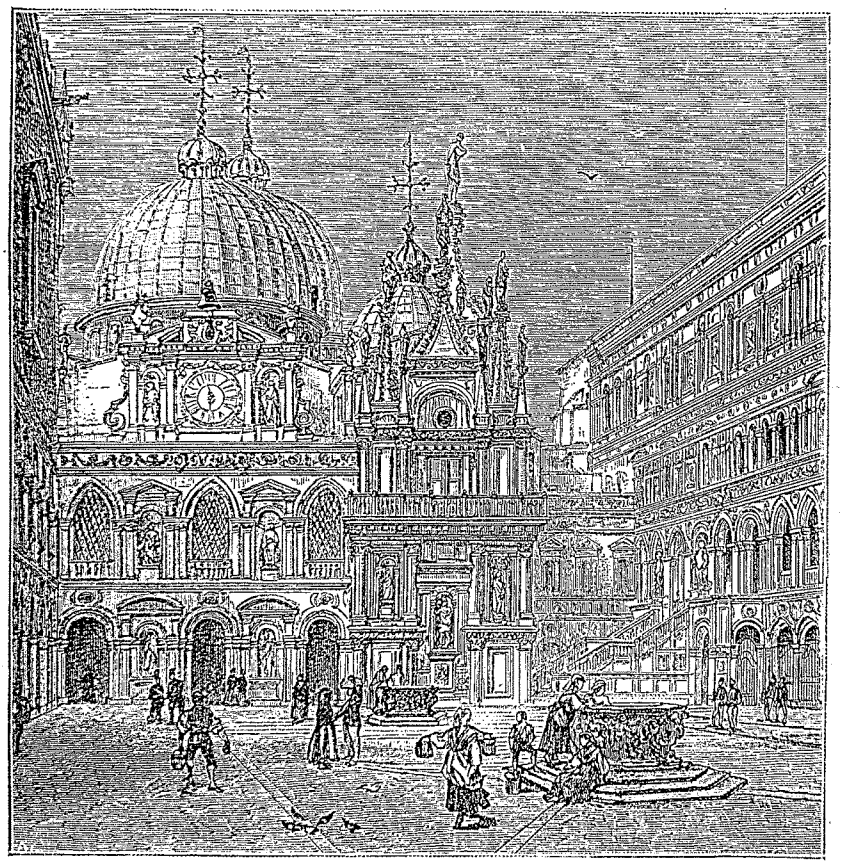
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

émergent à marée basse. C'est sur des groupes d'îlots de ce genre que Venise est bâtie. L'eau des lagunes pénètre dans les canaux qui séparent les groupes de maisons et entoure si bien la ville, que le chemin de fer, pour y pénétrer, est obligé de passer sur un pont de 220 arches et de 4600 mètres de longueur. Les lagunes communiquent avec l'Adriatique par un certain nombre de passages : aussi leur eau, sans être aussi salée que l'eau de mer, est saumâtre et absolument impropre à la boisson. Avoir de l'eau douce dans ces conditions semblait fort difficile : on y est arrivé au moyen de puits qui traversent le fond argileux des lagunes et vont chercher, à une grande profondeur, une nappe souterraine dont l'eau, sans être de première qualité, suffit cependant pour la boisson et les usages domestiques. Ces puits ne sont pas très nombreux : aussi y voit-on, surtout aux heures matinales, une nombreuse réunion de Vénitiennes armées de grands seaux de cuivre. Deux de ces puits se trouvent près de la place Saint-Marc, dans la cour du Palais des Doges. Leurs magnifiques margelles de bronze portent à l'intérieur de nombreux sillons produits par le frottement des cordes auxquelles on attache les seaux : c'est un témoignage certain que ces fontaines ne sont pas restées inactives; aujourd'hui encore, les habitants peuvent, à certaines heures, venir y puiser de l'eau.

Si la surface du sol était unie et horizontale, les eaux des nappes souterraines resteraient cachées dans les profondeurs de la terre et ne reparaîtraient jamais au jour; mais les véritables pays de plaines sont assez rares : presque partout on rencontre des coteaux et des vallons; presque toujours aussi le fond des vallées est remarquablé par son humidité. Nulle part le contraste ne s'observe mieux que dans la Champagne : de longues files de saules et de peupliers s'élèvent du sein d'un marais tourbeux, entre deux coteaux d'une craie blanche où l'œil cherche en vain quelques touffes d'arbustes. Partout les vallées présentent un aspect analogue : les terrains environnants peuvent être durcis par le soleil; elles restent humides en dépit de la chaleur. D'où tirent-elles leur eau? De nappes souterraines d'autant plus rappro-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

chées de la surface du sol que les vallées sont plus profondes. L'eau vient alors d'en bas; elle filtre du sol, et ce suintement continuel entretient son humidité. En certains endroits même, l'eau ne suinte pas à travers la terre, elle s'échappe sous forme d'un ruisseau sortant d'un petit bassin : vous êtes en présence



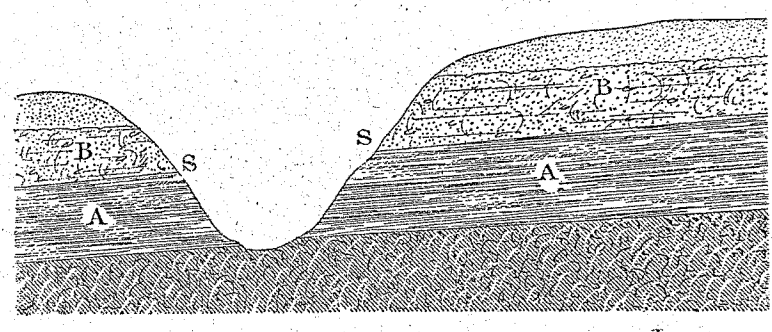
FONTAINES PUBLIQUES DANS LA COUR DU PALAIS DES DOGES A VENISE.

d'une *source*. Observez de près le bassin de la source et vous y verrez le bouillonnement plus ou moins fort produit par l'arrivée de l'eau; agitez l'eau du bassin avec un bâton, de manière à la troubler, le filet d'eau clair sortant du sol chassera la boue et se reconnaîtra nettement au milieu du liquide.

Les sources ne se produisent pas seulement dans le fond des

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

vallées : elles se rencontrent fréquemment sur le flanc des coteaux. La source sort de terre, dans les cas les plus ordinaires, au point S où vient affleurer un terrain perméable B, imprégné d'eau, qui repose lui-même sur une couche de terrain argileux imperméable A. L'eau qui tombe sur le plateau pénètre dans le sol et imbibe le terrain supérieur : arrêtée par la couche d'argile, elle s'accumule et forme une nappe souterraine qui, trouvant le chemin libre en S, se répand au dehors. Les coteaux des environs de Paris offrent de nombreux exemples de ce genre de sources. Les sables dits de Fontainebleau y recouvrent une terre argileuse imperméable, désignée sous le nom de *marne verte*. Quiconque après une averse se promène, par exemple, sur les coteaux de



FORMATION D'UNE SOURCE.

Meudon, remarque la différence entre le sol sablonneux qui reste parfaitement sec, et l'argile détrempée et gluante, d'où l'on a peine à sortir. Une ligne de sources marque la séparation des deux terrains : ce sont elles qui entretiennent la verdure et la fraîcheur sur les coteaux des environs de Paris, et donnent à la capitale sa magnifique ceinture d'ombrages. Bellevue, Ville-d'Avray, Montmorency, Brunoy doivent aux petites sources des marnes vertes leurs nombreuses villas; Vaux et Ferrières, leurs splendides châteaux.

Les sources ne se produisent pas de la même façon dans les terrains calcaires. L'eau s'infiltre régulièrement à travers le sable et y donne naissance à des nappes continues : dans le calcaire, elle ne peut passer que par les fissures de la roche. Comme celle-ci

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

devient toujours compacte à partir d'une certaine profondeur, l'eau d'infiltration, arrêtée dans son mouvement descendant, se rassemble dans des poches ou des crevasses. La masse liquide ainsi accumulée est poussée par celle qui descend de la surface : elle cherche à s'échapper dans une direction quelconque, s'engage dans d'autres fissures, remonte sous l'influence de la pression et finit par atteindre la surface en un point moins élevé que celui d'où elle était partie. Après mille circonvolutions, elle sort enfin et produit une source. En réalité, l'ensemble des fissures et des cavités dont les roches calcaires sont remplies, constitue un système de canaux et de réservoirs dans lequel s'établit une véritable circulation : la pluie remplit ces réservoirs naturels que les sources vident incessamment.

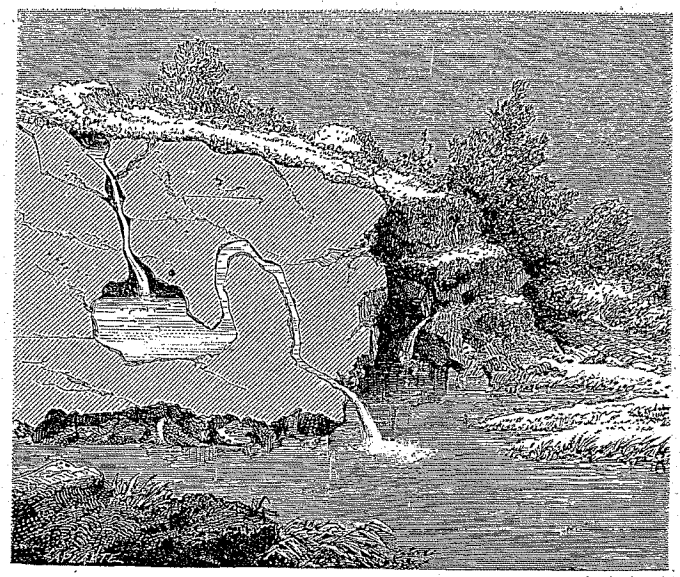
UNE SOURCE.

On trouve quelquefois des sources dont l'écoulement, au lieu d'être continu, est intermittent. Il y a de ces fontaines qui, après avoir donné de l'eau pendant plusieurs jours ou plusieurs mois, s'arrêtent pendant un temps plus ou moins long, puis recommencent à couler. Pour d'autres, ces périodes d'activité et de repos se renouvellent plusieurs fois par heure. On explique ces singuliers phénomènes en admettant que les cavités intérieures de la roche ont une forme analogue à celle qui est représentée sur la figure (page 146). Une poche ou réservoir communique avec l'orifice de la source par un canal en forme de siphon. La poche se remplit par l'arrivée des eaux; mais elle ne commence à se vider qu'au moment où le niveau est assez élevé pour que le siphon s'amorce. L'écoulement se produit alors, et continue jusqu'à ce que le niveau soit descendu dans le réservoir au-dessous de l'entrée du canal; il cesse à cet instant

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

et recommence seulement lorsque le réservoir s'est rempli jusqu'à son niveau primitif.

On rencontre souvent d'énormes sources sortant des anfractuosités des roches calcaires; mais elles ne sont pas toujours produites exclusivement par des eaux d'infiltration. Il arrive que des ruisseaux, après avoir coulé pendant quelque temps sur un sol argileux superposé à un calcaire, se perdent tout à coup dans une crevasse de ce dernier et reparaissent, bien



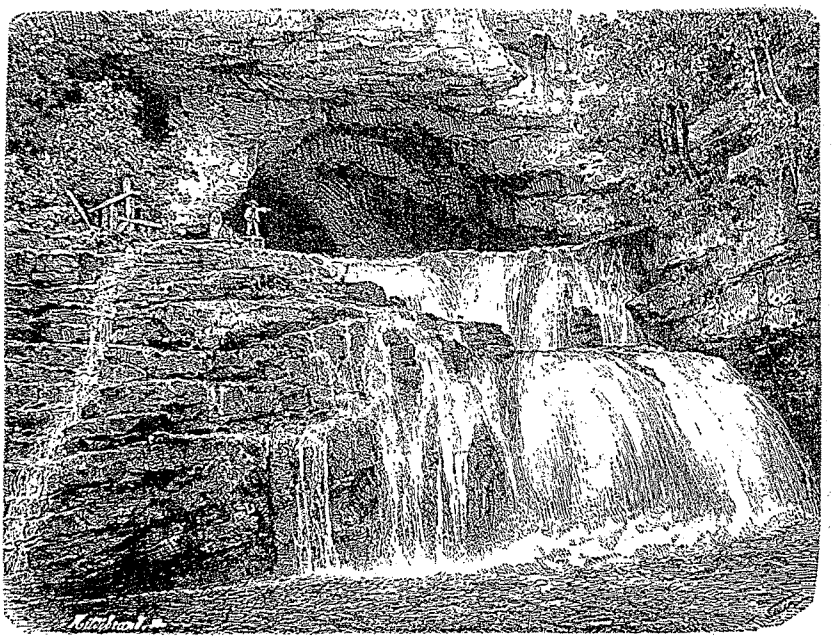
SOURCE INTERMITTENTE.

loin de là, à un niveau inférieur. A quelques kilomètres de Salins est la fontaine du Lison, remarquable par sa belle cascade et le volume de ses eaux. On peut voir, sur la hauteur voisine, des cours d'eau déjà importants s'engouffrer dans un vaste trou, nommé le Puits-Billard. Leurs eaux semblent se perdre, mais il n'en est rien : ce sont elles qui, après avoir suivi pendant 4 ou 500 mètres une route souterraine, s'élancent d'une sorte de grotte et forment la source du Lison.

Non loin d'Angoulême sont les sources de la Touvre, alimentées par deux ruisseaux, le Bandiat et la Tardoire, qui dispa-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

raissent dans des abîmes à 5 et à 12 kilomètres de la Touvre. Celle-ci prend naissance par trois sources : l'une sort d'une grotte profonde, au pied d'un talus escarpé; une autre jaillit à gros bouillons dans une vasque de rochers; la troisième se montre au milieu d'une vaste prairie humide. Il en résulte trois rivières, qui se réunissent bientôt en une seule ayant plus de 100 mètres



LA SOURCE DU LISON.

de largeur. Aussi peut-elle immédiatement faire mouvoir les machines de la fonderie de canons de Ruelle.

Chaque pays possède ainsi de belles sources qui restent à l'état de curiosités locales; il leur a manqué d'être chantées par un poète. La fontaine de Vaucluse a eu cet honneur et doit aux vers de Pétrarque sa grande célébrité. « Au fond d'une gorge étroite que domine une enceinte de rochers dont les parois ont plus de deux cents mètres de hauteur, sans autre végétation qu'un seul figuier qui s'accroche à la pierre, la Sorgues jaillit d'un talus de débris amoncelés devant l'ouverture d'une grotte.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

C'est au-dessous de ce porche sombre que s'étale la nappe bleue de la fontaine, reflétant la voûte du rocher. Quand les pluies ont été fortes sur les plateaux voisins, tout percés d'abîmes qui laissent pénétrer les eaux dans les fissures des rochers, quand la Nesque et le Calavon ont gonflé la source par leurs infiltrations souterraines, elle déborde par-dessus le talus de débris et descend du seuil de l'ouverture en cascade d'un blanc jaunâtre. La masse des eaux de la Sorgues est alors de 20 à 25 mètres cubes par seconde; c'est un véritable fleuve: même en temps ordinaire Vaucluse est l'équivalent d'une petite rivière. »

Le site de Vaucluse a inspiré au poète provençal Mistral de charmantes strophes, que l'on peut ainsi traduire :

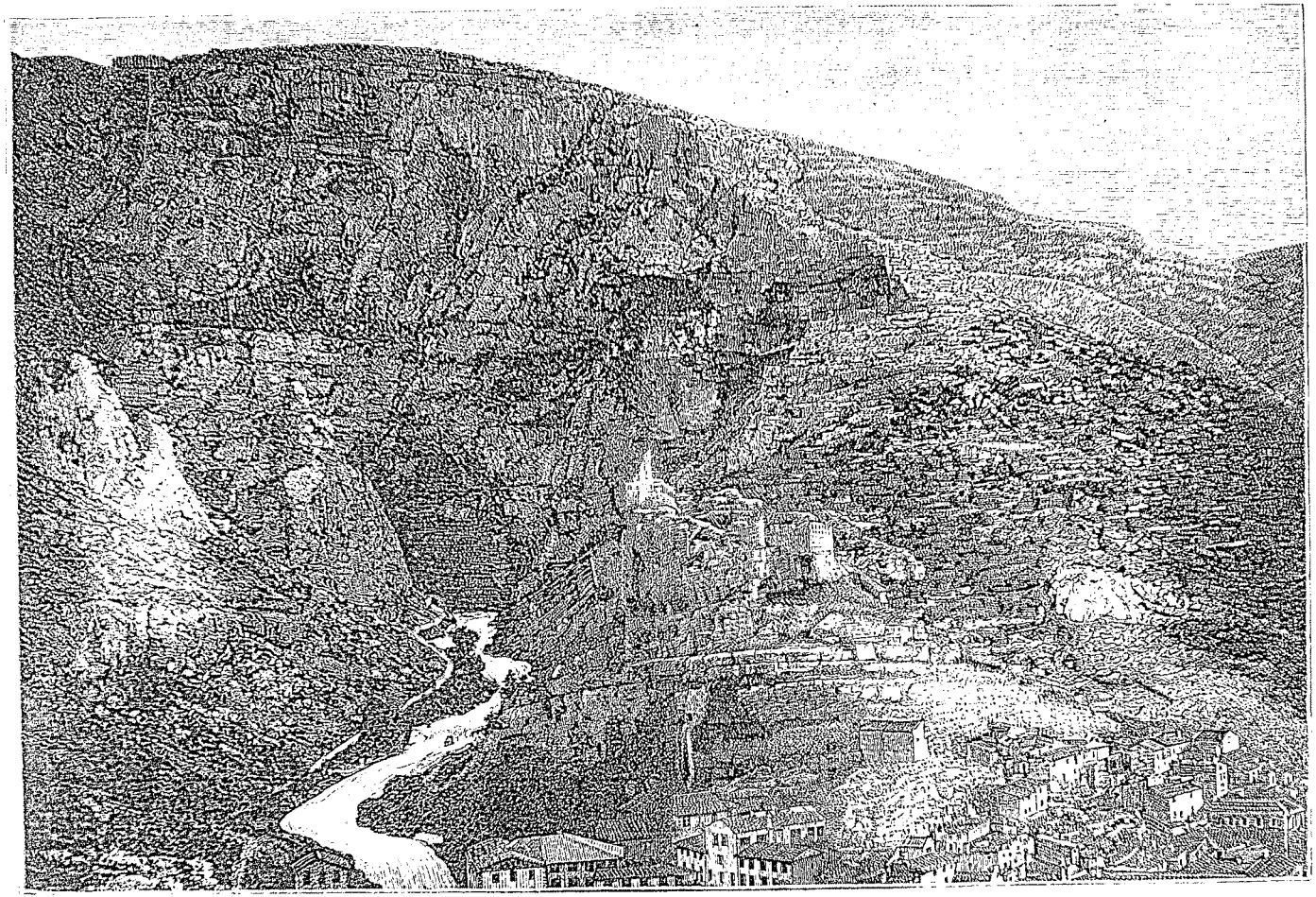
« Un jour, dans mon chemin, je vis un figuier cramponné à la roche nue, contre la grotte de Vaucluse, et si maigre, hélas! qu'une touffe de jasmin donnerait plus d'ombre aux lézards gris.

« Une fois par an, l'onde voisine vient clapoter vers ses racines; l'arbuste boit avidemment, et tout son soûl, à l'abondante fontaine qui s'arrête à lui pour le désaltérer. Cela lui suffit pour vivre toute l'année.

« C'est mon histoire, à moi, car je suis, Mireille, le figuier, et toi la fraîche fontaine. Et plût au ciel (ah! ce serait trop de bonheur) qu'une fois l'an je pusse, à genoux comme à présent, m'ensoleiller aux rayons de ton doux visage!... »

Les eaux des nappes souterraines ne peuvent fournir de sources que si elles rencontrent le fond d'une vallée ou un orifice d'écoulement sur le flanc d'un coteau. Toute l'eau des nappes situées au-dessous des vallées profondes reste emmagasinée dans le sol; aussi les couches superficielles de l'écorce terrestre peuvent être considérées comme saturées d'eau. Dans les mines, même en l'absence de toute fissure, on voit l'eau suinter constamment sur les parois des galeries, et l'on doit faire des travaux considérables pour empêcher l'inondation.

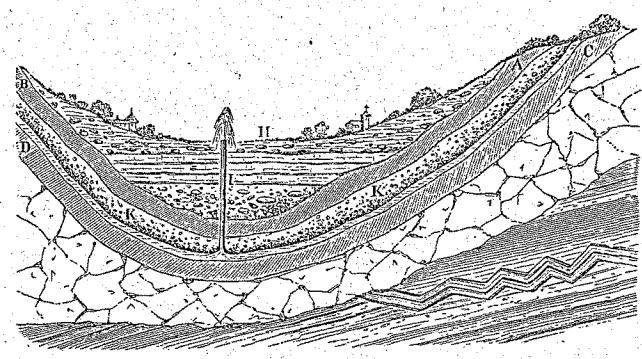
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



FONTAINE DE VAUCLUSE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Une couche de sable qui, après s'être montrée au jour sur une étendue suffisante, descend au-dessous d'autres roches, devient un véritable réservoir d'eau situé dans les profondeurs du sol. Supposons que les couches du terrain présentent, comme dans notre figure, la forme d'une cuvette, et que la couche perméable de sable KK soit enfermée entre deux couches imperméables AB et CD. Toutes les eaux qui tombent sur la surface émergée de la couche de sable, descendent en suivant son inclinaison, et s'accumulent dans le bassin étanche formé par la couche CD. Retenues par la couche AB, elles ne peuvent remonter à la surface, bien qu'elles supportent la pression de

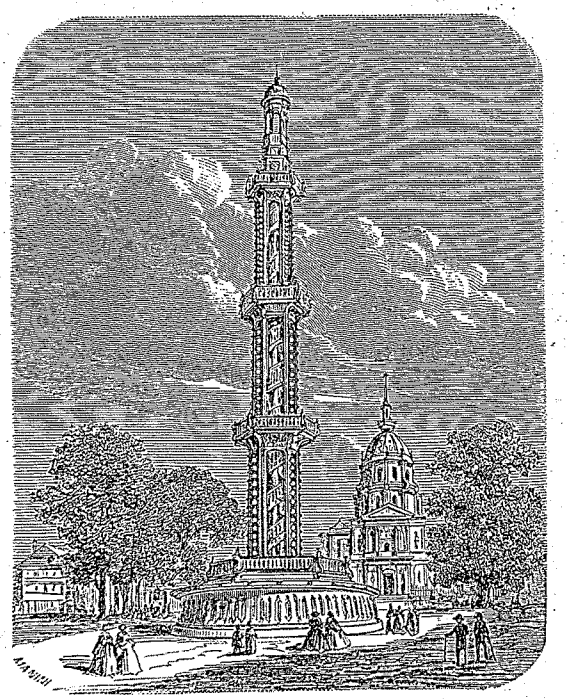


THÉORIE DES PUITS ARTÉSIENS.

l'eau des régions élevées environnantes; mais si l'on vient à percer un trou en quelque point du terrain H, l'eau s'élancera par ce forage, dès qu'il aura traversé la couche AB : elle pourra même jaillir à une certaine hauteur, si les points où la couche de sable apparaît à la surface sont assez élevés. Nous avons supposé, pour plus de clarté, que la nappe d'eau souterraine, capable de fournir une fontaine jaillissante, était enfermée entre deux couches imperméables. Cela n'est pas nécessaire : il suffit, si la nappe est profonde, qu'elle soit comprimée par une couche d'argile à sa partie supérieure. Les profondeurs du sol sont saturées d'eau et la nappe n'a aucun moyen de pénétrer à l'intérieur de la terre : elle ne pourrait se perdre que si elle avait quelque part une communication avec la mer.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Les puits établis dans ces conditions portent le nom de *puits artésiens*, du nom de la province d'Artois, où les premiers sondages de ce genre ont été effectués. L'eau, dans ces sources jaillissantes artificielles, ne remonte jamais à la hauteur de son point de départ, à cause des frottements qu'elle éprouve dans son mouvement à travers le sable. On a toujours soin de laisser dans le trou de sonde le tube qui a servi au forage : il fonctionne



PUITS ARTÉSIEN DE GRENELLE.

comme tuyau de conduite, et empêche la déperdition de l'eau dans les couches perméables qu'elle peut avoir à traverser avant de revenir à la lumière. Au lieu de laisser l'eau jaillir librement, on prolonge le tube de sortie aussi haut que possible au-dessus du sol, et on le maintient par une sorte d'échafaudage. On obtient ainsi une véritable source qui peut servir à alimenter les quartiers élevés d'une ville, tandis que les sources naturelles sont généralement situées dans les cavités du terrain.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Il existe à Paris deux grands puits artésiens, celui de Grenelle et celui de Passy : leurs orifices d'écoulement sont à 40 mètres environ au-dessus du niveau moyen de la Seine. Le premier a 548 mètres de profondeur, le second 570 mètres; l'eau qu'ils donnent est à une température de 27 à 28 degrés. Nulle part d'ailleurs les conditions nécessaires au forage des puits artésiens ne peuvent être mieux réalisées qu'à Paris. Cette capitale occupe le centre d'un bassin géologique formé de cuvettes concentriques; leurs bords, relevés en anneaux, viennent affleurer à des altitudes d'autant plus grandes qu'on s'éloigne davantage vers le sud, l'est et le nord-est. L'une de ces cuvettes est formée par les *sables verts*, très perméables et séparés de la masse de craie qui les recouvre par une couche d'argile compacte, nommée *gault*. Les sables verts affleurent, sous forme de bande continue, depuis les Ardennes jusqu'à la vallée de la Loire, à une altitude qui est au moins de 100 mètres au-dessus du niveau de la mer. Aussi lorsque, après avoir percé le massif de craie au-dessous de Paris, on a atteint les sables verts, l'eau a jailli avec assez de force pour qu'on ait pu établir l'orifice d'écoulement des puits artésiens à 70 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

Le puits de Grenelle est le premier qui ait été foré à Paris. A l'origine, c'est-à-dire en 1842, son débit était de 5200 mètres cubes par jour, au niveau du sol (altitude $36^{m},6$). En forçant, au moyen d'une colonne de tubes, l'eau à s'élever jusqu'à l'altitude de 73 mètres, on a réduit le débit journalier à 1100 mètres cubes : on diminuait ainsi beaucoup le rendement, mais on pouvait distribuer l'eau à des quartiers élevés où elle faisait défaut. En 1852, par suite d'obstructions dans le trou de sonde, le débit du puits de Grenelle s'abaissait à 720 mètres cubes; en 1856, il remontait à 900; mais, en 1861, après le percement du puits de Passy, il se réduisit beaucoup et dans ces dernières années il était de 345 mètres cubes. Le forage du puits de Passy a donc influé notablement sur le débit de son voisin : il est vrai qu'il donnait, au début, 20 000 mètres cubes par jour au niveau du sol (altitude $53^{m},5$); son débit est réglé à 6200 mètres cubes sortant à l'alti-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

tude de 77 mètres. Il existe à Paris un troisième puits artésien appartenant à l'industrie privée : c'est celui de la raffinerie Say, ouvert en 1872. Il donne chaque jour 7200 mètres cubes d'eau à l'altitude de 55 mètres.

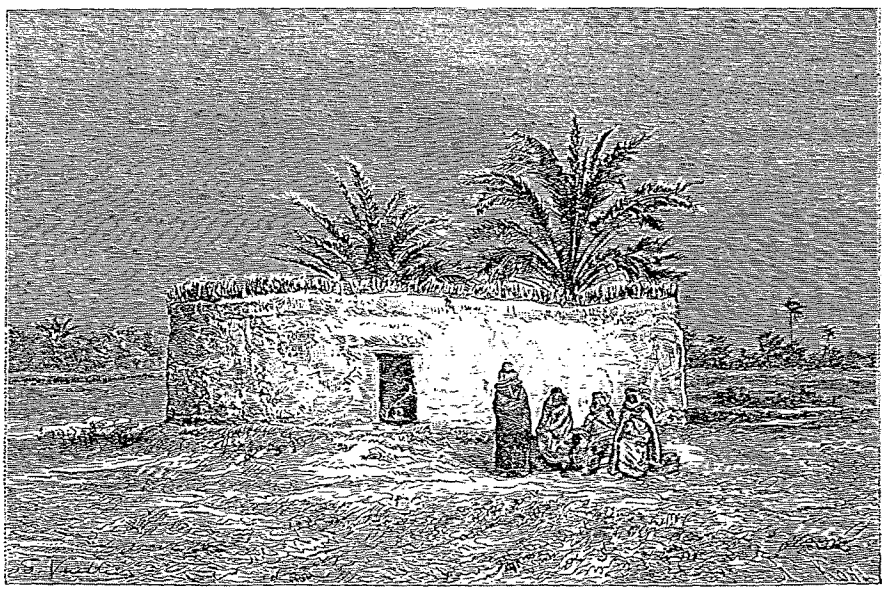
La composition et la température identiques des eaux de ces puits montrent qu'elles ont même origine. Aussi n'est-il pas douteux que l'on ne saurait augmenter par trop le nombre des forages. On a cherché, en outre, à se rendre compte du temps mis par l'eau pour parcourir, à travers les interstices des sables verts, les 200 kilomètres compris entre Paris et les plateaux où ces sables reçoivent la pluie. Les recherches faites par M. Belgrand ont montré qu'il fallait pour cela plusieurs mois.

Le forage du puits de Grenelle est le premier grand travail de ce genre qui ait été exécuté. De l'avis d'Élie de Beaumont, « la profondeur de 548 mètres à laquelle le puits a été poussé par M. Mulot, méritait d'être enregistrée parmi les merveilles de l'industrie humaine. » Aujourd'hui, grâce à l'emploi de procédés mécaniques perfectionnés, on a pu aller beaucoup plus loin. Le grand puits artésien de Buda-Pesth a près de 1000 mètres de profondeur; il fournit par jour 800 mètres cubes d'eau, à la température de 70 degrés. Aussi l'eau de ce puits est-elle employée à de nombreux usages, et notamment à l'alimentation d'établissements de bains, dispensés de cette façon de toute dépense de combustible.

Le forage des puits artésiens a été essayé dans la plupart des pays du globe : l'Australie en est criblée; ils rendent les plus grands services dans le Sahara, en Algérie, en Tunisie. Depuis un temps immémorial, les habitants de l'Oued-Rhir, dans la région des Chotts tunisiens, savaient creuser des puits artésiens et ramener ainsi à la surface les eaux que réclament l'irrigation des oasis et la culture des dattiers. Une corporation spéciale était chargée de ces travaux : mais les procédés employés ne permettaient pas d'obtenir d'excellents résultats; ils n'étaient pas du reste exempts de dangers, puisqu'une partie du travail consistait en un déblayement des sables effectué par des plongeurs. Depuis la conquête de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

l'Algérie, les Français se sont occupés du creusement des puits artésiens. La sonde ayant remplacé le plongeur, les résultats obtenus ont dépassé toutes les espérances. En 1856, le premier coup de sonde donné à Tamerna, dans l'Oued-Rhir, fit jaillir une source dont le débit dépassait 4000 litres à la minute : les indigènes furent émerveillés, et la fontaine reçut le nom de *Fontaine de la paix*. Depuis cette époque, les puits artésiens se sont multipliés dans les oasis; on en compte des centaines, dont le débit varie de



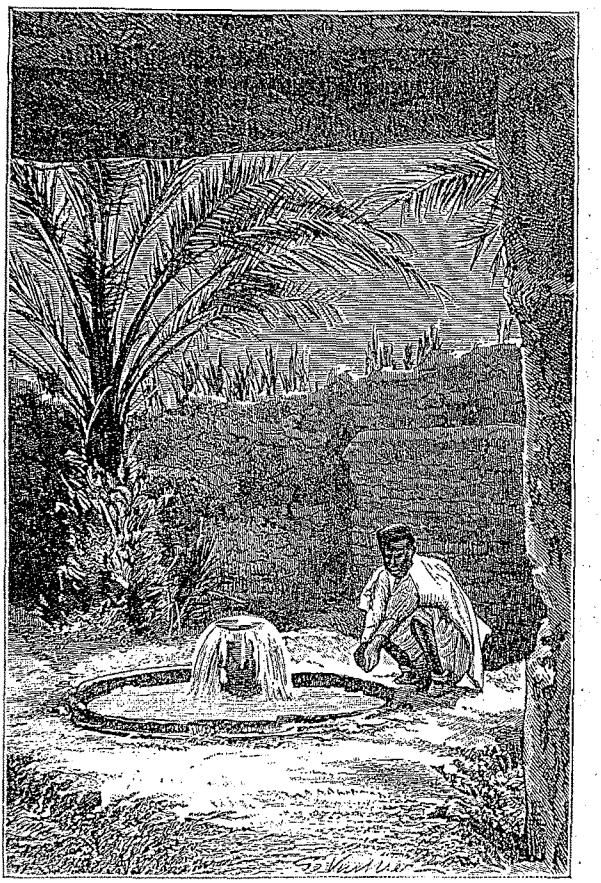
PUITS ARTÉSIEN DE L'OUED-RHIR (EXTÉRIEUR).

5 à 5000 litres à la minute : aussi les habitants ont-ils pu donner une grande extension à la culture des palmiers. On comprend quelle admiration doivent exciter nos procédés de forage dans un pays où l'eau est, pour ainsi dire, la principale richesse : un poète arabe, dans un de ses chants, a comparé la machine qui va chercher l'eau dans les entrailles de la terre, à l'homme qui plonge au fond des mers pour en retirer des perles.

Les anciens ont-ils connu les puits artésiens? On a dit que les Chinois en creusaient il y a des milliers d'années. Mais ce qu'il y a de certain, c'est que les Phéniciens ont su tirer

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

parti de la force ascensionnelle des sources jaillissantes. Dans le voisinage de l'ancienne Tyr est un monticule rocheux nommé Tell-el-Maschouk, c'est-à-dire la colline de la bien-aimée, où se trouvait autrefois un temple consacré à Astarté. C'est là qu'aboutissaient les aqueducs qui amenaient à Tyr les eaux des célèbres



PUITS ARTÉSIEN DE L'OUED-RHIR (INTÉRIEUR).

sources de Ras-el-Aïn, appelées aussi Puits de Salomon. Ces fontaines se trouvent dans la plaine, à quelques centaines de mètres du rivage. L'eau, d'une grande limpidité, jaillit de terre avec violence : pour l'élever jusqu'au niveau des aqueducs, les Phéniciens l'avaient emprisonnée dans d'épaisses murailles, hautes de 7 à 8 mètres. Ces puits sont de véritables puits artésiens : l'eau

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

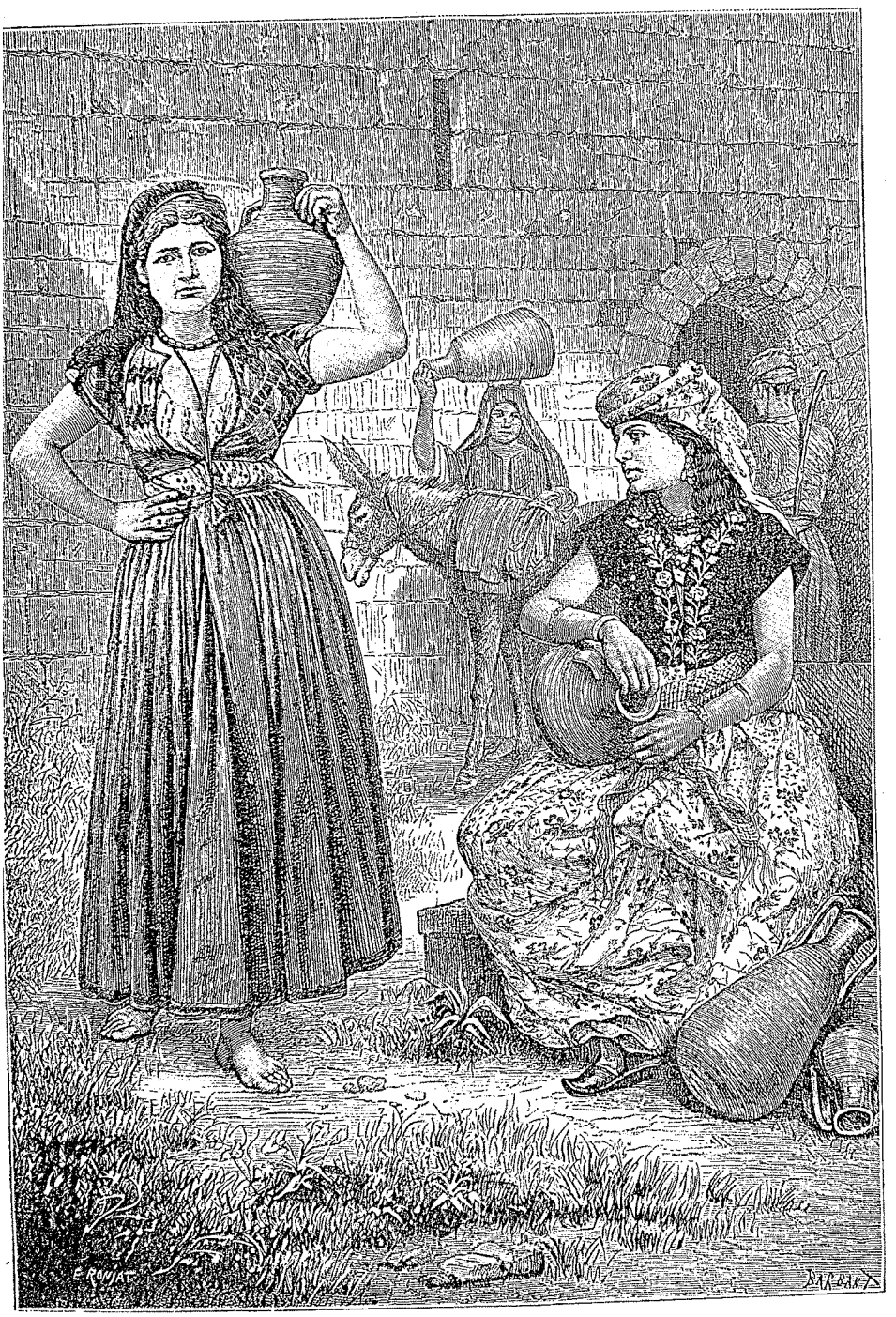
monte d'elle-même et atteint le haut de la muraille. Une partie retombe; elle est assez abondante pour faire marcher un moulin et donne naissance à un ruisseau qui va se perdre dans la mer. L'eau vient des hauteurs du Liban, ainsi que cela résulte de la disposition des couches dans les montagnes environnantes. Les puits, dont la profondeur est de 30 mètres et dont les murailles sont fort anciennes, ne paraissent pas avoir été forés : ce sont des ouvertures naturelles, à travers lesquelles une nappe d'eau souterraine fortement comprimée s'est fait jour d'elle-même. Mais les Phéniciens avaient régularisé les ouvertures et les avaient garnies de murailles, afin de profiter de la pression de l'eau pour l'élever de plusieurs mètres.

II. — QUALITÉS DES SOURCES. — SOURCES INCRUSTANTES. SOURCES FROIDES. — SOURCES CHAUDES. — GEYSERS.

L'eau des sources est, en général, d'une limpidité parfaite. Après des pluies abondantes, on en voit quelques-unes se troubler; mais cet accident est d'ordinaire tout à fait passager. Le sable que traverse l'eau, avant d'arriver à la source, agit comme le meilleur filtre, et les cavités rocheuses où elle s'accumule, sont autant de bassins où les matières terreuses entraînées ont tout le temps de se déposer. Une autre qualité de l'eau de source est ordinairement sa fraîcheur. La chaleur solaire ne pénètre jamais profondément dans le sol, pas plus que le froid de l'hiver : par rapport à l'air extérieur, l'atmosphère d'une cave paraît chaude en hiver et froide en été. Il en est de même de l'eau de source : d'une agréable fraîcheur en été, elle possède en hiver une douce température, car elle a toujours celle des parties profondes du sol d'où elle vient. Mais comme c'est surtout dans la saison chaude que l'on recherche l'eau de source, elle conserve une réputation universelle de fraîcheur.

A combien de légendes les sources ont-elles donné naissance!

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



ANCIENS PUITS DE PHÉNICIE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Que de poètes elles ont inspirés! Que de chants, que de vers ont été faits en leur honneur! Pour les hommes simples, les sources sont des divinités ou tout au moins des fées bienfaisantes. Tout en elles est mystérieux. N'est-ce pas la baguette de quelque magicienne qui a fait jaillir l'eau de cette roche aride? D'où vient ce liquide transparent comme le cristal et qui, s'étalant en nappe tranquille, devient un brillant miroir dans lequel s'admirent les Narcisses de tous les âges et les beautés les moins civilisées? Et cette eau, dont la naissance est un mystère, quelle est donc son histoire, pour qu'elle persiste à se cacher encore? Grâce à la fraîcheur et à l'humidité qu'elle entretient autour d'elle, la source s'entoure d'une végétation luxuriante : est-ce seulement pour se protéger des rayons du soleil qu'elle se voile ainsi aux regards des profanes? Cherchez-la bien, vous qui voulez goûter son eau délicieuse : elle ne fait pas étalage de sa générosité, et l'aumône qu'elle distribue au voyageur altéré est une aumône discrète.

Il n'est pas étonnant que, dans sa reconnaissance pour les sources, l'homme ait quelquefois dépassé la mesure et leur ait attribué des qualités qu'elles n'ont pas toujours. Cette eau si limpide doit être certainement pure. Quels défauts cette transparence pourrait-elle cacher? Bien qu'il soit triste de toucher à d'agréables illusions et de jeter un peu de noir sur un tableau auquel tant de peintres ont prodigué les plus belles couleurs, le respect de la vérité nous fait un devoir de déclarer que la réputation de pureté des sources est légèrement exagérée. Une eau trouble inspire de la défiance; mais on a peine à s'imaginer qu'une eau fraîche, vive, limpide, n'est pas toujours excellente à boire. Un médecin vous a-t-il quelquefois prescrit un médicament très actif, une de ces potions dont il ne faut avaler qu'une petite cuillerée à la fois : à cette dose, c'est la vie; en grande quantité, ce serait la mort. On va chez le pharmacien, avec cette conviction qu'un liquide si terrible doit être noir ou tout au moins rouge de sang. Erreur complète, la fiole contient un peu d'eau bien claire et bien filtrée : un peu plus, vous seriez tenté de croire que le pharmacien vous a trompé. Cependant le poison

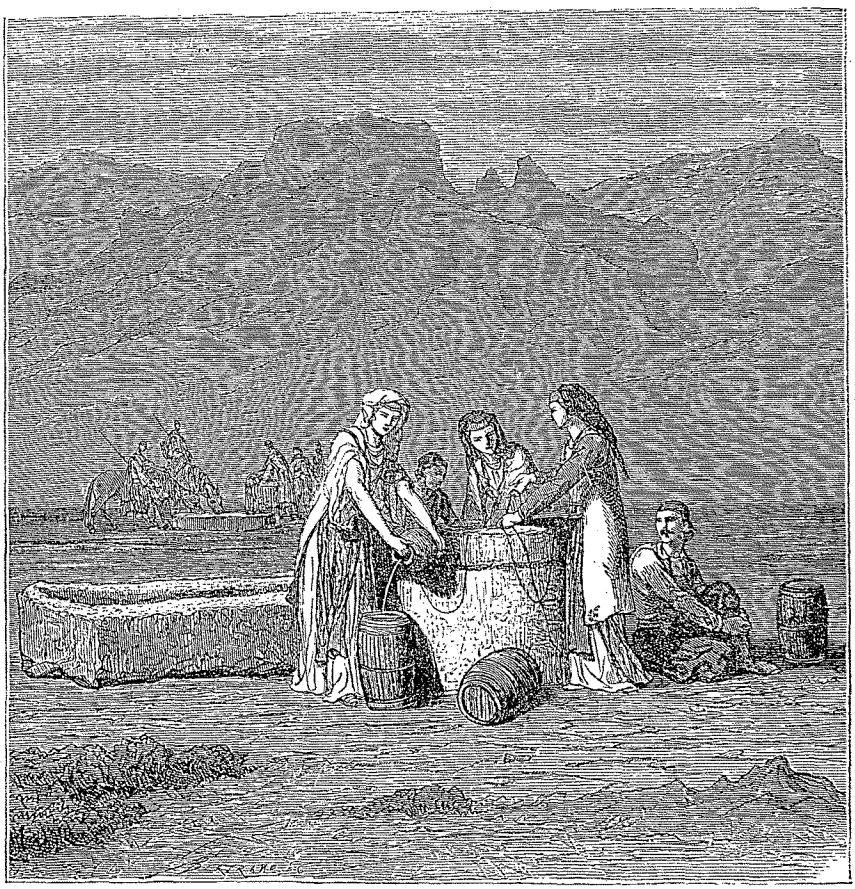
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

est dans la fiole; l'eau peut le dissoudre sans se troubler et sans se colorer. Il en est de même pour l'eau des sources : en s'infiltrant dans le sol, elle a dissous les matières solubles qu'elle a rencontrées, ici de la craie, là du plâtre, ailleurs du sel, peut-être même du soufre ou de l'arsenic; et cependant la limpidité de l'eau n'a pas été altérée. S'il est imprudent de juger les gens sur la mine, il ne l'est pas moins, quand il s'agit de boire l'eau d'une source, de se contenter des apparences pour apprécier sa pureté.

La nature et la quantité des matières dissoutes dans les eaux de source dépendent évidemment de la nature du terrain d'où elles sortent. Le sable, le grès, le granit, ne cèdent presque rien à l'eau : celle qui vient de ces roches est d'une pureté à peu près absolue, mais moins agréable cependant et moins bonne à l'usage que celle qui a traversé certaines roches calcaires. La craie ne se dissout nullement dans l'eau pure; mais quand celle-ci traverse l'atmosphère à l'état de pluie, elle lui emprunte un peu d'acide carbonique et acquiert la propriété de dissoudre une quantité correspondante de calcaire. La meilleure eau de source est celle qui, fraîche, limpide, aérée, contient en outre 1 à 2 décigrammes de matière calcaire par litre. L'eau qui en renferme une plus forte proportion est d'une digestion difficile, lourde à l'estomac et impropre aux usages domestiques : les légumes y durcissent, au lieu de cuire; le savon s'y coagule, y forme des grumeaux, et ne lui donne pas cette onctuosité qu'il communique à l'eau pure, lors même qu'il est employé en petite quantité. La plupart des eaux de puits et celles d'un grand nombre de sources présentent ces inconvénients : elles sont trop calcaires. Ajoutons que les puits creusés dans le voisinage des habitations reçoivent presque toujours des infiltrations provenant d'eaux ménagères, d'écuries, de fumiers et même de fosses d'aisances : souillées par toutes ces matières, leurs eaux deviennent malsaines et capables d'occasionner de graves maladies. Combien d'épidémies de fièvre typhoïde, dans les villages et même dans les villes, n'ont eu d'autre cause que l'usage de puits infectés de cette façon!

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Les rivières, les fleuves eux-mêmes ne sont pas non plus à l'abri de ces souillures. Quand un cours d'eau a traversé une ville importante, il est rare que ses eaux soient encore potables. Les détritus de toute nature dont la rivière est le réceptacle, les immondices que les égouts y déversent, altèrent profondément



MONTÉNÉGRINES DE CETTINJE A LA FONTAINE.

la pureté des eaux, surtout lorsque leur débit n'est pas très considérable. Regardez ce qu'apporte à la Seine le grand égout collecteur d'Asnières, allez voir l'état de la Tamise à Londres et les dépôts qui se forment dans le fleuve au-dessous de cette capitale, vous aurez alors une idée de l'influence exercée par les villes sur la pureté des cours d'eau. Le développement de l'in-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

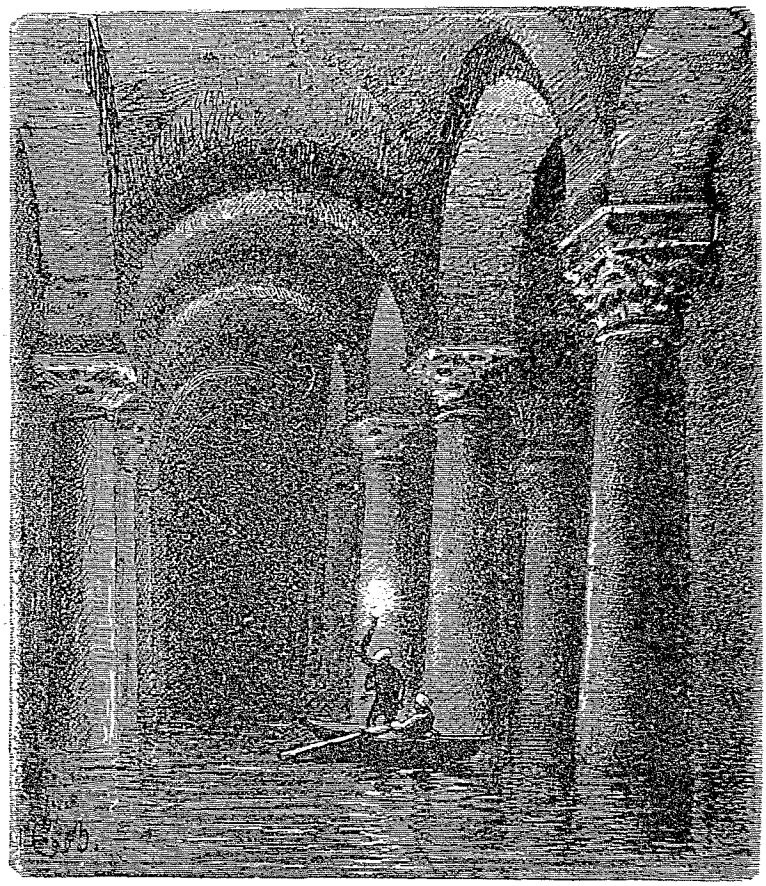
dustrie, source de richesse pour un pays, est une nouvelle cause de contamination des rivières : dans presque toutes les usines, on obtient des eaux de lavages ou des résidus de fabrication, dont il faut se débarrasser au plus vite pour ne pas empoisonner l'atmosphère environnante; le moyen le plus commode, c'est de les jeter à la rivière et de pratiquer ce qu'on appelle, dans les grandes villes, le système du *tout à l'égout*. Tant pis pour les riverains du cours inférieur, qui comptaient sur la rivière pour s'approvisionner d'eau.

En résumé, les eaux de source sont donc les seules dans lesquelles on puisse avoir confiance sous le rapport de la pureté, mais à la condition qu'elle ait été constatée par des essais chimiques faits avec soin. Aussi recherche-t-on les bonnes sources pour l'alimentation des villes, et celles-ci n'hésitent pas à s'imposer les plus grands sacrifices pour aller chercher leurs eaux souvent à une très grande distance.

Les anciens ont été nos maîtres sous ce rapport : à Rome et plus tard à Byzance, les empereurs firent construire d'immenses réservoirs destinés à contenir les approvisionnements d'eau. On les désigne souvent sous le nom de *citernes*, parce que c'étaient des réservoirs souterrains; mais l'eau qu'ils renfermaient était de l'eau de source, et non de l'eau de pluie. Les Romains pensaient, peut-être avec raison, qu'il vaut mieux conserver l'eau à l'abri de la lumière que de la laisser exposée en plein jour. Aussi leurs citernes présentaient d'énormes dimensions. La grande citerne impériale de Constantin est tellement vaste, que le peuple de Constantinople prétend qu'on n'en connaît pas la fin. Elle n'est plus aujourd'hui d'aucun usage : ses énormes voûtes, soutenues par d'interminables files de colonnes, ne recouvrent plus qu'un peu d'eau bourbeuse. Un voyage en barque à la lueur des torches, sous ses portiques sépulcraux, a quelque chose de sinistre : sans compter que le batelier ne manque jamais de vous raconter des histoires effroyables d'hommes disparus, morts de faim ou frappés de folie, en voulant pénétrer le secret de ces voûtes obscures.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

On était difficile dans l'antiquité sur la qualité de l'eau. On la voulait limpide, et c'est pour cela qu'on la laissait déposer ses impuretés dans les citernes, où elle se clarifiait. La consommation en était considérable; car l'eau servait non seulement à la boisson,



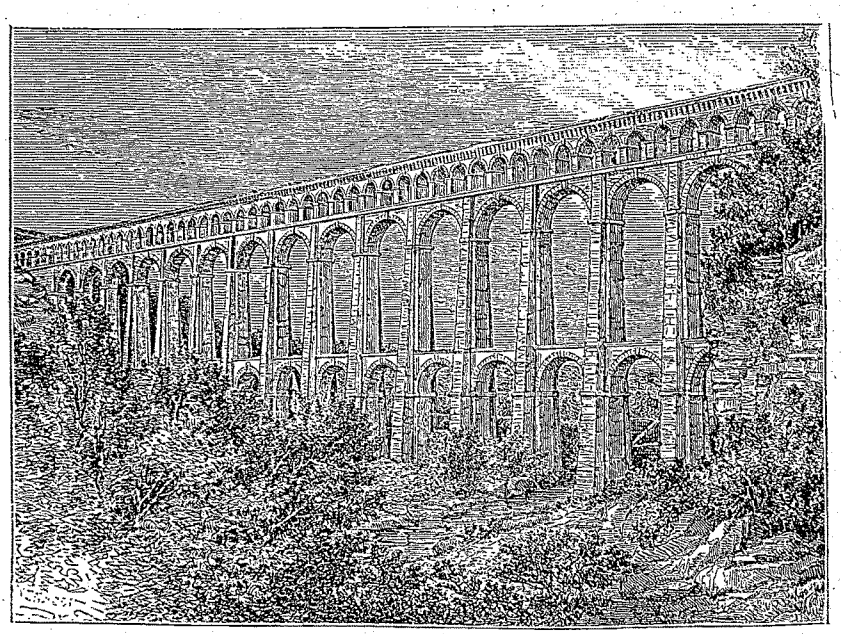
LA CITERNE IMPÉRIALE A CONSTANTINOPLE.

mais aussi aux bains, qui jouaient un grand rôle dans la vie des Romains. Les établissements de bains publics, nommés *Thermes*, renfermaient non seulement des bassins et des salles pour toutes les espèces de bains, mais encore des salles de conversation, des bibliothèques, des galeries de tableaux, des jardins et des terrains disposés pour les exercices de gymnastique. Tout le monde connaît les ruines des Thermes de Julien à Paris; mais elles

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sont peu de chose auprès de celles des Thermes de Caracalla à Rome, car ces bains couvraient plus de la moitié de l'espace occupé par nos Tuileries.

Pour avoir en tout temps des eaux salubres et abondantes, les Romains allaient souvent les chercher à de grandes distances. Dans ce but, ils construisirent, à Rome et dans les provinces, de magnifiques aqueducs, dont plusieurs existent encore : tel est le majestueux pont du Gard, à la fois pont et aqueduc. Il a servi,



AQUEDUC DE ROQUEFAVOUR.

sans aucun doute, de modèle à l'ingénieur Montricher dans la construction de l'aqueduc de Roquefavour, qui amène aujourd'hui à Marseille les eaux de la Durance. La disposition est la même dans les deux constructions, l'une ancienne, l'autre moderne : deux étages de grands cintres superposés supportent une série de petites arcades. L'aqueduc de Roquefavour, élevé de 82 mètres au-dessus de l'Arc, est plus élancé que le pont du Gard, dont la hauteur ne dépasse pas 50 mètres.

La ville de Paris a fait, dans ces derniers temps, de grandes

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

dépenses pour s'approvisionner d'eaux de source. Elles devaient non seulement être de bonne qualité, mais encore avoir un niveau assez élevé pour arriver aux étages supérieurs des maisons, sans qu'il fût nécessaire d'employer des machines élévatoires. Deux grands aqueducs ont été construits dans ce but. Le premier amène les eaux de la Vanne dans les réservoirs de Montrouge, situés à 80 mètres au-dessus du niveau de la mer : sa longueur est de 173 kilomètres. Les eaux qu'il débite proviennent des plateaux crayeux de la Champagne, et ne contiennent, pour ainsi dire, que du carbonate de chaux, dans la proportion de 17 à 20 centigrammes par litre : elles sont donc d'excellente qualité. Le second aqueduc tire son nom de la plus belle des sources qui l'alimentent, la Dhuis, située sur le territoire de Pargny, près de Condé, dans le département de l'Aisne : il aboutit aux réservoirs de Ménilmontant, à une altitude de 108 mètres, après un parcours de 130 kilomètres. Les sources de la Dhuis et du Surmelin appartiennent aux marnes vertes et sont de très bonne qualité. L'aqueduc de la Dhuis a coûté 18 millions et fournit environ 7 millions de mètres cubes d'eau par an, au prix moyen de 15 centimes; celui de la Vanne débite annuellement 56 millions de mètres cubes; il a coûté 39 millions; le mètre cube d'eau revient à un peu plus de 6 centimes.

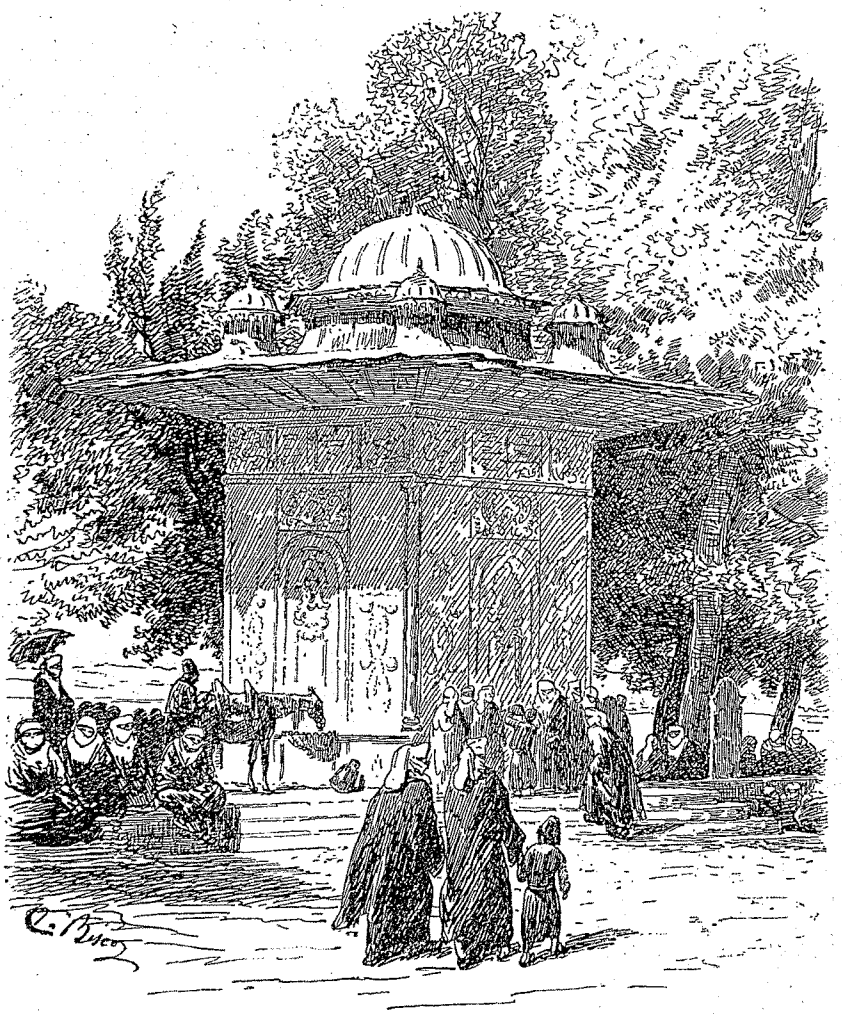
FONTAINE WALLACE, A PARIS.

Ces eaux de source sont les meilleures que possède la ville de Paris : elle les distribue, soit dans les maisons, soit dans un certain nombre de fontaines publiques, établies dans les divers quartiers de la ville. Les ingénieurs s'occupent d'ailleurs actuellement du captage de nouvelles sources dans le département de l'Eure : en les amenant à Paris par Rambouillet et Versailles, ils arri-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

veront à assurer l'approvisionnement de la capitale en eau de source de bonne qualité.

Constantinople est également riche en fontaines publiques. On



FONTAINE TURQUE A SCUTARI.

en trouve au coin des rues et sur les grandes places : ce sont de jolies constructions, couvertes d'un dôme ou d'un toit à la chinoise, décorées de marbres sculptés, d'arabesques et ornées d'inscriptions, telles que celle-ci : « Buvez avec dévotion l'eau du sultan Achmet et priez pour lui. » Des fontaines toutes semblables

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

existent à Scutari, de l'autre côté du Bosphore : elles sont un but de promenade pour les dames turques, qui se donnent rendez-vous « aux Eaux-Douces d'Asie ».

Les eaux d'infiltration, en pénétrant à travers les couches superficielles du sol, se chargent d'un certain nombre de substances qu'elles peuvent dissoudre; les principales sont le sel marin (chlorure de sodium), le plâtre (sulfate de chaux), le sulfate et le carbonate de magnésie, les carbonates de soude et de fer, la silice et enfin, mais plus rarement, les sulfures alcalins. La plus grande partie de ces eaux, après un parcours souterrain plus ou moins long, reparaît au jour sous forme de sources. Celles qui, dans leur voyage, n'ont dissous que fort peu de matières étrangères sont potables; mais elles cessent de l'être dès qu'elles sont plus fortement chargées de principes minéraux. Il peut arriver, en outre, qu'en raison de la nature ou de la quantité des substances qu'elles ont dissoutes, les eaux de source acquièrent des propriétés remarquables : ce sont alors des *eaux minérales*. L'eau de mer est, par sa composition, une eau minérale, et même il est rare que les eaux de source soient aussi richement minéralisées que l'eau de mer, puisque chaque litre de celle-ci renferme plus de 50 grammes de matières salines dissoutes.

Beaucoup d'eaux minérales sont employées comme boissons médicinales; quelques-unes ont même des vertus curatives très énergiques et dont la médecine tire le plus grand parti; nous nous bornerons à citer les principaux genres, en indiquant les stations où on les trouve.

1° Les *eaux sulfureuses* contiennent du sulfure de sodium ou du sulfure de calcium : elles sont souveraines dans les affections de la gorge ou des bronches, et dans certaines maladies de la peau (Eaux de Barèges, Eaux-Bonnes, Eaux-Chaudes, Cauterets, Luchon, Amélie-les-Bains, Aix-la-Chapelle). Toutes ces eaux se reconnaissent à l'odeur d'œufs pourris qu'elles dégagent à l'air.

2° Les eaux *carbonatées alcalines* contiennent du bicarbonate de soude, mélangé à une proportion plus ou moins grande de bicar-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

bonate de chaux; quelques-unes renferment, en outre, de l'acide carbonique libre et sont gazeuses. On recommande ces sources dans la goutte, la gravelle, les calculs des reins et du foie : elles agissent comme dissolvants (Vichy, Royat, le Mont-Dore, la Bourboule, Saint-Nectaire, Bourbon-l'Archambault, Contrexéville, Pougues, Vals, Seltz, Ems, Carlsbad, Marienbad).

3° Les *eaux ferrugineuses* ont des vertus toniques et reconstituantes (Orezza, Bagnères-de-Bigorre, Spa, Pyrmont).

4° *Les eaux sulfatées* doivent leurs propriétés purgatives au sulfate de magnésie, reconnaissable à sa saveur amère (Pullna, Sedlitz en Hongrie; Epsom, en Angleterre; Aix, en Savoie). La célèbre eau hongroise d'Hunyadi-Janos est également une eau magnésienne; d'une origine douteuse et très souvent falsifiée, elle n'a guère d'autre mérite spécial que son origine étrangère, et serait remplacée avec avantage par l'eau française de Montmirail (Vaucluse).

5° Les *eaux salées* ont une composition analogue à celle de l'eau de mer et peuvent, comme celle-ci, être employées à l'extraction du sel.

Il est une dernière classe d'eaux minérales, très variées par leur composition et propres à guérir toutes les maladies passées, présentes et futures : on peut leur donner la dénomination *d'eaux à la mode*. Ce sont celles que beaucoup de médecins prescrivent à leurs clients, et surtout à leurs clientes, pour leur faire plaisir, car toute personne qui se respecte tant soit peu ne saurait manquer d'aller, chaque année, passer *une saison* (d'ordinaire 21 jours) *aux eaux*. On comprend que, dans ces circonstances, les propriétés des sources ont une importance tout à fait secondaire.

L'eau chargée d'acide carbonique possède la propriété de dissoudre le carbonate de chaux; c'est ce qui explique pourquoi les eaux de beaucoup de sources sont fortement calcaires. Dès qu'elles arrivent à l'air, l'acide carbonique se dégage et le carbonate de chaux se dépose, sous forme d'incrustations d'aspects très divers et pouvant acquérir, avec le temps, un volume consi-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

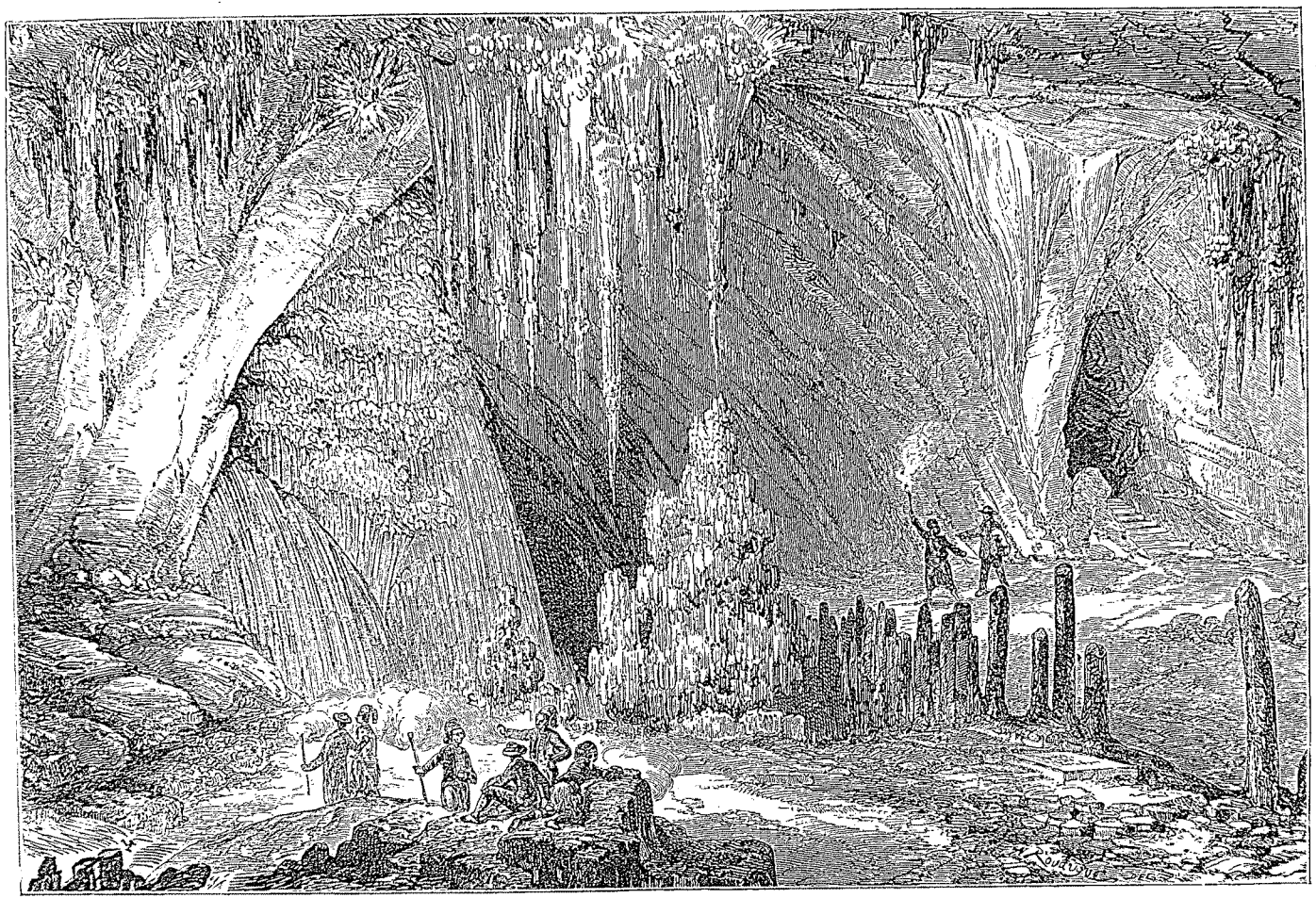
dérable. Les eaux se répandent-elles à l'air, en s'étalant largement, le dépôt de calcaire est léger, spongieux, de consistance terreuse, et prend le nom de *tuf*. Il est beaucoup plus compact, plus dur, et constitue le *travertin*, quand les eaux, venant d'une grande profondeur, sont chaudes et très chargées de matières calcaires.

Il existe en France beaucoup de fontaines incrustantes : l'une des plus célèbres est celle de Saint-Alyre, près de Clermont-Ferrand. Les objets de toute nature sur lesquels on fait tomber pendant quelque temps l'eau de la source, se recouvrent d'une croûte calcaire qui en reproduit tous les détails. Au siècle dernier, les jardiniers de l'abbaye de Saint-Alyre vendaient aux étrangers des grappes de raisins et des rameaux de feuillage incrustés; aujourd'hui on y trouve des nids, des fleurs, des fruits et surtout des médailles ou des camées. On désigne quelquefois ces objets sous le nom de *pétrifications*. Mais l'expression est impropre : les objets ne sont pas transformés en pierre; ils sont simplement enduits d'une couche pierreuse.

Des effets analogues sont produits, dans les grottes, par les eaux d'infiltration. Elles suintent goutte à goutte le long des parois et y abandonnent, par évaporation, le carbonate de chaux dont elles étaient chargées. C'est pourquoi les grottes se tapissent d'un enduit de calcaire concrétionné, qui revêt complètement et consolide les parois. Il se forme en même temps des *stalactites* et des *stalagmites*. Chaque goutte d'eau qui arrive à la partie supérieure de la voûte, reste suspendue quelque temps avant de tomber : elle abandonne une partie de son acide carbonique et, par suite, de son carbonate de chaux. La même goutte, en tombant sur le sol, y dépose une nouvelle portion de carbonate calcaire. Comme les gouttes se succèdent à peu près constamment au même endroit, il se développe, par en haut, une incrustation calcaire en pendentif, une stalactite, qui s'allonge de plus en plus. Immédiatement au-dessous, il s'en forme une autre sur le sol, une stalagmite, plus aplatie, qui va sans cesse en s'élevant. Quand ces incrustations finissent par se rejoindre, elles forment une véritable colonne.

Cet enduit qui recouvre les parois et dont les ondulations simu-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



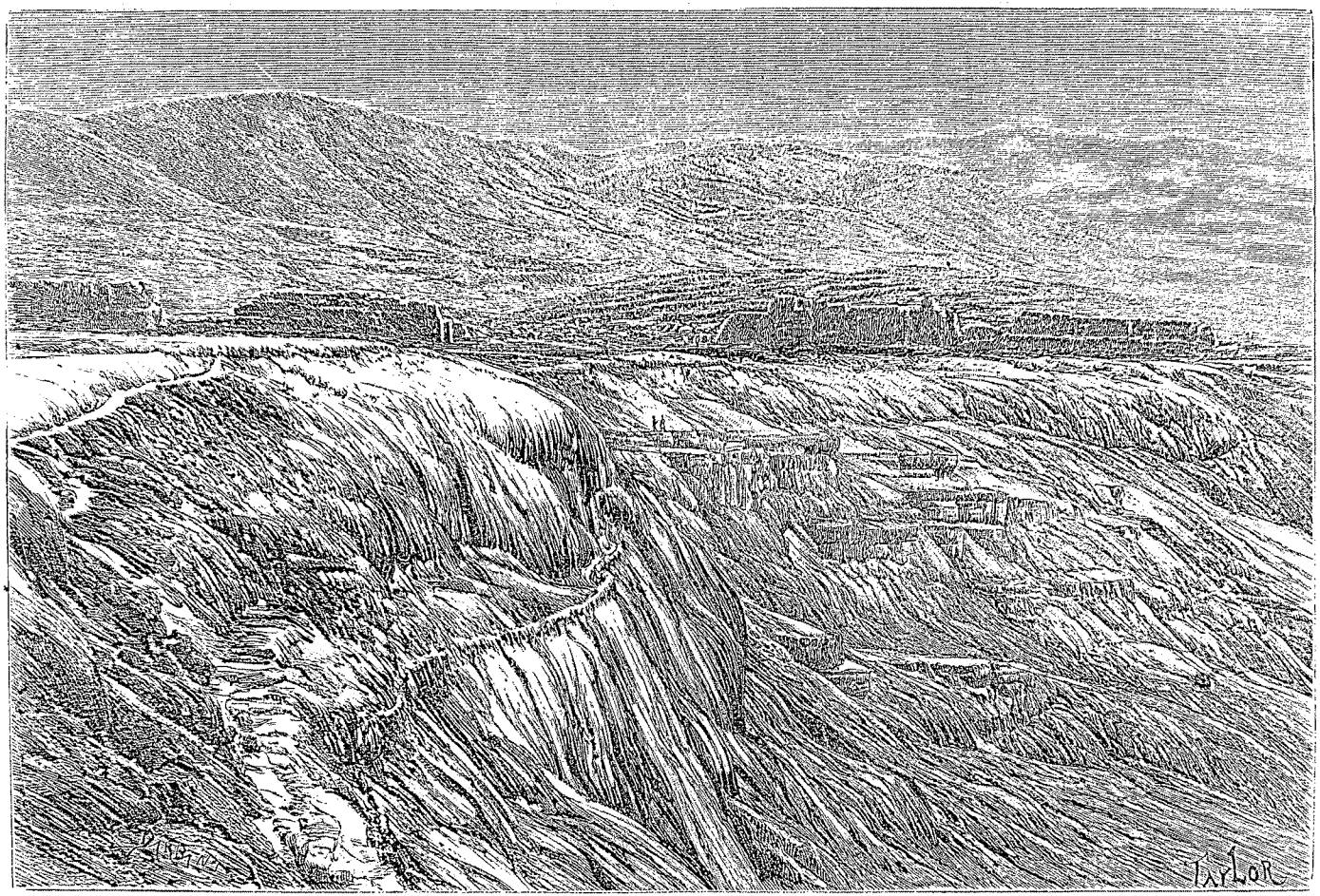
GROTTE D'ANTIPAROS. — INCRUSTATIONS CALCAIRES, STALACTITES ET STALAGMITES (PAGE 188).

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

lent des draperies, ces colonnes de formes variées qui semblent supporter la voûte, contribuent puissamment à la beauté des grottes calcaires. Le carbonate de chaux qui les forme est tout d'abord en petits grains cristallins : dans les stalactites, ces grains sont disposés en couches annulaires concentriques, enveloppant d'ordinaire un tube central. Mais peu à peu la masse change de structure, une nouvelle cristallisation s'y opère, et, lorsqu'on brise une stalactite d'une certaine grosseur, on trouve à l'intérieur une masse cristalline d'un blanc laiteux et dont la cassure présente de larges facettes.

C'est en Asie Mineure que l'on observe les plus curieux effets des fontaines incrustantes. Au temps d'Hérodote, les sources qui jaillissent sur les rives du Lycus avaient formé des concrétions qui, en se rejoignant au-dessus du fleuve, le recouvraient d'une véritable voûte, sur une longueur de plus d'un kilomètre. Non loin de là se trouvait l'ancienne Hiérapolis des Grecs; la montagne porte aujourd'hui le nom de Pambouk-Kaleh ou Pambouk-Kalessi, qui signifie *Château du coton;* elle est ainsi nommée, à cause des masses blanches que les sources incrustantes y ont déposées. La montagne est flanquée à sa base d'une terrasse à deux étages, haute de 90 mètres, longue environ de 500, et entièrement formée de concrétions calcaires. De l'étage supérieur jaillissent les sources qui dégagent abondamment de l'acide carbonique : leur température varie de 40 à 60 degrés. Tout le pourtour de la terrasse est rayé de cascades : là même où les eaux supérieures ne descendent plus en nappes ou en fusées, les parois concrétionnées semblent autant de cataractes; on dirait un torrent figé, un Niagara subitement cristallisé. La plus grande des six cascades de pierre est située au midi, immédiatement au-dessous des ruines d'Hiérapolis. La quantité d'eau fournie par les sources est peu considérable : 60 litres environ par seconde; mais d'en bas la cascade, dont les nappes se confondent avec son lit de pierre, paraît celle d'un fleuve immense; les vapeurs qui se dégagent de l'eau chaude complètent l'illusion. Si l'ensemble de la cascade est grandiose, les détails n'en sont pas moins charmants : l'eau

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



CASCADE DE PIERRE A PAMBOUR-KALEH.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

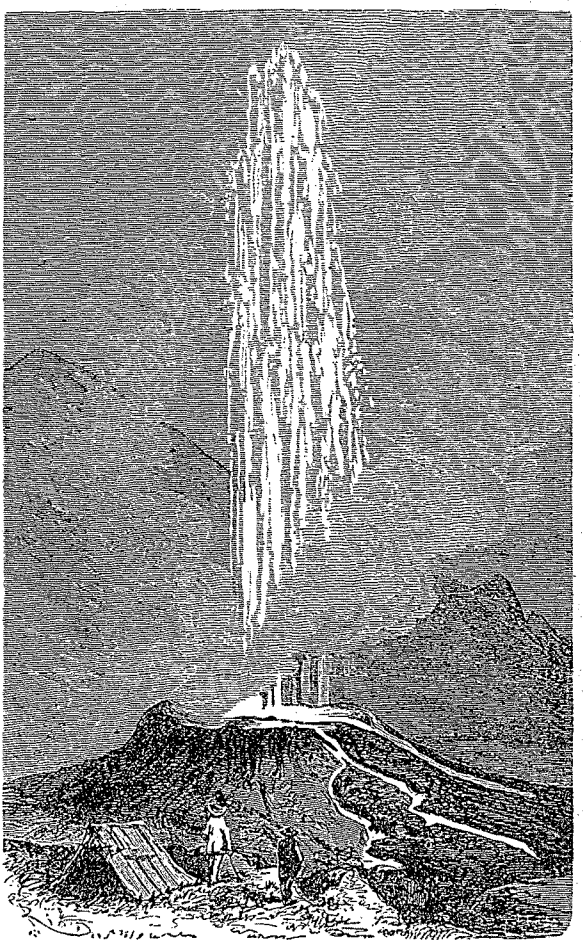
a formé, aux points où elle s'arrête, une série d'ourlets calcaires qui divisent la cascade en gradins, de sorte que le liquide descend de degré en degré, comme dans les vasques d'une cascade artificielle. Les concrétions produites par les sources de Pambouk-Kaleh sont au nombre des plus étonnantes formations de la terre. Nulle part le travail lent et continu de la goutte d'eau ne se montre sous un aspect plus merveilleux.

Les variations de température résultant des saisons ne se font sentir dans le sol même que jusqu'à une quinzaine de mètres : à cette profondeur la température du sol, à peu près invariable, est dans nos pays de 10 à 12 degrés. S'enfonce-t-on plus profondément, la température s'élève de plus en plus : les observations faites dans les mines ou lors du percement des grands tunnels ne laissent aucun doute à cet égard. On comprend alors que la température des sources dépende de la profondeur des nappes souterraines qui les alimentent. Lorsque la nappe est peu profonde, la source paraît fraîche, car sa température ne s'éloigne guère de 10 degrés, à peu près celle de la couche invariable. Mais si les eaux d'infiltration, après être descendues à une grande profondeur, remontent brusquement à la surface, leur température est celle des couches profondes du sol. C'est ce qui arrive pour les puits artésiens : à Paris, leur profondeur dépasse 550 mètres, et la température de leurs eaux est de 28 à 29 degrés.

Les sources minérales ont des températures très variables de l'une à l'autre; mais chacune d'elles a sa température propre, qui reste à peu près constante. A Vichy, la source de la Grande-Grille est à 42 degrés; celle de l'Hôpital, à 31 degrés; la source des Célestins est froide. Dans les Pyrénées, la température des différentes sources varie de 50 à 70 degrés. Cette température élevée a valu à beaucoup de sources le nom de *sources thermales*, c'est-à-dire sources chaudes. Est-elle uniquement due à la profondeur d'où viennent les eaux? C'est assez douteux, et dans beaucoup de cas il est probable que l'échauffement de l'eau des sources thermales est lié à la production de phénomènes volcaniques voisins.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

On trouve d'ailleurs, sur plusieurs points du globe, des sources d'eau presque bouillante, pour lesquelles l'action volcanique est évidente : ce sont les *geysers*. Le sens de ce nom, tiré de la langue islandaise, n'est pas parfaitement déterminé : il veut dire *furieux*,



LE GRAND GEYSER.

suivant les uns, *jaillissant*, selon les autres. Observés d'abord en Islande, cette terre classique de la volcanicité, les geysers sont des sources thermales ayant, comme les volcans, leurs périodes d'éruption et de repos. On en rencontre une centaine sur la surface de l'île : le plus important est le Grand Geyser, situé dans

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

une plaine entourée de glaciers, à 46 kilomètres au nord-ouest de l'Hécla. C'est un cône siliceux, très aplati, de 8 à 10 mètres de hauteur au plus et de 70 à 80 mètres de diamètre. Son sommet est remplacé par un bassin profond de 2 mètres et large de 18 mètres. Au fond de ce bassin débouche une cheminée large de 3 à 4 mètres, verticale et dont les parois siliceuses sont parfaitement polies : sa profondeur est de 23 mètres; mais il est possible qu'elle se prolonge plus loin, dans une autre direction.

Pendant la période de repos du geyser, le bassin contient une eau tranquille dont la température est de 80 à 90 degrés. Mais un thermomètre descendu jusqu'au fond de la cheminée indique 127 degrés avant l'éruption, et 122 degrés seulement lorsqu'elle est calmée. Les éruptions se produisent à des intervalles irréguliers : en 1804, époque de la plus grande activité du geyser, il y en avait souvent quatre par jour; aujourd'hui elles sont séparées par des intervalles de plusieurs jours; quelques-unes se font attendre pendant des semaines. Chacune d'elles est précédée de plusieurs autres plus petites, et s'annonce par un bruit souterrain accompagné de trépidations du sol. L'eau monte jusqu'aux bords du bassin; de grosses bulles viennent crever à la surface, d'abord à des intervalles réguliers de deux heures, puis plus fréquemment. Enfin une belle colonne d'eau, de 3 mètres de diamètre, s'élance verticalement, au milieu de tourbillons de vapeurs, jusqu'à 40 ou 50 mètres de hauteur. Après quelques oscillations, elle s'affaisse et, dans l'espace de dix minutes, tout rentre en repos. Le niveau de l'eau dans le bassin est alors à 2 mètres et demi du bord, et ne reprend que lentement sa hauteur primitive. Quant à la masse d'eau rejetée à chaque éruption, elle est d'environ 160 mètres cubes. Les éruptions des autres geysers d'Islande présentent les mêmes caractères, à l'intensité près : celles du Strokkur sont accompagnées de jets de pierres, lancées si exactement dans la verticale, qu'elles retombent souvent dans la cheminée même. Il existe aussi en Islande des geysers éteints, formés d'un bassin rempli d'une eau chaude, tranquille et limpide, au fond de laquelle on aperçoit la cheminée inactive aujourd'hui.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

L'eau des geysers est une eau minérale d'une nature particulière; fortement chargée de silice, qu'elle laisse déposer par le refroidissement ou l'évaporation, elle produit alors des incrustations toutes semblables à celles des sources calcaires : ces incrustations forment un *tuf siliceux* d'une nature particulière, nommé *geysérite*. Les concrétions anciennes produites par les geysers d'Islande ont souvent une épaisseur de 30 mètres : elles recouvrent une surface de 7 à 8 kilomètres de long sur 1 kilomètre de large.

On n'a connu pendant longtemps que les geysers islandais; mais, dans ces derniers temps, on en a découvert sur plusieurs points de la terre, notamment en Asie, dans la Nouvelle-Zélande et aux États-Unis. Dans le massif des Montagnes Rocheuses, à 2200 mètres environ d'altitude, est une région si remarquable par le nombre et la grandeur des phénomènes naturels, que le congrès des États-Unis lui a donné le nom de Parc National : afin d'éviter une exploitation analogue à celle que certains industriels pratiquent au Niagara, il en a, par une loi de 1872, réservé la jouissance à l'universalité du peuple américain. Les sommets de ses montagnes sont couverts de neiges éternelles; plusieurs rivières y prennent leur source, notamment le Yellowstone et le Madison, qui se dirigent vers le nord et vont se jeter dans le Missouri. Tout ce district montagneux fut autrefois le siège d'une activité volcanique des plus intenses. Elle se manifeste aujourd'hui dans la vallée du Yellowstone, au-dessous du lac du même nom, par d'innombrables sources chaudes, et dans la vallée de la Firehole par de nombreux geysers, dont les éruptions présentent toutes les périodes d'intermittence. Révélé au monde savant par l'expédition scientifique du géologue américain Hayden, cette région est loin d'avoir été complètement explorée, et cependant l'on n'y compte pas moins de dix mille bouches éruptives de toutes dimensions et de toute nature.

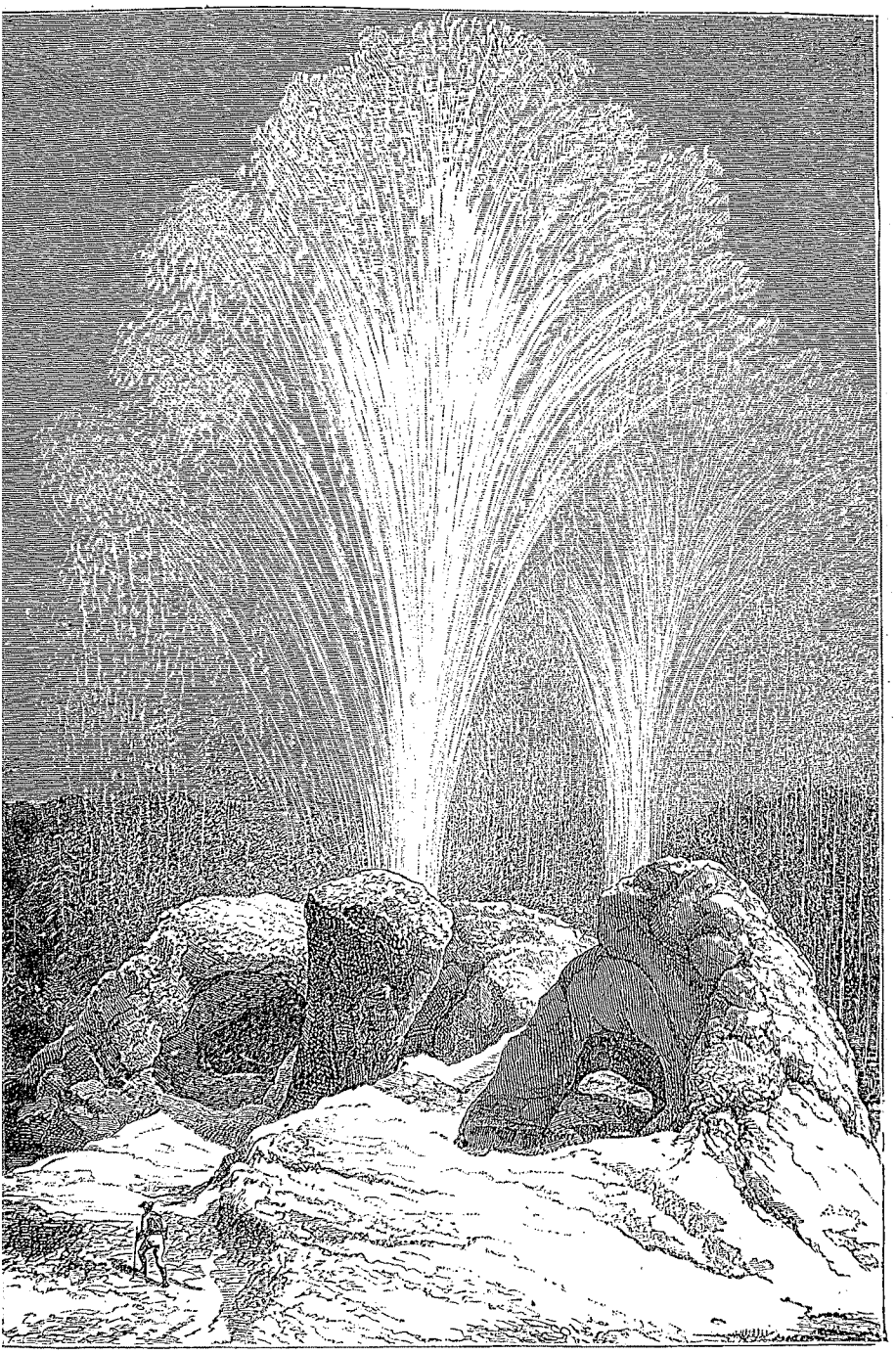
L'eau de ces sources possède une température voisine de 92 à 93 degrés, point d'ébullition de l'eau à l'altitude de 2000 à 2500 mètres; comme celle des geysers d'Islande, elle est siliceuse, et

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

les incrustations qu'elle a formées ont les formes les plus curieuses. Cependant les sources de la région du Gardiners River, affluent du Yellowstone, semblent être calcaires; mais les renseignements que l'on possède à cet égard manquent de précision. Parmi les sources les plus remarquables sont celles du Mammouth, dans la partie septentrionale du Parc : elles tombent en cascade dans une série de vasques naturelles, formées de concrétions déposées par les eaux.

Quelques-uns des geysers méritent spécialement d'être cités. Le Vieux-Fidèle doit son nom à la régularité de ses éruptions, qui se reproduisent toutes les 55 minutes, et durent environ 5 minutes. Le jet d'eau, qui a près de 40 mètres de hauteur, sort d'un cratère dont les bords sont d'un gris métallique, mélangé de tons jaunes et roses d'une grande finesse. La Grotte est remarquable par l'aspect de son cratère en forme de caverne. L'Éventail (p. 16) lance une série de jets divergents qui font ressembler son éruption à un véritable feu d'artifice. Le Château-Fort est la plus considérable des formations de la vallée de la Firehole. L'éminence sur laquelle il est placé a 15 mètres de hauteur et couvre plusieurs hectares. Le cratère s'élève au centre : ses parois, formées de concrétions, se dressent en forme de tourelle; le sommet est creusé en embrasures séparées par des fragments rocheux de couleur rose. Le cratère central, large d'un mètre, est bordé d'un glacis couleur safran. A quelque distance on croirait voir un vieux donjon féodal à moitié ruiné. Il en sort constamment des vapeurs : mais la hauteur de sa gerbe n'est que d'une vingtaine de mètres, car une partie des eaux sort en bouillonnant par une ouverture qu'elles ont percée au bas du cône d'éruption. Le Géant est, au dire des explorateurs, le plus important de ces geysers par la masse des eaux qu'il projette. Son cratère a $2^{m},30$ de diamètre et lance des jets ayant jusqu'à 70 mètres de hauteur. La durée de son éruption n'est pas moindre de trois heures; aussi la masse d'eau produite suffit pour doubler à ce moment le débit de la Firehole. La Ruche est un geyser de petite taille, mais remarquable par la puissance de son jet. « Dans la matinée du 19 septembre

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LA GROTTE. — GEYSER DU PARC NATIONAL DES ÉTATS-UNIS.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

1870, dit M. Hayden, nous fûmes réveillés par d'effroyables sifflements mêlés au bruit d'une cataracte d'eau. De l'autre côté de la rivière, un petit cratère, haut d'un mètre, que nous avions à peine remarqué la veille, lançait un jet de 75 mètres de hauteur, surmonté de gros nuages de vapeurs; lorsque cette masse d'eau retomba en éclaboussements terribles, nous sentîmes le sol trembler; d'énormes fragments de rochers étaient soulevés et entraînés à la rivière. Ce geyser joua pendant dix minutes; comparé aux autres, il était insignifiant à tous les points de vue : rien même ne pouvait faire prévoir son existence. »

Au mois de septembre 1886, des tremblements de terre se firent sentir sur une grande partie du territoire des États-Unis : ils coïncidèrent avec une recrudescence dans les éruptions des geysers du parc. Un d'entre eux, inactif depuis plus de quatre ans, rentra en activité et lança, à de fréquents intervalles, des colonnes d'eau bouillante à près de 100 mètres de hauteur : preuve manifeste des relations qui existent entre les tremblements de terre et les phénomènes volcaniques.

III. — RIVIÈRES SOUTERRAINES. — TRAVAIL SOUTERRAIN DES EAUX. GROTTES CREUSÉES PAR L'EAU.

Les roches calcaires sont, nous l'avons déjà dit, remplies de fentes plus ou moins larges, provenant soit d'un défaut d'homogénéité de la roche, soit de dislocations produites par certains mouvements du terrain. Quelle que soit leur origine, ces crevasses constituent un réseau de cavités admirablement disposées pour loger les eaux d'infiltration venues de la surface du sol. Des nappes communiquant entre elles se forment dans tous les vides de la roche; viennent-elles à rencontrer quelque coupure profonde aboutissant au dehors, un courant souterrain s'établit à travers le réseau des fissures, depuis les points où se fait l'infiltration, jusqu'à l'orifice de sortie. Les parties profondes d'un plateau

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

peuvent ainsi être parcourues par des rivières souterraines, dont le lit tortueux et caché s'agrandit sous l'action même des eaux. D'ordinaire l'existence de la rivière souterraine se révèle uniquement à sa sortie, où bouillonne une source d'une importance considérable. D'autres fois, les eaux, après avoir creusé d'énormes cavités, diminuent d'abondance et laissent à découvert une partie de leur lit souterrain; c'est ce que l'on voit dans les belles grottes de Han (voir page 187), creusées et parcourues encore aujourd'hui par la rivière la Lesse. Il peut arriver enfin que l'eau, prenant un autre cours, abandonne son lit primitif, qui reste alors complètement libre, sous forme de grotte tortueuse.

Beaucoup de rivières souterraines ne sont pas alimentées seulement par l'eau s'infiltrant, goutte à goutte, à travers les couches supérieures d'un plateau : les crevasses des roches profondes se prolongent fréquemment jusqu'au sol lui-même; des ruisseaux, des rivières même s'y engouffrent; après avoir coulé à l'air pendant plus ou moins de temps, elles disparaissent dans les profondeurs d'un cours souterrain, pour reparaître ensuite à une assez grande distance. Ainsi la source principale de la Garonne est en Espagne, sur le versant méridional des Pyrénées. Un torrent, formé des glaces du Nethou, s'engouffre tout à coup dans un puits naturel, appelé le *Trou du Taureau*, peut-être à cause du mugissement des eaux qui s'y abîment. La masse liquide passe, par des canaux souterrains, sous les montagnes qui s'élèvent du côté du nord; elle reparaît ensuite sur l'autre versant de la chaîne, à 4 kilomètres de distance et à 600 mètres plus bas. L'orifice par où débouche ce torrent mystérieux a reçu des anciennes populations le nom d'*Œil de Dieu*. Aux flancs d'un promontoire couvert de sapins, à travers les racines des arbres et les blocs amoncelés, des jets s'élancent par de nombreuses fissures et bondissent, en cataractes de 30 mètres, sur les marches d'un véritable escalier de roches.

Nulle part peut-être la configuration de terrain propre à la formation des rivières souterraines ne se présente avec des caractères aussi tranchés qu'aux environs de la mer Adriatique, sur les plateaux de l'Istrie, de la Carniole, de la Croatie et de la Dal-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

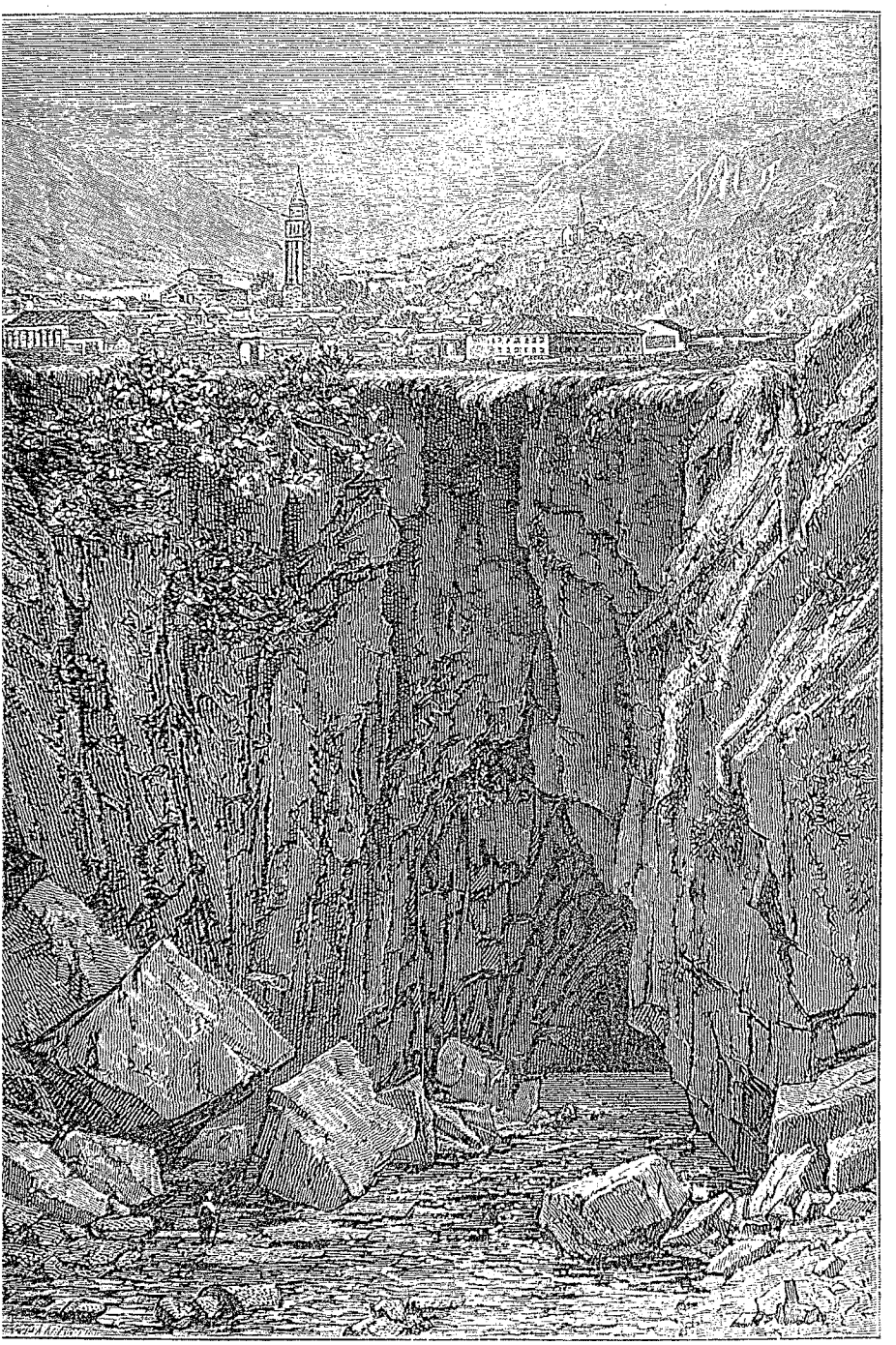
matie. On y rencontre, à chaque pas, des gouffres de toutes formes et de toutes dimensions, appelés *foibe* par les Italiens : les uns ont l'aspect d'un entonnoir; les autres, avec leurs parois verticales, ressemblent à des puits; d'autres enfin sont taillés en forme de cirques et entourés de gradins. Il est de petites *foibe* que l'on pourrait franchir d'un bond; il en est aussi de très vastes, dont les pentes sont couvertes de forêts.

Toutes les eaux de pluie descendent dans ces gouffres; à chaque instant les ruisseaux se perdent dans le sol, comme dans les trous d'un crible. Quelquefois l'eau s'amasse en mares temporaires dans le fond des *foibe;* mais le plus souvent elle disparaît dans des fentes ou des cavernes rocheuses et forme alors des rivières souterraines. La ville de Pisino (Mitterburg), au centre de l'Istrie, est bâtie sur le bord d'une *foibà* de 57 mètres de profondeur, au fond de laquelle viennent s'engouffrer, dans une vaste caverne, les eaux descendant des montagnes voisines.

Au nord-ouest de Fiume s'allonge le plateau du *Carso* (en allemand *Karst*), ou pays des pierres. Toutes les roches sur lesquelles il repose sont fendues; c'est un véritable chaos de pierres, où la marche, déjà très pénible, est souvent rendue impossible par les *foibe* qui s'ouvrent de tous côtés dans ce désert pierreux. Le Carso, comme tous les plateaux voisins, est remarquable par le manque absolu d'eau : ses roches calcaires, fissurées à l'infini, boivent les pluies à mesure qu'elles tombent et n'en laissent pas séjourner une goutte à la surface : c'est dans les profondeurs de la montagne qu'il faut ici chercher les rivières. De tous les gouffres sort le bruit des eaux qui coulent à une grande profondeur : des observateurs courageux, descendus au moyen de cordes, ont étudié le cours de ces rivières souterraines, qui ont, comme les rivières de la surface, leurs crues, leurs cascades et leurs rapides.

Telle est la Recca, qui passe dans l'intérieur du Carso, non loin de Trieste : issue du Mont des Neiges, elle coule quelque temps à l'air libre, disparaît une première fois sous une arcade de rochers, se montre à quelque distance au fond d'un entonnoir, puis s'engouffre en cascade. Son cours souterrain a plus de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LA FOIRA DE PISINO

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

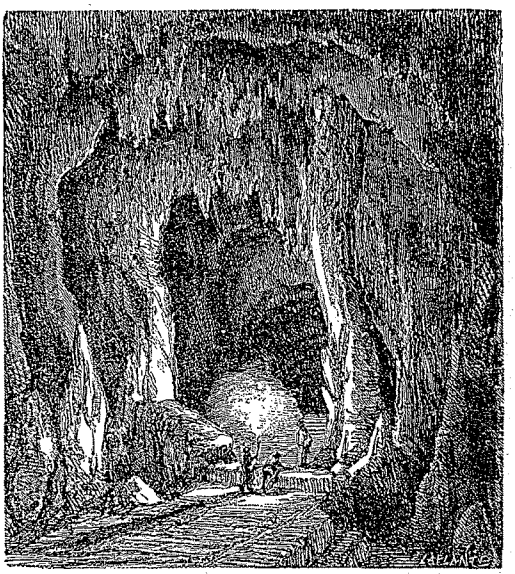
35 kilomètres de long; le gouffre de Trébié, profond de 300 mètres, s'ouvre au-dessus du courant, comme le regard d'un canal d'égout. La Recca reparaît au jour près de Montefalcone : c'est alors un véritable fleuve jaillissant du sein des rochers, et sur lequel on voit flotter les petits navires de mer. Il ne doit cependant pas avoir la même importance qu'autrefois; car si les bouches pittoresques du Timavo ont mérité d'être chantées par Virgile, il y aurait de l'exagération à regarder cette rivière comme la *mère de l'Adriatique :* son débit n'est guère que la moitié de la fontaine de Vaucluse.

La formation des grottes dans les terrains calcaires est liée intimement à l'histoire des rivières souterraines. Elles sont l'œuvre de ces cours d'eau, qui bondissent dans les cavités des roches et ressemblent non pas à de calmes ruisseaux, mais bien à d'impétueux torrents : le mugissement de leurs eaux, le bruit des cascades que l'on entend du dehors, ne laissent aucun doute à cet égard. Obligées de se frayer une route dans un dédale d'étranglements et de cavités tortueuses, les eaux ont usé et délayé la roche sous leurs chocs répétés : elle n'a pas été tranquillement dissoute par un travail lent et prolongé de l'eau; elle a été emportée par des vagues furieuses toutes les fois qu'elle présentait une moindre résistance. Ajoutons que le creusement de la plupart des grottes remonte à une époque ancienne, où les précipitations atmosphériques étaient plus abondantes que de nos jours. Quant au revêtement des grottes par une croûte de calcaire cristallisé, à leur ornementation par des stalactites et des concrétions de toute nature, ils sont postérieurs à leur formation, se sont effectués peu à peu et se continuent encore par le travail incessant des eaux d'infiltration.

Les grottes creusées par les eaux sont nombreuses dans l'est de la France. Dans la Franche-Comté, le Jura, le Dauphiné, on rencontre à chaque pas des cavernes plus ou moins profondes, désignées souvent sous le nom de *baumes* ou *balmes;* nous nous bornerons à en citer deux, choisies parmi les plus visitées.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Les grottes d'Osselles, les plus célèbres de Franche-Comté, sont situées dans le département du Doubs, près de Saint-Vit. Creusées dans le flanc d'un coteau peu élevé, elles se composent d'une série de salles s'étendant à plus de 800 mètres dans l'intérieur de la colline; la plupart sont incrustées sur toutes leurs parois et ornées d'une foule de stalactites, aux formes les plus capricieuses. L'entrée, d'ailleurs très étroite, est fermée par une porte; elle barre le passage aux visiteurs sans guide et aux chauves-souris qui remplissaient autrefois les premières excavations. Les salles sont grandes et fort élevées : elles communiquent facilement entre elles, sauf en quelques points où des blocs de stalactites rétrécissent le passage. Une des dernières salles diffère complètement des autres par son aspect : c'est la *salle de danse*. Elle est fort grande et très haute, sans stalactites; les parois sont formées par la roche nue; le sol, recouvert d'un sable fin, aboutit à une sorte de précipice rempli d'eau. Aux trois quarts de la profondeur des grottes, un ruisseau profondément encaissé barrait autrefois le passage. L'intendant Toulongeon y fit construire un pont de pierre en 1763, à l'occasion d'une fête qu'il donna dans les grottes. Tenté par la beauté des stalactites, il voulut en extraire un certain nombre, et orner ainsi son château de colonnes naturelles; mais le peu de largeur de l'entrée sauva les grottes d'Osselles de cette violation; on s'aperçut, après quelques tentatives, que les colonnes ne pouvaient pas en sortir.



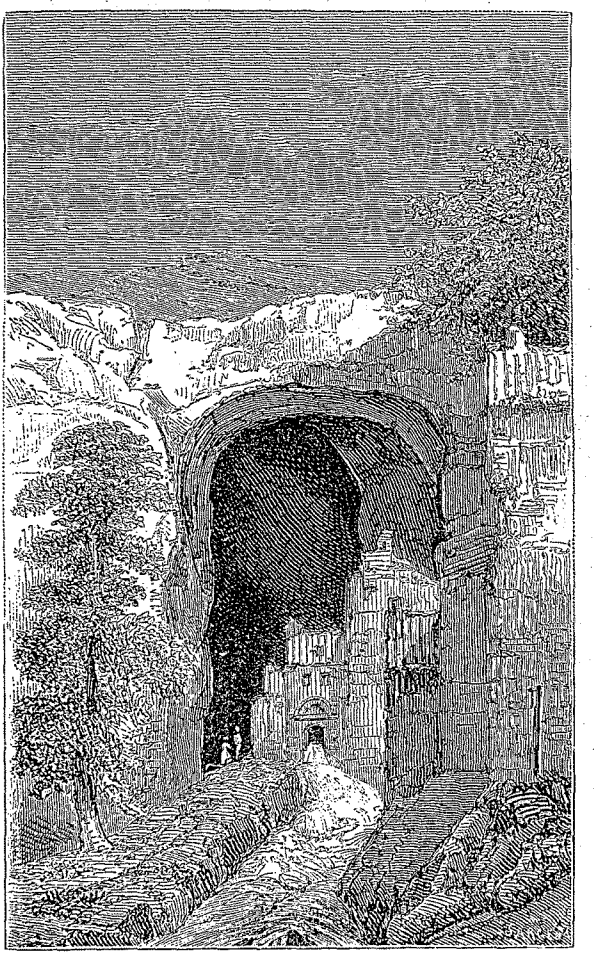
INTÉRIEUR DES GROTTES D'OSSELLES.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

L'entrée de la Balme Notre-Dame, une des sept merveilles du Dauphiné, est au contraire tout à fait majestueuse : c'est une sorte d'arc de triomphe taillé dans un rocher à pic que couronnent de jolis buissons. Mais ce qui lui donne un aspect tout particulier, c'est un bâtiment intérieur construit sous la voûte, et de la porte duquel sort un torrent qui se précipite hors de la grotte. Dans cet édifice, surmonté d'un petit clocher, sont deux chapelles et une sacristie pour le prêtre qui vient y dire la messe. A l'intérieur, la grotte de la Balme est moins belle que la grotte d'Osselles; on n'y voit que peu de stalactites : les concrétions calcaires y sont rares; cependant on admire, dans une des salles, une bordure de larmes qui semblent avoir été sculptées par un habile ouvrier. Les passages sont étroits : dans plusieurs endroits, notamment dans l'*escargot*, il faut se laisser glisser entre deux parois de roches formant un couloir en hélice; ce passage est absolument interdit aux personnes ayant une certaine rotondité de taille. Du vestibule, recouvert par la voûte d'entrée, partent deux galeries. La plus intéressante aboutit à une grande chambre, dans laquelle se trouve un bassin rempli d'eau. Le nom de *lac*, donné à cette mare de quelques mètres de large et de 5 à 4 mètres de profondeur, est légèrement hyperbolique : il est vrai qu'une barque flotte sur ses eaux et permet aux visiteurs de se donner les émotions d'une navigation souterraine. Il ne faut pas se dissimuler d'ailleurs qu'il y a, dans les impressions ressenties lorsqu'on visite une grotte, une certaine part d'imagination. L'obscurité absolue dans laquelle sont plongées toutes les cavités environnantes, la faible et vacillante lumière projetée par les bougies au milieu de ces ténèbres profondes, prêtent aux objets des dimensions fantastiques et des formes bizarres. Ce ne sont plus des stalactites qui se dressent sous les voûtes, ce sont des personnages ou des monstres qui vous guettent au passage; un bassin devient un lac; un filet d'eau, une rivière; une voûte recouverte de cristallisations prend le nom de grotte des Diamants. On n'éprouve aucune crainte, et cependant ce n'est pas sans un certain soulagement que l'on revoit la lumière du jour.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Aux portes de France, à 24 kilomètres environ de Dinant, est une grotte fameuse, située à Han-sur-Lesse, petit village de Belgique. D'un développement à peu près égal à celui des grottes d'Osselles, la grotte de Han présente cet avantage pour le visiteur



ENTRÉE DE LA GROTTE DE LA BALME.

d'avoir plusieurs ouvertures, ce qui permet d'entrer par un côté et de sortir par un autre. Elle est en outre traversée par une rivière, la *Lesse*, qui se précipite dans la grotte par une ouverture nommée le *Trou de Belvaux*. La Lesse, qui serpente dans un délicieux vallon, quitte brusquement son lit pour pénétrer dans cet

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

antre obscur, où elle s'engouffre à une profondeur inconnue. Il est à remarquer que partout où l'on visite des curiosités de ce genre, les gouffres, au dire des guides, sont toujours insondables, les abîmes sans fond. Un amateur essaya, mais en vain, de sonder les profondeurs du Trou de Belvaux avec une perche de 5 mètres de long : il faut avouer que pour un *abîme sans fond* la perche était un peu courte.

On entre dans la grotte par le *Trou au Salpêtre* et, après un parcours qui se fait partie sur l'eau, partie sur les roches, on sort par le trou de Han. Les parois des salles sont ornées de concrétions calcaires; de nombreuses stalactites se rencontrent à chaque pas. Elles sont moins exposées aux déprédations qu'à Osselles, car il est défendu aux visiteurs d'y porter une main sacrilège. Il est vrai que la grotte se trouve dans un parc particulier, et le propriétaire, en homme avisé, se fait un joli revenu de cette beauté naturelle. Les salles, très nombreuses, ont toutes leur nom, tiré le plus souvent des particularités qu'on y remarque ou des ressemblances que l'imagination a prêtées à leurs stalactites. On parcourt successivement la salle des Scarabées, celles des Renards, de la Cascade, de l'Abîme, du Dôme, des Draperies, le boudoir de Proserpine, la Merveilleuse, les Mystérieuses, l'Alhambra, la place d'Armes; on passe le Styx en barque, et, après une dernière traversée souterraine de la Lesse, on arrive au trou de Han. « C'est à ce moment que le coup de foudre attend le visiteur, » dit le guide officiel de la grotte de Han. Rassurez-vous, car dans ces termes pompeux le guide veut seulement parler de l'éblouissement produit par le retour à la lumière. En résumé, la grotte de Han est une des plus belles que l'on puisse voir sans faire un trop grand voyage : plusieurs des salles sont d'une hauteur énorme, leurs stalactites sont admirables et offrent les aspects les plus divers. Le mode de formation de la grotte a eu l'honneur d'être discuté par un auteur bien connu pour la pureté de son style et pour son talent à décrire les scènes champêtres. Il ne manque à cette merveille que quelques légendes : si seulement deux jeunes gens, désireux de finir ensemble leur

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

existence, pouvaient, comme aux grottes du Mammouth, se précipiter un jour dans un des gouffres de la Lesse, l'heureux propriétaire de la grotte de Han ne manquerait pas d'augmenter son prix d'entrée de quelques francs, pour faire apprécier aux visi-

LA MERVEILLEUSE, DANS LES GROTTES DE HAN-SUR-LESSE.

teurs, à sa juste valeur, l'endroit où se serait passé ce drame effroyable.

Non moins célèbre est la grotte de Postoina, plus connue sous le nom de caverne d'Adelsberg. Elle est située en Carinthie, sous un de ces plateaux criblés de gouffres dont nous avons parlé à

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

propos de la Recca-Timavo. Creusée par les eaux d'un lac aujourd'hui disparu, auquel cette voie souterraine servait de déversoir, la caverne d'Adelsberg est traversée maintenant par une petite rivière, la Piuka. Celle-ci, après un cours souterrain d'environ 10 kilomètres, se montre au jour, grossie de plusieurs torrents souterrains, reste alors visible sur un espace de quelques kilomètres et s'engouffre de nouveau, pour ne reparaître qu'au-dessous de Laybach. C'est dans le cours souterrain de la Piuka que l'on a découvert le protée, ce curieux animal, moitié lézard et moitié poisson.

Une grande partie de la grotte d'Adelsberg se compose de couloirs si étroits, qu'il est impossible d'y pénétrer; mais la portion que l'on peut voir possède un caractère particulier de grandeur et de hardiesse. Elle étonne surtout par son *Calvaire*, colline formée d'une accumulation de stalactites et de concrétions calcaires, hérissée d'innombrables obélisques semblables aux clochetons d'une cathédrale, et au-dessus de laquelle se déroule une voûte de près d'un kilomètre de tour. Partout les déchirures convulsives des parois et leurs ombres profondes forment un contraste puissant avec l'élégance, la blancheur et la transparence des stalactites.

Nulle part cependant la richesse des stalactites n'est aussi grande qu'à la grotte d'Antiparos. L'île qui porte ce nom est un simple écueil de 26 kilomètres de tour, avec quelques centaines d'habitants. L'entrée de la grotte est assez difficile : il faut descendre par les crevasses du sol et au moyen d'échelles de cordes, jusqu'à l'ouverture qui permet de pénétrer dans la caverne. Située à une profondeur de 65 mètres, elle a 40 mètres de largeur et 70 mètres de longueur; la hauteur de la voûte est d'une trentaine de mètres (page 169). Elle est chargée de stalactites aux formes bizarres, jaunes dans la masse et transparentes vers leur extrémité. Le sol est recouvert de nombreuses stalagmites : la plus volumineuse, placée vers le milieu de la grotte, n'a pas moins de 18 mètres de tour sur 6 mètres de hauteur; on la nomme l'*autel*. En 1673, M. de Nointel, ambassadeur de France à Constantinople,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

y fit dire la messe le jour de Noël : 400 lampes et 100 torches inondaient de lumière les sombres voûtes de cette cathédrale souterraine. Une grotte plus petite communique avec la grande. Ses parois sont couvertes de calcaire cristallisé semblable à celui des grottes d'Osselles. On y voit des stalagmites qui ressemblent à des arbres couverts de givre, et dont la cassure présente des couches concentriques analogues à celles du bois.

DESCENTE A LA GROTTE D'ANTIPAROS.

Les grottes les plus merveilleuses et les plus vastes du monde entier sont les grottes américaines du Kentucky, connues sous le nom de *Grottes du Mammouth*. Situées dans le bassin du Green River, à 90 milles de Louisville, elles ne sont qu'imparfaitement connues. La partie explorée, dont le développement est de 30 à 40 kilomètres, ne contient pas moins de 226 avenues caverneuses, 57 salles ou dômes, 11 lacs, 7 rivières, 8 cascades et 32 puits ou abîmes, dont quelques-uns sont d'une profondeur et d'un diamètre extraordinaires.

Il fallait autrefois cinq à six jours pour aller de Louisville aux grottes : on va maintenant en chemin de fer jusqu'à la station de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

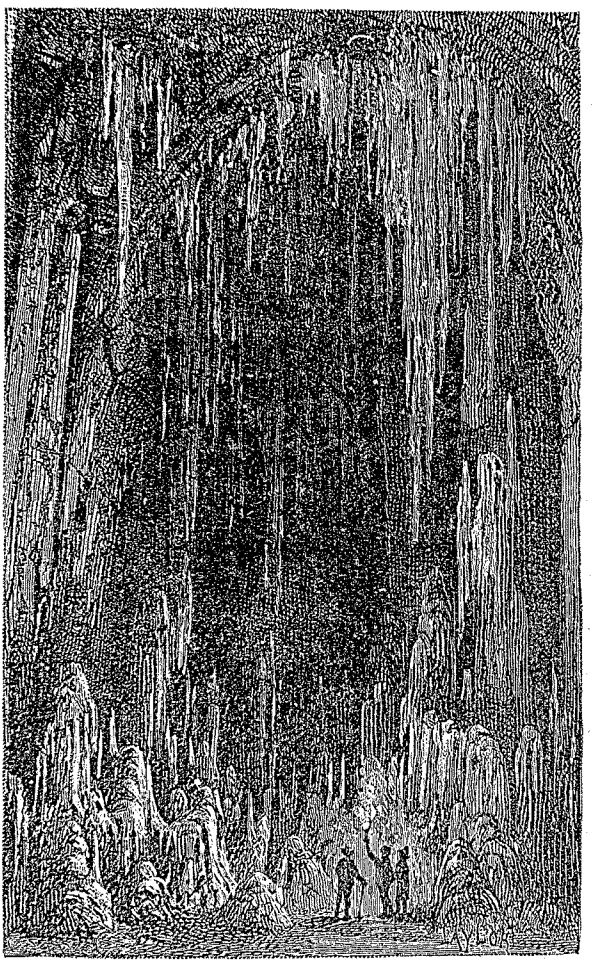
Cave-City, à 7 ou 8 milles seulement de l'entrée des souterrains. Celle-ci n'a rien de monumental : située au fond d'un entonnoir de verdure, elle est à peine assez large pour laisser passer deux personnes de front. Armé d'une lampe et revêtu de solides vêtements de drap, le visiteur franchit l'ouverture, descend 50 à 60 marches humides, et arrive à la première salle, la *Rotonde*, autour de laquelle rayonnent un grand nombre de corridors.

L'une des premières salles est l'*Église gothique*, à une demi-lieue de l'entrée. Sa forme, sa grandeur, les étranges stalactites qui la décorent, lui donnent l'aspect d'une nef du moyen âge. Un quart de lieue plus loin est la *Chambre des Revenants*, où l'on a trouvé autrefois un grand nombre de momies indiennes. C'est aujourd'hui la partie la plus animée et la mieux éclairée des grottes : les femmes des guides y ont établi un café, où elles vendent des rafraîchissements. Il s'y fait aussi un grand commerce d'ossements soi-disant antédiluviens à 10 cents la pièce, de syrédons, batraciens à corps de poisson et à pattes de grenouille, et de cyprinodons, poissons aveugles que l'on pêche dans le *Styx*, une des rivières des grottes. Au milieu de la salle est un squelette presque complet de mammouth gigantesque, qui a valu aux grottes la dénomination sous laquelle elles sont connues. La salle du *Mammouth* est encore le lieu de rendez-vous d'un assez grand nombre de malades ou de poitrinaires, qui viennent, sur l'avis des médecins, respirer l'atmosphère chaude et humide des souterrains.

Plusieurs autres salles attirent également l'attention, mais les chemins pour y arriver ne sont pas toujours commodes. Dans le *Labyrinthe* ou *Chemin de l'Humilité*, il faut ramper sur les pieds et les mains; malheur à qui voudrait y marcher la tête haute! Un autre corridor étroit porte le nom significatif et pittoresque de *Misère de l'homme gras*. Ce n'est donc pas sans peine que l'on arrive au *Dôme du Mammouth* ou à la *Chambre étoilée*. Le premier est une salle d'une immense étendue, remplie de magnifiques stalactites et dont la hauteur est de plus de 150 mètres : le Panthéon de Paris pourrait y tenir à l'aise. La Chambre étoilée est

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

une des merveilles des grottes : lorsque, en y entrant, on lève les yeux vers le haut de la voûte, il semble qu'on aperçoive le ciel constellé d'étoiles, par une noire nuit d'hiver. Cet effet est dû aux nombreuses cristallisations dont les parois sont recouvertes : le



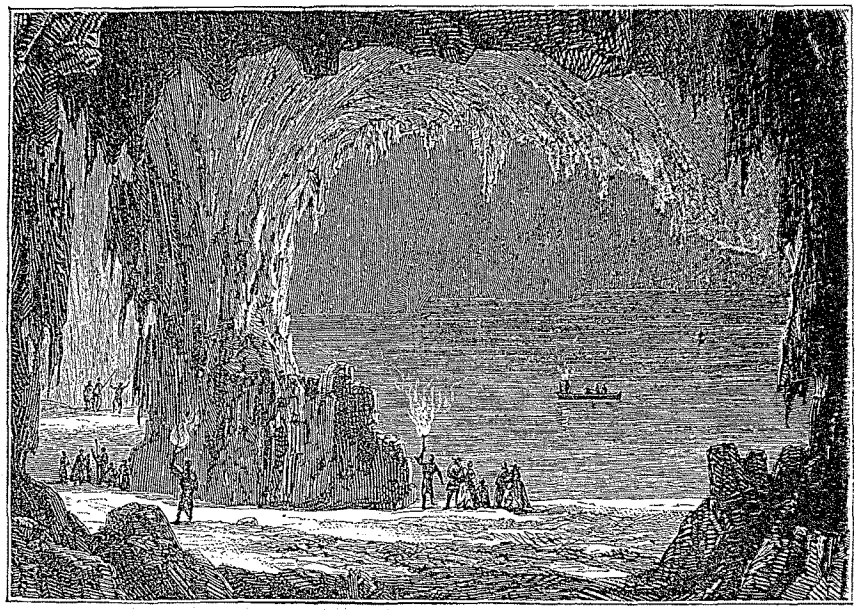
GROTTES DU MAMMOUTH. — LA SALLE DU DOME.

reflet des lumières, projetées avec adresse par les guides, produit une illusion complète.

En quittant la salle des Revenants, on se rend ordinairement à la *Chaire du Diable*, gigantesque cristallisation en forme de siège, suspendue brillante au-dessus d'un gouffre noir, nommé

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

l'*Abîme sans fond*. La galerie, brusquement interrompue, est remplacée par un pont de bois qui franchit le précipice. Un jeune homme et une jeune fille, séparés par la volonté de leurs parents, se précipitèrent un jour dans le gouffre, attachés l'un à l'autre par une ceinture de soie. On voulut retrouver au moins leurs cadavres : un guide tenta l'aventure. Attaché à une corde, il se fit descendre dans l'abîme; mais, à 60 mètres de profondeur, il fut pris d'une frayeur soudaine et se fit remonter, sans avoir



GROTTES DU MAMMOUTH. — LA MER MORTE.

aperçu aucune trace des malheureuses victimes. Une autre fois, deux esclaves fugitifs s'efforçant de gagner les États du Nord, où l'esclavage était interdit, cherchèrent un asile dans les grottes du Mammouth. Poursuivis par les chasseurs d'hommes et par des chiens dressés à la recherche des nègres, traqués de couloir en couloir, ils arrivèrent à la galerie qui aboutit à l'Abîme sans fond. Là, ayant devant eux la mort, derrière eux les fers et la torture, ils n'hésitèrent pas. Aux hurlements des dogues furieux, à l'hallali des pourvoyeurs de chair humaine, ils répondirent par un cri de défi. On les vit un instant, à la lueur des torches

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

projetée de leur côté, debout, se tenant par la main, dans l'embrasure ouverte sur l'abîme; puis ils se précipitèrent et disparurent sans que le bruit de leur chute se fît même entendre. Triste épisode de cette horrible institution de l'esclavage, aujourd'hui disparue des États-Unis.

A trois lieues environ de l'entrée des grottes est la *Mer Morte*, sorte de lac produit par l'infiltration des eaux pluviales. Il se déverse dans le *Styx*, petite rivière qui, après avoir circulé dans les grottes, va se jeter par des canaux souterrains dans le Green River. La masse des eaux de la Mer Morte est très variable : sa profondeur est ordinairement d'une dizaine de mètres; mais quand les eaux sont hautes, elles peuvent atteindre 20 mètres et débordent alors, de manière à inonder les galeries voisines. Sur l'un des bords du lac est une arche élevée et grandiose formée par des concrétions et des stalactites : c'est là que les visiteurs s'embarquent pour franchir les 80 mètres qui les séparent de l'autre rive. Une étroite galerie conduit alors à l'ouverture de sortie : on la suit d'ordinaire et on termine ainsi son excursion souterraine.

Outre les deux galeries, l'une de deux lieues, l'autre de trois, généralement explorées, il en existe plusieurs autres dont la longueur est inconnue. D'un accès difficile et même périlleux, elles s'étendent probablement fort loin, mais ne paraissent pas avoir de communication avec l'extérieur. Un explorateur courageux en a parcouru une, sur une longueur de plus de cinq lieues; mais, en l'absence d'ouverture de sortie, il a été forcé de revenir à son point de départ. Telles sont ces grottes fameuses, dont la plus grande partie est encore enveloppée d'un mystère impénétrable.

Les grottes ont joué un rôle considérable dans l'histoire de l'humanité. Les premiers hommes en ont fait leur demeure, après en avoir disputé la possession aux ours et aux autres animaux féroces, dont les ossements sont enfouis dans le sol des cavernes. Les traces de ces habitations souterraines se

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

retrouvent dans presque tous les pays. Il est même arrivé qu'à défaut de grottes naturelles, l'homme en a créé d'artificielles. Les célèbres grottes de la Tchernaïa, en Crimée, ont été creusées dans des montagnes formées d'une roche tendre, qui durcit à l'air; leurs galeries forment un véritable dédale, au milieu duquel se rencontrent des salles assez vastes pour contenir 500 personnes. Il n'y a pas encore longtemps, ces grottes étaient habitées; aujourd'hui elles ne servent qu'à loger le bétail. Ailleurs les grottes et les galeries souterraines ont été des lieux de sépulture ou des sanctuaires vénérés. On peut citer, sous ce rapport, les fameux hypogées d'Ibsamboul, en Égypte, qui remontent à la plus haute antiquité, et les grottes beaucoup plus récentes d'Éléphanta, près de Bombay, dont l'aspect mystérieux et grandiose produit, sur tous ceux qui les ont visitées, l'impression la plus profonde.

ENTRÉE D'UNE GROTTE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

UN GLACIER A LA NOUVELLE-ZEMBLE.

CHAPITRE IV

TORRENTS ET GLACIERS

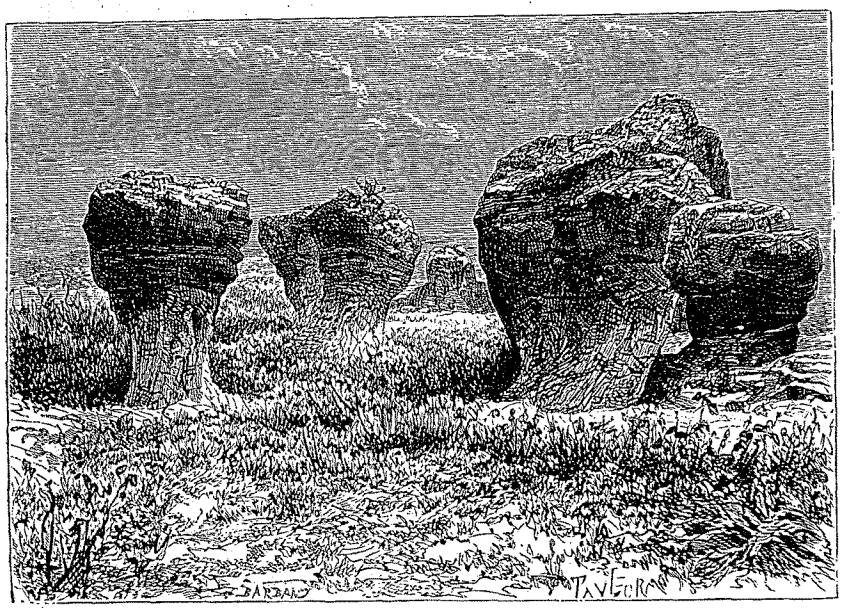
I. — LES EAUX SAUVAGES. — LES TORRENTS.

On s'étonnera peut-être de nous voir réunir dans un même chapitre l'histoire des torrents et celle des glaciers. Le calme et l'immobilité apparente de ceux-ci ne semblent guère s'accorder avec l'impétuosité des premiers; et cependant il existe entre eux plus d'un rapport. Glaciers et torrents prennent naissance dans les hautes vallées des montagnes et en descendent, les uns avec une vitesse vertigineuse, les autres avec une lenteur extrême. Dans leur cours, ils entraînent tout ce qu'ils rencontrent : les masses qu'ils peuvent ainsi transporter sont énormes; car si le glacier agit par son poids colossal, le torrent trouve une énorme puissance d'entraînement dans la rapidité de ses eaux. Les uns et les autres édifient dans le bas avec des matériaux pris sur les hauteurs.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Enfin, qu'elle devienne torrent ou glacier, la goutte d'eau ne quitte pas la surface du sol : elle voyage au grand jour et ne pénètre pas dans les profondeurs mystérieuses de la vie souterraine.

Une partie de l'eau qui tombe sur terre se rend aux rivières sans passer par l'intermédiaire des sources : cet écoulement superficiel a reçu le nom de *ruissellement* et se produit dans diverses circonstances. Dans le cas d'averses torrentielles, l'eau ne peut



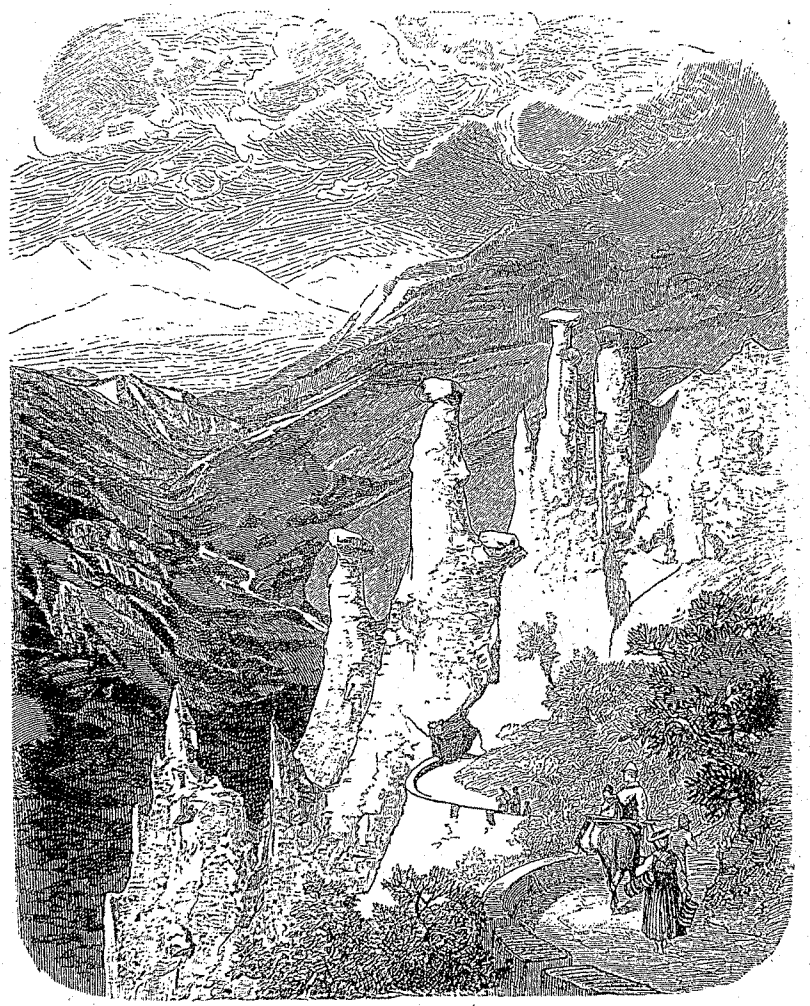
LEÏS MOURRÉ.

s'imbiber totalement dans le sol et ruisselle en partie à la surface. Il en est de même quand le terrain est imperméable ou quand il est fortement incliné. Les effets du ruissellement varient beaucoup, selon que la disposition du terrain favorise plus ou moins la réunion des eaux pluviales. Quand cette concentration n'a pas lieu, les eaux cheminent sur la surface du sol dans toutes les directions, le dégradent çà et là, y creusent une infinité de petits ravins aux formes capricieuses, et méritent le nom d'*eaux sauvages* qui leur a été attribué.

Le sol est-il formé de blocs de pierre mélangés de sable ou

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

d'une matière facilement délayable, les eaux sauvages entraînent ces derniers et laissent les pierres dans un état d'équilibre plus ou moins stable. Ainsi se produisent les *pierres branlantes*, les



LES PYRAMIDES DES FÉES.

blocs perchés que l'on trouve dans les pays granitiques. Au nord de Forcalquier est un plateau couvert de grands rochers, ressemblant vaguement à une armée de géants à têtes énormes : ces rochers, appelés dans le pays *Leïs Mourré*, sont formés de blocs de calcaire compact et reposent sur des piliers d'une marne argi-

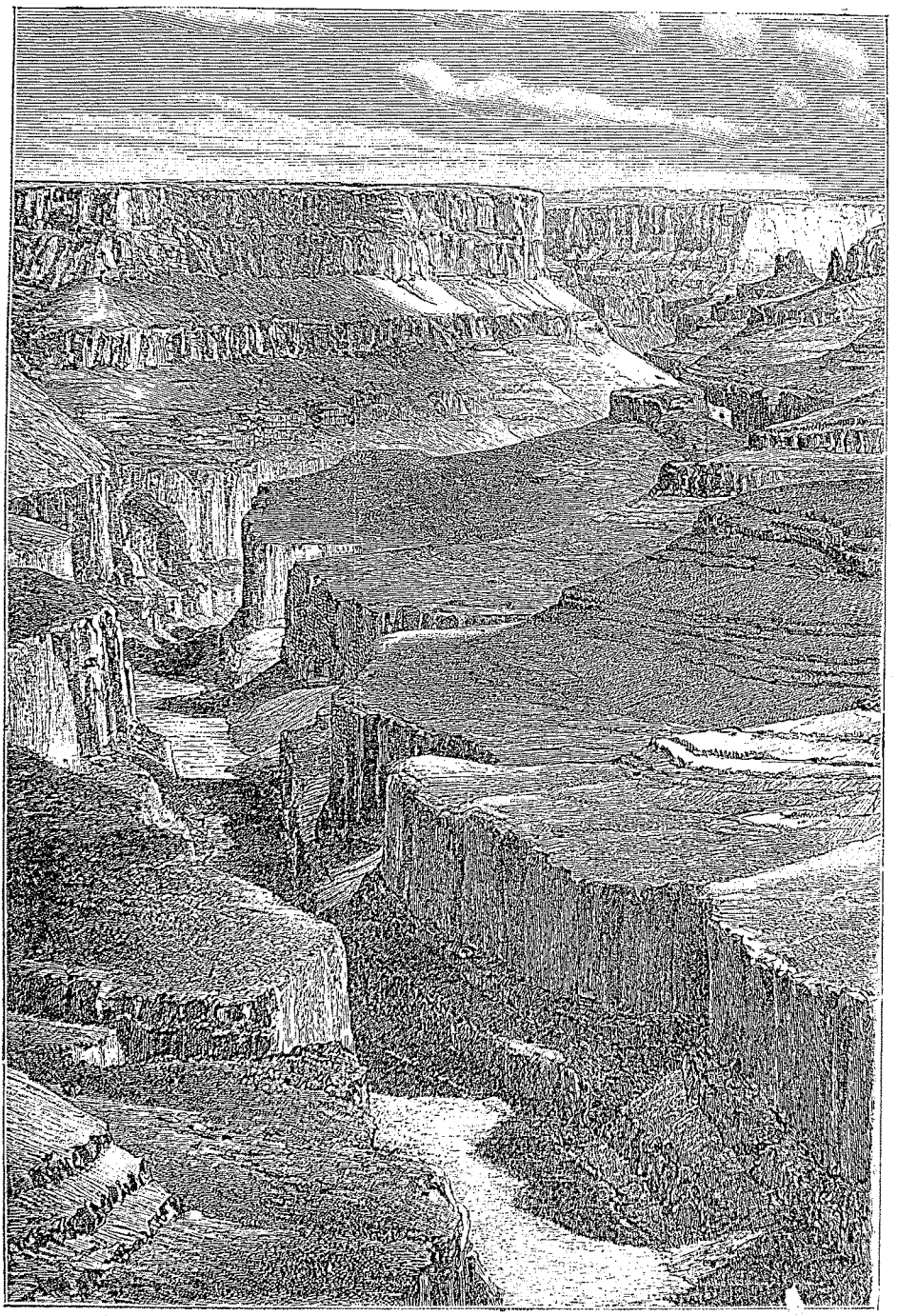
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

leuse qui se délite aisément. Les résultats de l'érosion produite par les eaux sauvages varient d'ailleurs beaucoup. Ici ce sont des pyramides de terre surmontées d'un bloc à leur sommet : en Savoie, auprès de Saint-Gervais, on les appelle *pyramides des fées;* on en voit encore de fort belles dans le Tyrol, aux environs de Botzen. Ailleurs, dans la Suisse saxonne par exemple, les roches de grès sont dégradées comme les falaises des bords de la mer : découpées en prismes et en colonnes, elles ressemblent aux témoins qu'on laisse après l'exécution d'un travail de terrassement.

En aucun point de la terre le ruissellement des eaux n'a produit des effets d'érosion comparables à ceux qu'on observe dans le bassin du Colorado. Leur origine remonte à une époque où les pluies étaient plus abondantes : mais encore aujourd'hui le Colorado, au moment des crues, forme une nappe ayant jusqu'à 25 et 30 mètres d'épaisseur. Roulant sur une pente qui atteint parfois 35 millimètres par mètre, il est capable de produire des effets mécaniques considérables. Sur les plateaux des Montagnes Rocheuses, les eaux, coulant sur un sol absolument nu et dépourvu de toute végétation, ont emporté le terrain et creusé des gorges profondes, célèbres sous le nom de *cañons*. Leurs parois, de 1000 à 2000 mètres de hauteur, forment de véritables falaises disposées en gradins verticaux. La largeur comprise entre les gradins correspondants dépend de l'abondance des eaux ruisselantes, aux diverses époques du creusement : à mesure qu'elles diminuaient, le cañon se rétrécissait tout en s'approfondissant. Elles roulent maintenant au fond d'une gorge tortueuse, de 6 à 7 mètres de largeur, dans laquelle la lumière pénètre à peine, surtout quand une couche de nuages, suspendue entre les deux murailles, flotte dans le cañon. Toute cette région est ainsi creusée de profonds ravins, dans lesquels coulent le Colorado et ses affluents : les principaux sont le Grand Cañon et les Cañons de Marbre (*Marble-Cañon*).

Le travail destructeur des eaux devient surtout énergique quand elles peuvent se concentrer et que leur masse réunie, cou-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LES CAÑONS DE MARBRE ET LE COLORADO.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

lant sur une pente rapide, donne naissance à un *torrent*. Dans le langage ordinaire, on donne ce nom à tout cours d'eau impétueux; mais cette définition vague ne fait pas ressortir les véritables caractères des torrents. Ils coulent, en général, dans des vallées très courtes : les plus allongés n'atteignent guère 20 kilomètres; ils augmentent subitement et d'une façon extraordinaire, de manière à atteindre quelquefois le débit d'un fleuve; mais ces crues n'ont jamais qu'une faible durée. La pente de leur lit varie rapidement : elle ne descend pas au-dessous de 2 centimètres et dépasse souvent 6 centimètres par mètre. Ce qui caractérise le torrent, c'est qu'il arrache des matériaux aux flancs de la montagne, les entraîne et va les déposer dans les vallées, où son cours changeant divague, embarrassé par ces dépôts.

Un torrent se divise donc en trois parties : une région dans laquelle les eaux s'amassent et affouillent le terrain; c'est le *bassin de réception;* une autre région opposée, appelée *lit de déjection*, dans laquelle les eaux apportent les matières provenant de l'affouillement; enfin, entre ces deux régions, un *canal d'écoulement*, dans lequel il n'y a ni dépôt, ni arrachement de matières.

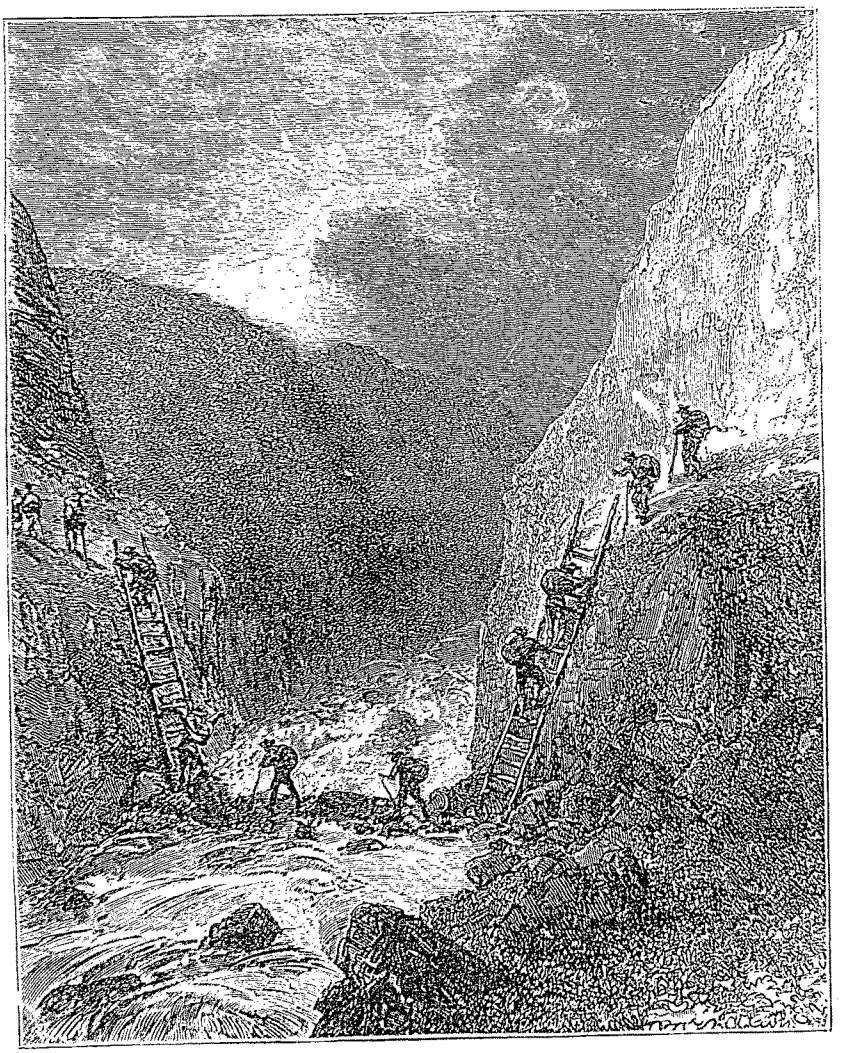
Le bassin de réception recouvre de larges croupes de montagnes; il a la forme d'un vaste entonnoir diversement accidenté et aboutit à une sorte de goulot placé dans le fond. Ouvert en amphithéâtre et béant vers le ciel, il reçoit sur toute sa surface les eaux des pluies, des neiges ou des orages. Cette masse ruisselle rapidement sur les pentes du terrain et se précipite en convergeant vers le goulot de l'entonnoir. C'est une gorge étroite, de plusieurs kilomètres de longueur, profondément encaissée, véritable tranchée ouverte par l'action de l'eau et dont les berges ont quelquefois 100 mètres de hauteur au-dessus du lit.

Les berges fournissent au torrent la plus grande partie de ses alluvions : de leurs parois se détachent d'énormes blocs qui tombent dans le lit et sont ensuite emportés au loin par les eaux. Le voyageur surpris dans ce défilé par une crue subite y perdrait certainement la vie; et cependant dans beaucoup de pays, dans les Hautes-Alpes par exemple, on voit le lit des torrents servir de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

chemin. Quand on suit la route qui va de Gap à Embrun, plus du quart du trajet se fait dans ces conditions.

Que se passe-t-il à la fonte des neiges ou lorsque survient un



PASSAGE D'UN TORRENT.

orage? La masse d'eau roulée par le torrent augmente aussitôt. On a vu des torrents débiter alors 200 et 250 mètres cubes d'eau par seconde, presque le double de la Seine, à Paris, en temps ordinaire. Sur une pente de 6 centimètres par mètre, cette eau

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

acquiert une vitesse de 14 à 15 mètres à la seconde, c'est-à-dire celle d'un train express. Le torrent en fureur ronge alors le fond de ses berges : celles-ci s'éboulent et, comme elles sont très profondes, les effets de leur chute s'étendent au loin. Certaines portions, minées par la base, tombent en masse; d'autres glissent; d'autres enfin se crevassent. Affaissements, fissures, ébranlements se propagent de proche en proche, et finissent par embrasser des pans de montagne tout entiers, menaçant d'une ruine certaine les maisons et les villages qui y sont bâtis.

Le lit de déjection d'un torrent présente une disposition inverse de celle du bassin de réception. C'est un monticule conique placé à la sortie de la gorge et accolé à la montagne, comme un contre-fort : il s'élargit rapidement et ressemble à un éventail dont le point d'attache serait à l'issue du ravin par lequel s'échappe le torrent. Le premier aspect de ces lits de déjection n'est pas sans analogie avec celui d'une vaste ruine. C'est un entassement de cailloux et de blocs dispersés sur une grande étendue de terrain, une plage aride dénuée de végétation et même de sol végétal. En présence de cette masse de débris, on a peine à croire qu'elle soit l'ouvrage du chétif filet d'eau qu'on voit suinter à travers les blocs; car, si les berges du goulot de réception sont creusées quelquefois jusqu'à 100 mètres de profondeur, les déjections accumulées forment des collines ayant souvent plus de 70 mètres de hauteur. Les eaux coulent sur l'arête culminante de ces monticules; sortant de la gorge avec violence, elles obéissent à l'impulsion reçue et restent dans la région la plus élevée du lit de déjection. Le moindre obstacle, il est vrai, suffit pour les lancer d'un côté ou de l'autre : aussi rien d'instable comme cette portion du cours du torrent; à chaque crue, un lit nouveau se creuse et porte la masse des eaux dans une autre partie de la vallée. La divagation des torrents est la cause des plus grands maux; car elle se produit, non plus sur les flancs des montagnes, mais dans les vallées où se trouvent les cultures les plus précieuses.

Les crues des torrents sont occasionnées par la fonte des neiges ou par les orages : les premières sont générales, les secondes

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

locales. Quelquefois la crue s'opère graduellement : les eaux s'enflent; claires d'abord, elles se troublent de plus en plus, précipitent leur course et roulent des pierres qui se heurtent avec un bruit sinistre. D'autres fois, on voit arriver, à la place d'eau, une boue noire et épaisse, sur laquelle flottent d'énormes blocs; sa marche lente ne ressemble plus à l'écoulement d'un liquide : c'est une sorte de lave froide, à l'effort de laquelle aucun obstacle ne résiste, et qui empoisonne toutes les cultures où elle vient se répandre. D'autres fois enfin, le torrent tombe comme la foudre; il s'annonce par un sourd mugissement dans la montagne; en même temps, un vent furieux s'échappe de la gorge et fait voler les pierres, au milieu d'un tourbillon de poussière; quant au torrent, il apparaît peu d'instants après, sous la forme d'une avalanche d'eau, précipitant devant elle un amas de blocs et de débris.

Les véritables torrents n'existent pas dans toutes les montagnes : on n'en trouve ni dans les Vosges, ni dans le Jura, ni dans les Cévennes, ni dans les Pyrénées, ni dans les montagnes de l'Auvergne ou de la Corse. Leur action destructive ne peut s'exercer que sur un sol n'ayant pas encore une grande cohésion : tel est celui des montagnes de formation récente. Aussi les torrents sont-ils nombreux dans nos départements des Hautes et des Basses-Alpes; leurs effets y sont désastreux. Aucune région n'est plus dévastée que les environs d'Embrun. Placées sous le ciel de la Provence et exposées à un climat destructeur, les montagnes qui entourent cette ville sont, en outre, formées d'un calcaire feuilleté. Les torrents y creusent, dans tous les sens, d'innombrables ravins aux berges arides et d'une couleur bleuâtre. Elles sont délitées à tel point qu'en essayant de les gravir, on enfonce dans les détritus jusqu'aux genoux; et cependant ce sol se renouvelle constamment : chaque nouvel orage le lave et l'emporte, de sorte que la roche vive est remise à nu plusieurs fois dans l'année.

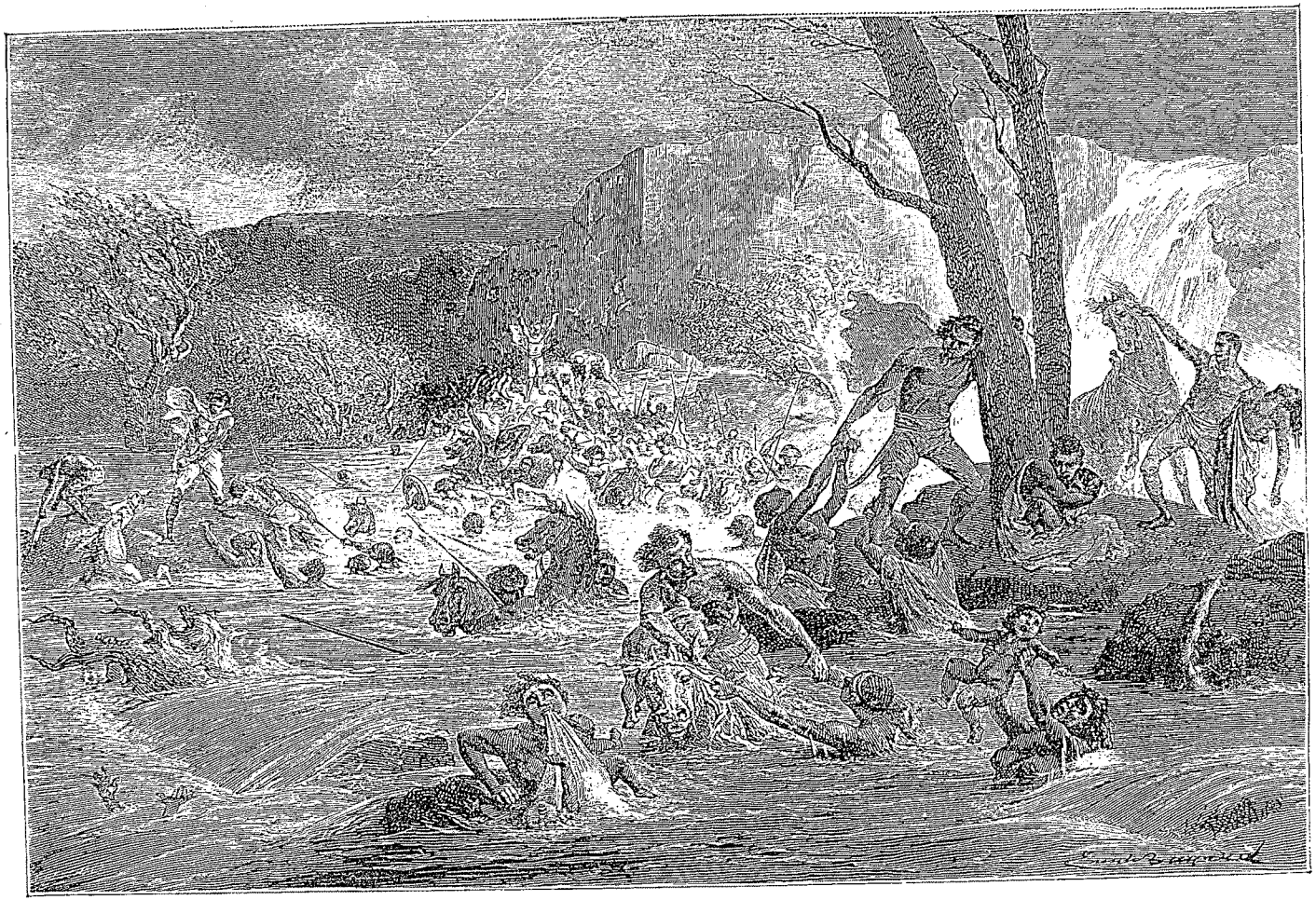
Les torrents de nos Alpes sont cependant des pygmées à côté de ceux des régions tropicales. D'Abbadie raconte que, pendant ses voyages dans les montagnes de l'Abyssinie, il marchait en

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

toute sécurité, sous un ciel serein, quand son guide, entendant un bruit étrange, se met à crier : « le Torrent! » et grimpe sur la hauteur la plus voisine. Une minute après, le fond de la vallée disparaissait sous une large et profonde nappe d'eau, entraînant avec elle des rochers, des arbres et des animaux. Ces torrents, formés en un instant, s'épuisent aussi vite et ne laissent, comme traces de leur passage, que des débris de toutes sortes. A la suite d'une de ces crues subites, d'Abbadie rencontre un indigène qui, d'un air hébété, regardait la terre humide. « Un homme comme toi, lui dit le voyageur, peut-il rester seul et sans armes? » L'indigène lui répond : « Le torrent vient d'emporter ma lance, mon bouclier, mon chameau, ma fortune, ma femme et mes enfants. Malheur à moi! »

Il y a peu d'années, Théodoros, roi d'Abyssinie, campait avec son armée dans la vallée du Bachilo, rivière étroite, resserrée entre de gigantesques murailles, comme la plupart des torrents de l'Abyssinie. Une division entière s'était installée dans le lit du cours d'eau pour être plus à portée de l'eau, de l'herbe et du bois. Tout à coup un bruit sourd, sur la signification duquel il n'y avait pas à se tromper, rappelle les imprudents au danger de leur situation. Les hommes saisissent leurs lances et leurs boucliers; les chevaux sont sellés en quelques instants; les femmes ramassent leurs batteries de cuisine. Toute cette masse vivante se précipite vers les rares sentiers qui permettent de gravir la formidable muraille de rochers. Au bout d'un quart d'heure, le bruit sinistre avait grossi, puis éclaté en mugissements capables d'étouffer les roulements du tonnerre. La masse d'eau arrivait d'un seul coup, roulant d'énormes rochers aussi facilement que des galets, entraînant les arbres et balayant les bataillons comme des traînées de fourmis. Le torrent ne fit que passer : hommes, femmes, enfants, animaux, bagages, tout fut emporté. Quelques heures après, au-dessous du lieu de la catastrophe, un millier de cadavres étaient étendus tout le long du ravin abandonné déjà par les eaux.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



DÉSASTRE DE THÉODOROS SURPRIS PAR UN TORRENT.

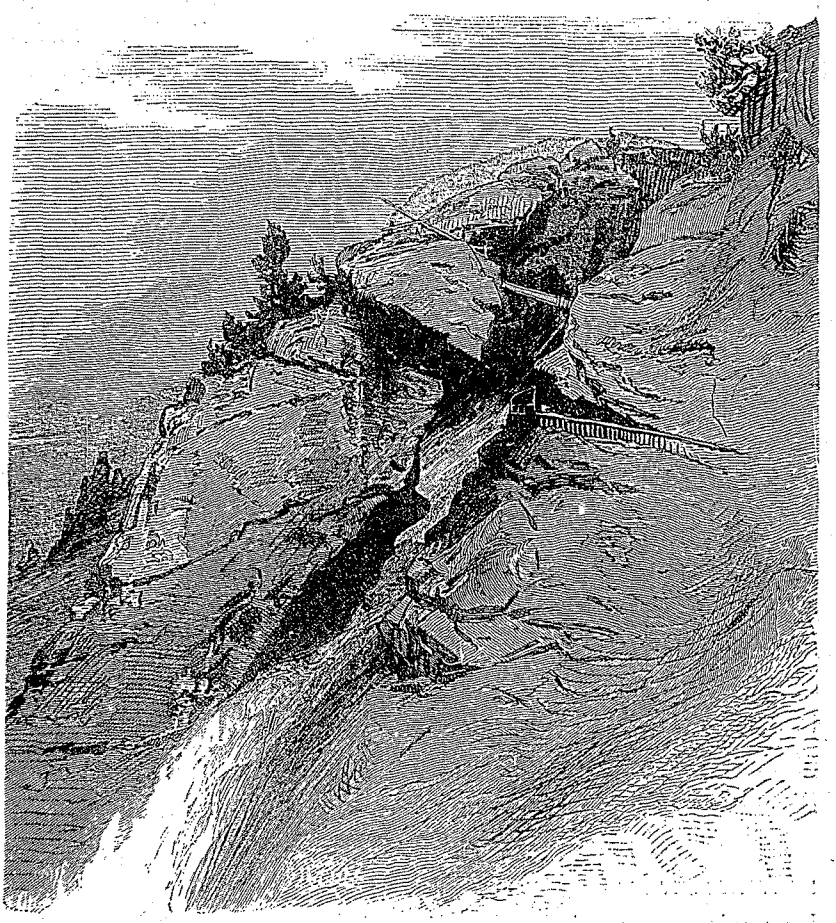
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

L'action des torrents finit cependant par s'épuiser à la longue. En affouillant les parties supérieures de son lit, le torrent met quelquefois à découvert un sol plus consistant : dans tous les cas, il adoucit les pentes trop abruptes et perd de sa vitesse. Les déjections exhaussent la partie basse du lit, et forment une sorte de plan incliné sur lequel il roule ses alluvions jusqu'à la rivière où il se jette. La forme du terrain se modifie donc peu à peu, et il arrive un moment où le frottement des eaux est en équilibre avec la résistance du lit. Quand ce résultat est atteint, le torrent n'exerce plus de ravages; sa fureur disparaît; il s'écoule à la façon d'un ruisseau tranquille : c'est un *torrent éteint*. Mais, avant d'arriver à cet état, que de ruines il a accumulées, que de désastres il a causés! Aussi a-t-on recherché les moyens de modérer la fureur des torrents et d'arrêter leurs dégâts.

L'endiguement du torrent dans la partie inférieure de son cours ne sert absolument à rien : des dépôts se forment, en général, entre les digues et exhaussent rapidement le lit; sont-ils entraînés, ils vont se faire plus loin et le mal n'est que déplacé; souvent enfin les digues sont elles-mêmes emportées. D'autres fois, pour empêcher l'érosion des berges du lit supérieur, on les a soutenues par de fortes murailles. Dans ce cas le torrent, ne pouvant plus ronger les parois latérales, creuse le fond de son lit : un jour vient où l'on trouve les murailles de consolidation à 4 ou 5 mètres au-dessus du niveau de l'eau. Minées dans leurs fondations, elles ne tardent pas à s'écrouler. Ces moyens de maîtriser les torrents sont donc illusoires. La seule construction qui soit un peu efficace consiste dans l'établissement d'un grand nombre de barrages en travers du torrent. On remplace ainsi l'écoulement rapide et tumultueux de la masse d'eau par une série de chutes verticales qui en amortissent la vitesse. Mais ce procédé devient des plus dispendieux quand la pente est forte, car les barrages doivent alors être très rapprochés et très élevés; il n'est pas non plus exempt de dangers : de formidables débâcles peuvent en effet se produire, si plusieurs de ces murs viennent à être emportés par une crue soudaine.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

C'est en vain que l'homme entame un combat inégal : contre les grandes forces de la nature ses propres forces sont impuissantes. S'il veut triompher, il doit appeler à son aide quelque autre de ces forces naturelles; une seule est capable d'entrer en lutte.



UN TORRENT.

avec les torrents et de vaincre leur fureur : c'est la végétation. Lorsqu'on examine les terrains au milieu desquels sont jetés les torrents, on reconnaît qu'ils sont dépouillés d'arbres et de toute espèce de végétation touffue. Vient-on à porter ses regards sur les flancs de montagnes récemment déboisés, on les voit rongés par

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

une infinité de torrents de formation récente. Il n'y a peut-être pas de commune où l'on n'entende raconter à des vieillards que sur tel coteau, aujourd'hui nu et dévoré par les eaux, ils ont vu se dresser autrefois de belles forêts, sans un seul torrent. Pour jouir pendant quelque temps de la fertilité exceptionnelle d'un sol récemment défriché, l'homme a souvent détruit les forêts dont les montagnes étaient couvertes : il n'a pas pris garde que, dans certains climats et dans certaines natures de terrains, c'était livrer le sol au travail destructeur des eaux.

Quand, au contraire, les arbres se fixent sur un sol, les mille filaments des racines le consolident, et les rameaux le protègent, comme une tente, contre le choc violent des ondées; les troncs, les rejets de souches, les broussailles, le gazon et cette multitude de végétaux qui croissent sous bois, opposent des obstacles multipliés aux courants qui tendraient à affouiller le terrain; les eaux ruisselantes, divisées et dispersées, ne peuvent plus se réunir en masse dans les creux du terrain; une grande quantité d'eau est en outre retenue dans le sol devenu spongieux; absorbée par les racines, elle monte dans les tiges des plantes, s'évapore à la surface de leurs feuilles et retourne directement à l'atmosphère. En résumé, la rapidité d'écoulement, la concentration et même la quantité des eaux sauvages sont considérablement diminuées par la substitution du sol forestier aux calcaires friables qui sont la pâture ordinaire des torrents; le ruissellement est remplacé par l'évaporation et même par la formation de sources souterraines.

Respecter les forêts existantes dans les montagnes, en créer de nouvelles sur les points où l'avidité de l'homme a fait disparaître les anciennes, voilà les barrières à opposer aux torrents, les remèdes à apporter à leurs dévastations. Mais, dira-t-on, il faut soixante ans pour créer une forêt; plusieurs siècles seront nécessaires pour reboiser certains revers déchirés, où les difficultés augmentent en nombre et en puissance. De nos jours, on doit bien l'avouer, on a peu de goût pour les travaux séculaires dont le résultat utile se perd dans un avenir lointain, tandis que le mal présent réclame un prompt remède. On peut être rassuré sous ce

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

rapport. Pour prévenir et détruire les torrents, il n'est pas nécessaire d'attendre que le terrain soit enseveli sous une couche de hautes forêts : il suffit qu'il soit tapissé de gazon, de broussailles et d'arbustes; et cette menue végétation ne met pas plus de quatre ou cinq ans à se rendre définitivement maîtresse du sol : l'extinction ou l'affaiblissement des torrents sera le résultat presque immédiat de sa consolidation.

L'établissement simultané de la petite végétation et des grandes forêts présente un autre avantage. Une fois établie sur le sol, cette culture devient très productive par la création de pelouses et de prairies destinées à l'élevage du bétail. Mais il faut alors que les habitants remplacent par des bœufs et des vaches leurs désastreux troupeaux de chèvres et de moutons. Ces animaux détruisent l'herbe naissante par leur piétinement, sans compter que la conformation de leurs dents rend leur morsure des plus pernicieuses pour la végétation.

II. — NEIGES PERSISTANTES. — AVALANCHES.

Dans nos pays, la neige tombe seulement en hiver. Elle s'accumule en une couche plus ou moins épaisse, persiste pendant quelque temps et disparaît dès que la température s'élève un peu. Par suite de l'abaissement de la température avec la hauteur, des effets analogues se produisent, en toutes saisons, dans les pays de montagnes. Il n'est pas rare de voir un même nuage verser de la pluie sur les vallées, et couvrir les sommets d'une couche de neige. Le nuage passé, une ligne assez nette sépare, sur les pentes de la montagne, la partie blanchie par la neige de celle qui est restée verdoyante. Cette ligne de séparation n'occupe pas toujours la même position sur les flancs de la montagne : elle descend aux approches de l'hiver et s'élève de plus en plus pendant l'été. Dans cette dernière saison, la neige récemment tombée disparaît assez

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

vite sous l'action du soleil, tandis qu'en hiver elle persiste et forme une couche souvent fort épaisse.

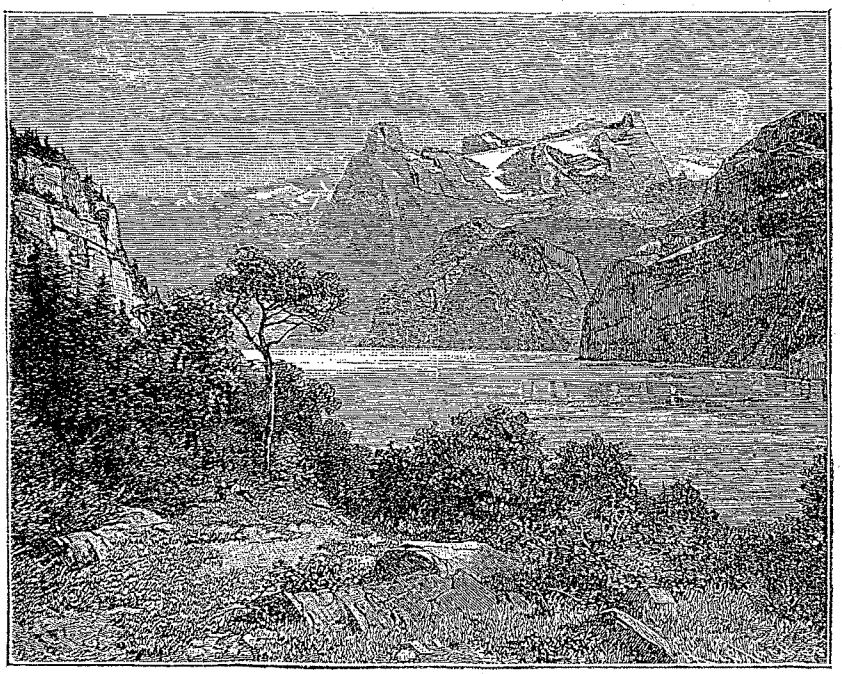
Quand les montagnes sont peu élevées, comme les Vosges et le Jura, les neiges accumulées pendant l'hiver finissent par fondre, chaque année, lorsque vient la saison chaude. Mais les chaînes élevées du globe ont toujours leurs sommets neigeux, et sur leurs pentes on trouve une ligne, légèrement variable avec les années, au-dessus de laquelle la neige ne fond jamais complètement : elle marque la *limite des neiges persistantes*. En raison de cette propension, naturelle chez l'homme, à attribuer à ce qu'il voit un caractère de perpétuité, on l'appelle souvent aussi *limite des neiges éternelles*.

La hauteur à laquelle commencent les neiges persistantes est liée intimement à la température : aussi varie-t-elle beaucoup lorsqu'on passe des pays chauds à ceux dont le climat est rigoureux. Descendant jusqu'à 3 et 400 mètres d'altitude dans les régions polaires, la limite des neiges dépasse 5000 mètres dans le voisinage de l'équateur. Mais cette limite ne dépend pas seulement de la latitude à laquelle est située la chaîne de montagnes; elle change encore avec son exposition. Sur le versant méridional de l'Himalaya, la limite des neiges est à 4900 mètres; sur le versant nord, qui doit être plus froid, elle remonte à 5700 mètres. Dans les Alpes du Valais, au centre du massif suisse, on rencontre les neiges perpétuelles à 2800 mètres, tandis qu'elles sont à 3300 mètres dans les Alpes cottiennes et maritimes. En Norvège, sur la côte occidentale tournée vers la mer, leur hauteur varie, du nord au sud, entre 880 et 1300 mètres, et sur le versant opposé entre 1000 et 1700 mètres. Dans le Caucase, elles se tiennent à 3600 mètres sur le flanc ouest qui fait face à la mer Noire, et à 4300 sur le flanc tourné vers les plaines arides de l'Asie. Comment expliquer ces différences?

La persistance ou la disparition de la neige ne dépend pas seulement de la température moyenne du lieu, mais encore de la quantité totale de neige qui tombe dans l'année. Dans les mêmes conditions de température, plus la couche de neige sera épaisse,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

plus il faudra de temps pour la fondre. Or rien n'est plus variable que l'abondance des chutes de neige. Au Grimsel (2165 mètres d'altitude), il est tombé en six mois d'hiver 17 mètres et demi de neige; au Saint-Bernard (2470 mètres), la couche de neige a varié, en douze ans, de 3 mètres et demi par an à 13 mètres et demi; au Saint-Gothard (2090 mètres), il est tombé en une seule nuit 2 mètres de neige. A ces hauteurs, la neige n'a pas l'aspect de



LAC DES QUATRE-CANTONS ET NEIGES DE L'URI-ROTHSTOCK.

flocons que nous lui connaissons; ce sont de fines étoiles, ou de petits grains cristallisés, semblables à du grésil : il en faut environ 12 mètres pour faire une couche d'eau d'un mètre.

D'une manière générale, l'abondance des neiges est régie par les mêmes lois que celle des pluies. Un versant montagneux exposé, comme le versant sud de l'Himalaya, aux vents humides, reçoit beaucoup plus de neige que le versant opposé, et dès lors il n'est pas étonnant que la limite des neiges y soit située plus bas. Il en est de même pour toutes les chaînes de montagnes,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

si l'humidité est très différente sur les deux versants : les neiges persistantes descendent plus bas sur le versant le plus humide, puisque la masse de neige à fondre, étant plus abondante, exige plus de chaleur pour disparaître complètement.

Il tombe chaque année dans les Alpes 10 à 12 mètres de neige, et cependant, au-dessus de la limite des neiges persistantes, à ces hauteurs où la chaleur de l'été est insuffisante pour la faire disparaître, la quantité de neige n'augmente pas indéfiniment et reste, au contraire, toujours à peu près la même. S'il en était autrement, on verrait les massifs montagneux s'élever de plus en plus et se charger d'une épaisseur croissante de glaces. D'un autre côté, le niveau de l'Océan finirait par s'abaisser, si la vapeur qu'il fournit à l'atmosphère allait se congeler et s'immobiliser sur les hauteurs ou dans les régions polaires. L'équilibre général du globe serait profondément troublé. Quelles sont donc les voies par lesquelles les neiges, dites éternelles, retournent à l'Océan? Comment reprennent-elles une vie active et rentrent-elles dans la circulation générale des eaux? Le soleil qui, en donnant des ailes à la vapeur, lui a permis de monter au sommet des montagnes, contribue puissamment à en faire descendre la neige. Par une chaude journée, ses rayons peuvent fondre jusqu'à 50 et même 70 centimètres de neige, la transformer en eau et lui rendre sa mobilité; mais le soleil n'agit pas seul dans ces circonstances : à son action s'ajoutent les effets du vent, la marche torrentielle des avalanches et la progression lente des glaciers.

Les vents chauds fondent la neige presque aussi vite que le soleil : c'est pourquoi le fœhn a mérité en Suisse le nom de *mangeur des neiges*. Les vents froids soulèvent la neige en épais tourbillons et l'emportent dans les parties basses des montagnes. Quand souffle la tourmente d'hiver, on voit de tous côtés les sommets fumer comme de véritables cratères : des millions de mètres cubes d'une neige pulvérulente, aussi fine que le sable du désert, sont entraînés et vont au loin, comme les cendres volca-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

niques, ensevelir sous leur blanc linceul les voyageurs, les cabanes et les villages même. Toutes les cavités sont remplies et nivelées, les routes disparaissent, et l'homme, incapable de venir au secours de ses semblables, appelle à son aide l'instinct des chiens du Saint-Bernard pour le guider dans ses recherches.

L'avalanche est la chute d'une masse énorme de neige qui se détache des sommets, et descend avec une vitesse vertigineuse

SAUVETAGE SOUS LA NEIGE.

jusque dans les profondeurs des ravins. Les chemins des avalanches sont tracés sur le flanc des montagnes. Ce sont des couloirs creusés dans le roc et aboutissant à de larges cirques, où les neiges s'accumulent pendant l'hiver. Un jour, elles se détachent des pentes supérieures, se précipitent dans les lits que leur offrent les couloirs, descendent en longues traînées et se répandent, à l'extrémité de leur étroit ravin, sur de larges talus de débris. Cette conformation rappelle tout à fait celle des torrents : comme eux d'ailleurs, les avalanches entraînent dans leur

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

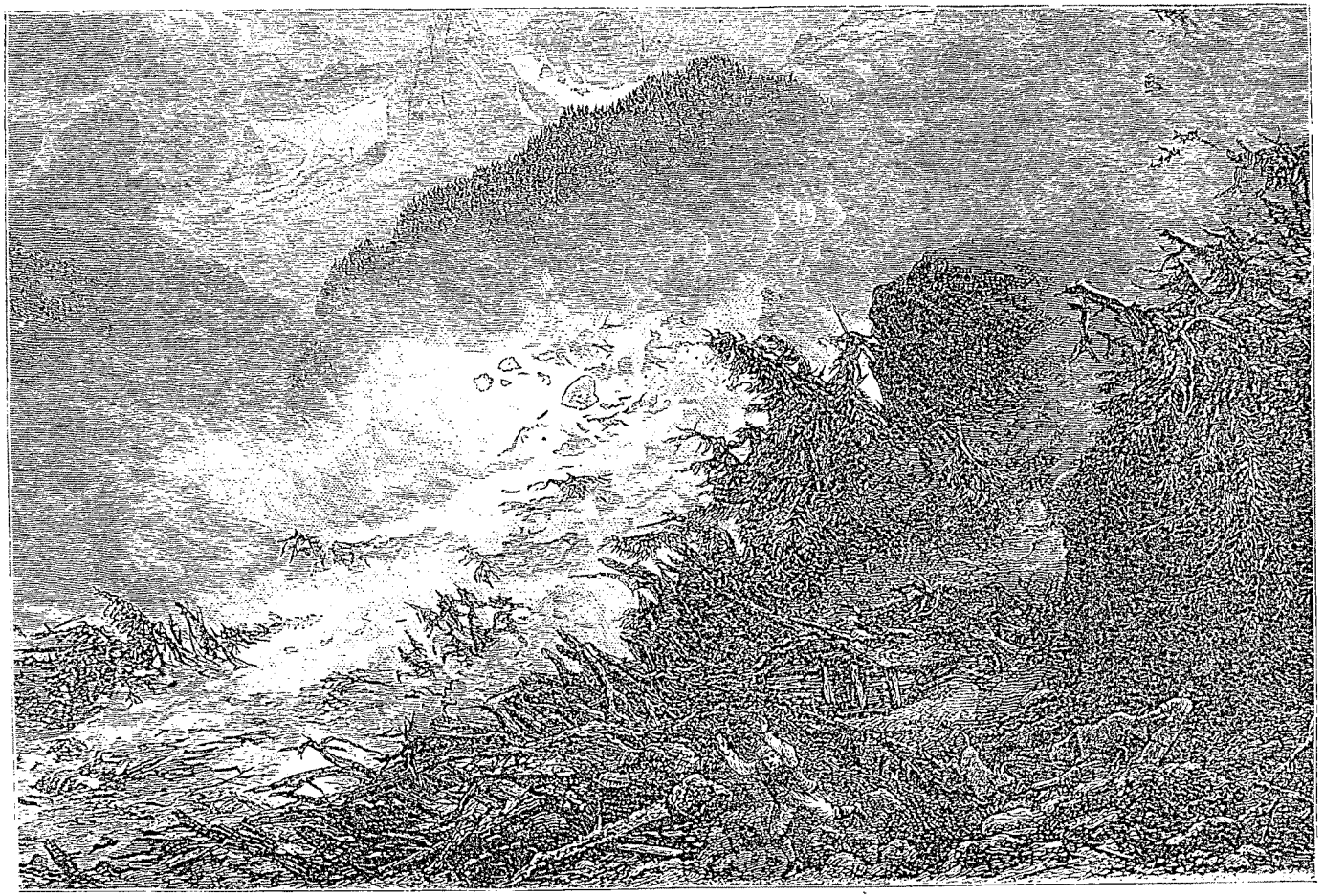
course les pierres, les rochers, les animaux, les arbres, en un mot tout ce qu'elles rencontrent.

On distingue plusieurs espèces d'avalanches : les principales sont les *avalanches de fond* et les *avalanches poudreuses*. Lorsque au printemps le dégel commence, la neige fond d'une manière inégale, suivant son exposition ; l'eau provenant de la fusion s'infiltre jusqu'au sol, coule en suivant les pentes les plus fortes et se fraye un chemin entre la neige et la roche. La couche de neige se trouve ainsi détachée, dans toute son épaisseur, du fond sur lequel elle repose : elle glisse alors, tout d'un bloc, sous l'action de la pesanteur et donne naissance à des avalanches de fond. Dès les premiers jours de mars, on les voit se succéder presque sans interruption dans leurs couloirs ordinaires.

Les avalanches poudreuses se produisent plus tôt et sont encore plus redoutables. Quand la neige, durcie par la gelée, se recouvre d'une couche nouvelle, non adhérente, le passage d'un chamois, la chute d'une pierre ou même la vibration produite dans l'air par un son suffit pour détruire l'équilibre de la masse supérieure. Elle s'ébranle doucement d'abord et glisse sur les couches inférieures solidifiées ; grossie de la neige poudreuse qu'elle rencontre, elle se précipite au-dessus des corniches et des couloirs, et tombe enfin dans la vallée, semblable à un pan de montagne qui s'écroule. Autour de l'avalanche, la neige tourbillonne ; l'air refoulé par la masse en mouvement s'échappe à droite et à gauche, et, comme une véritable trombe, ébranle les rochers et déracine les arbres.

Les dangers auxquels les avalanches les exposent, ont rendu les montagnards très habiles à calculer l'instant précis où une avalanche de fond doit se détacher. La transparence de l'air, la forme ou la direction des nuages, et surtout l'aspect de la neige leur servent d'indices presque certains. Cependant, lorsqu'on doit suivre une route sur laquelle aboutissent des couloirs d'avalanches, il est bon de prendre certaines précautions : les voyageurs partent de bon matin, avant que le soleil ait échauffé les sommets ; ils marchent à une certaine distance les uns des autres, prêts à se

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



UNE AVALANCHE

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

porter secours, si l'un d'eux est atteint; avant de franchir les passages dangereux, ils tirent un coup de fusil, afin de provoquer à l'avance les chutes les plus imminentes. Malgré tout, il n'est pas rare de trouver sur les routes fréquentées, au passage du Saint-Gothard, par exemple, des inscriptions rappelant la mort de voyageurs ou de guides surpris par une avalanche.

Ce ne sont pas seulement les hommes, mais souvent aussi les villages qui sont menacés par les chutes de neige. A Andermatt, dans la vallée d'Urseren, on peut voir un vieux bois de sapins qui couvre les pentes voisines du village. Il protège celui-ci du choc des avalanches, en maintenant la neige tombée sur la pente et en arrêtant celle qui descend des hauteurs. Ces arbres sont sacrés : autrefois celui qui aurait coupé un de ces troncs rabougris était puni de mort; aujourd'hui les mœurs se sont adoucies, les peines sont moins sévères, mais les arbres n'en sont pas moins respectés de tous. Ailleurs on *cloue l'avalanche*, en fixant sur la pente un grand nombre de pieux longs et solides : à Barèges, dans les Pyrénées, on s'est servi de pieux en fer. Quelquefois enfin on taille dans la montagne une série de gradins ou de banquettes, qui brisent et éparpillent la masse de l'avalanche.

Mais il ne faut pas voir seulement dans l'avalanche un agent de désastres; il faut aussi songer à son rôle bienfaisant. Elle débarrasse les sommets et les flancs des montagnes des neiges accumulées pendant l'hiver. Ajoutons que c'est un des plus beaux spectacles de la vie des montagnes. Celles de la Yungfrau sont justement célèbres sous ce rapport, et font l'admiration des touristes qui passent au col de la Vengernalp. Au printemps ou en été, on les voit d'heure en heure s'élancer des sommets argentés de la *Montagne Vierge*, rebondir sur ses degrés inférieurs, en soulevant des tourbillons de blanche fumée, et s'étaler enfin sur les larges surfaces de sa base. Pendant et après la chute, des roulements semblables à ceux du tonnerre se font entendre, répétés au loin par les échos des vallées de Grindelwald et de Lauterbrunnen.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

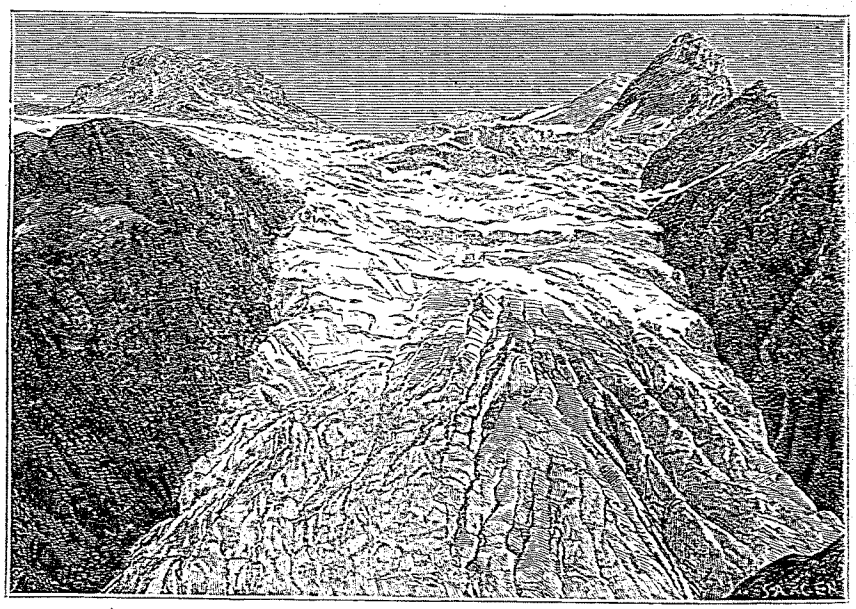
III. — LES GLACIERS.

Un des grands intérêts des voyages en montagnes est le changement qui se produit dans le paysage à mesure qu'on s'élève. On voit la végétation se modifier, par suite de l'abaissement de la température moyenne, absolument comme si l'on franchissait de grandes distances, en s'avançant vers les régions septentrionales du globe. Après les vignes, les champs disparaissent à leur tour : quel avantage y aurait-il à cultiver des plantes dont les fruits n'arriveraient pas à maturité? On ne rencontre bientôt plus que des bois, dont l'aspect change avec la hauteur : peu à peu les chênes, les hêtres deviennent rares et sont remplacés par les bouleaux, les sapins, les épicéas et les pins. Montons encore : les arbres se rabougrissent de plus en plus, et nous nous trouvons au milieu de pâtures, où les vaches errent librement pendant tout l'été. Ce sont ces pâtures couvertes d'une herbe fine et courte que l'on désigne en Suisse sous le nom d'*alpe*. Enfin, après avoir franchi successivement la région des cultures, celle des bois et celle des pâtures, nous arrivons dans la région des glaces. Les pentes les moins abruptes sont recouvertes d'un perpétuel tapis de neige; les sommets des montagnes, masses de granit toutes déchiquetées, se montrent avec leur couleur fauve et ces formes aiguës qui leur ont valu les noms d'*aiguilles*, de *dents*, de *cornes* (en allemand, *horn*); quant aux vallées, elles disparaissent sous l'énorme amoncellement de neiges et de glaces qui constitue le *glacier*.

Une rivière est formée par la réunion des eaux tombées sur une grande surface de terrain que l'on nomme son *bassin* : le glacier a une origine toute semblable. Il résulte de la concentration des neiges tombées sur une vaste étendue et qui tendent, par suite des pentes naturelles du sol, à se réunir en une seule masse.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

L'analogie est surtout frappante, si l'on compare le glacier à un torrent. Comme ce dernier il comprend trois parties : le bassin de réception, le lit du glacier et le cône de déjection. La partie supérieure du glacier, son bassin de réception, est nécessairement située au-dessus de la limite des neiges persistantes. Elle comprend des flancs de montagnes plus ou moins étendus, et dont l'inclinaison aboutit à une vallée commune. Celle-ci contient le glacier proprement dit : ce n'est plus de la neige, c'est une masse de

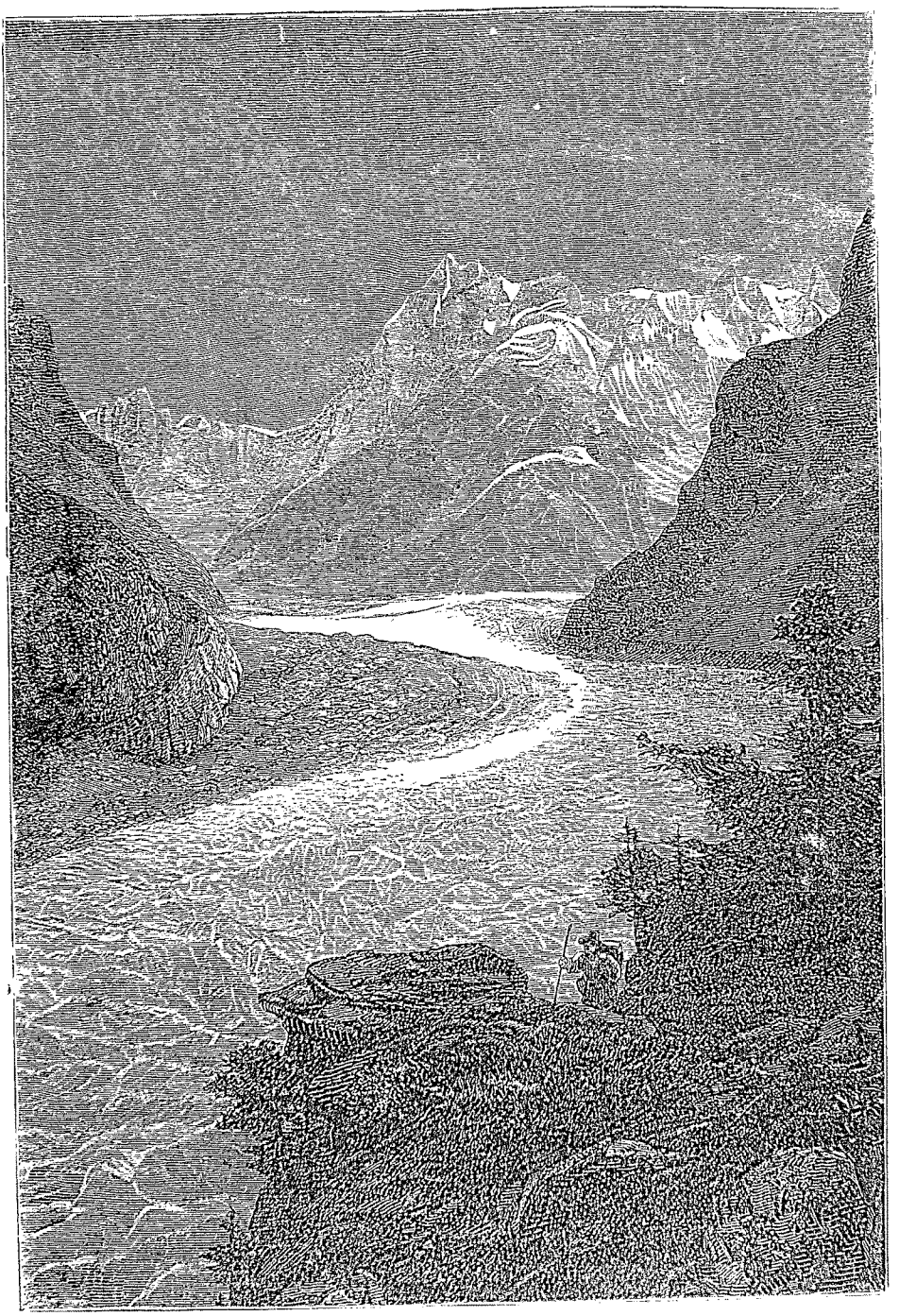


GLACIER DE LA BLUMLISALP.

glace bleuâtre, dominée de chaque côté, comme un torrent, par des rives de rochers; encaissée dans la vallée, elle en suit les variations de largeur, l'inclinaison et les détours. Cette langue de glace se prolonge plus ou moins au-dessous de la limite des neiges, pénètre ainsi dans des régions plus chaudes, et finit brusquement, en donnant naissance à une rivière alimentée par la fonte des glaces. A cette extrémité se trouve une accumulation de débris apportés par le glacier : c'est la *moraine frontale*, analogue au cône de déjection d'un torrent.

Une autre ressemblance existe entre les glaciers et les rivières.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LA MER DE GLACE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Lorsque plusieurs vallées se réunissent, les ruisseaux qui y coulent confondent leurs eaux et forment une seule rivière. Il en est de même pour les glaciers : plusieurs d'entre eux se réunissent souvent en un seul, de manière à former une masse glaciaire plus importante. Telle est celle qui descend du Mont-Blanc dans la vallée de Chamonix et donne naissance à l'Arveyron : bien qu'elle soit, comme tous les glaciers, enfermée entre deux murailles de roches, on lui a donné le nom de *Mer de Glace*, à cause de l'aspect de sa surface, qui ressemble à des vagues congelées. Elle est formée par la réunion des glaciers de Léchaud et du Talèfre avec celui du Géant, grossi déjà lui-même du glacier des Périades. L'extrémité inférieure de la Mer de Glace, d'où sort l'Arveyron, porte le nom de glacier des Bois.

Par quelle série de transformations la neige peut-elle devenir glace de glacier, eau de rivière, vague de l'Océan, pour se vaporiser ensuite, se condenser en nuages et recommencer ainsi son éternel voyage? Pour résoudre cette importante question, voyons d'abord comment le champ de neige devient un glacier. La neige fraîchement tombée est une masse légère, incohérente, tellement remplie d'air qu'elle ne pèse guère plus de 85 kilogrammes par mètre cube, tandis qu'un égal volume de glace compacte pèse 920 kilogrammes environ. Tant que dure l'hiver, elle conserve sa forme poudreuse et se tasse seulement un peu. Mais, quand viennent les rayons d'un soleil printanier ou le souffle des vents chauds, un commencement de fusion se produit à la surface du champ de neige : les gouttelettes d'eau provenant de cette fusion pénètrent peu à peu dans l'épaisseur de la couche de neige et en expulsent une grande partie de l'air qui l'imprégnait; saisies bientôt par le froid de la masse ou par le refroidissement nocturne, elles se congèlent de nouveau, agissent à la façon d'un ciment et soudent ensemble les parcelles cristallines qu'elles avaient mouillées. De cette façon, la neige se transforme en un amas de granules encore parsemé de bulles d'air, mais déjà consistant : on lui donne le nom de *névé*. Un mètre cube de cette matière pèse de 5 à 600 kilogrammes; aussi la masse entière s'affaisse-t-elle par

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

l'effet de cette transformation, et se réduit-elle au septième ou au huitième de son volume primitif. La consistance du névé est assez grande pour qu'on puisse marcher à sa surface sans y enfoncer et sans éprouver une sensation de froid trop intense, comme cela arrive lorsqu'il faut s'aventurer dans les neiges poudreuses.

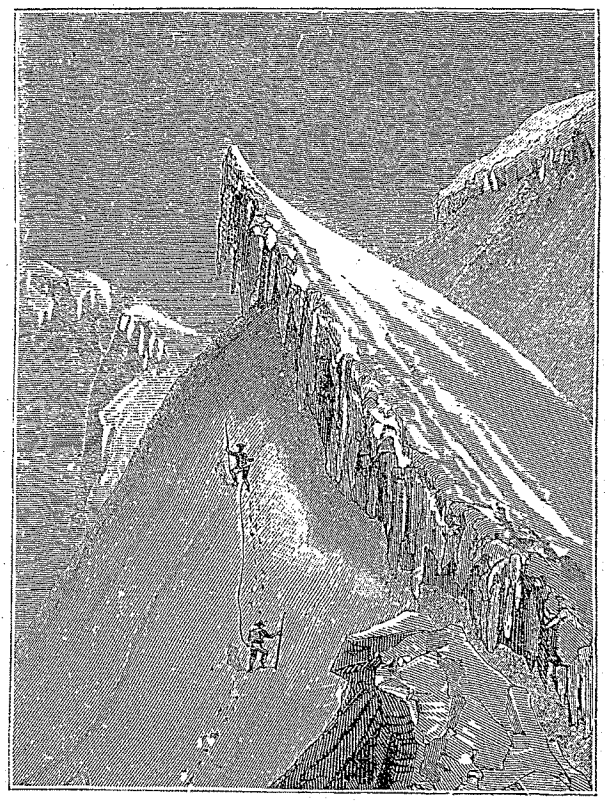
Ce sont les champs de névé qui forment la partie supérieure et, en quelque sorte, le bassin d'alimentation des glaciers. C'est ainsi que le grand glacier d'Aletsch est alimenté par de vastes surfaces neigeuses, s'étendant jusqu'à la Yungfrau et au Finsteraarhorn et désignées sous le nom de *névé d'Aletsch*. Le névé n'est pas encore de la glace, mais il lui ressemble déjà beaucoup plus qu'à de la neige; sa transformation en glace compacte et transparente s'achève sous l'influence de la pression produite par les masses supérieures de névé, qui, sur les pentes rapides, pèsent de tout leur poids sur les masses inférieures. Le regel soude les grains de névé et en forme petit à petit un bloc unique, dans lequel restent à peine quelques bulles d'air.

Vu de loin, le glacier apparaît comme une surface unie, d'une blancheur éblouissante, surtout dans sa partie supérieure; mais lorsqu'on s'en approche, l'impression est toute différente. La surface est en réalité raboteuse, inégale, à tel point qu'en certains endroits c'est un véritable chaos, composé de blocs de toutes les formes et de toutes les tailles. Quant à la masse, elle est sillonnée de fissures; les unes sont tellement étroites, qu'elles sont à peine visibles; les autres s'élargissent en énormes crevasses béantes, dont la largeur dépasse quelquefois une trentaine de mètres. Leurs parois abruptes reflètent une lumière bleuâtre et aboutissent à un gouffre noir, dont l'œil ne peut sonder la profondeur. Un vague bruit d'eau courante s'en échappe et nous avertit que l'eau coule sous la masse de glace.

Les plus grandes crevasses se trouvent sur les névés les plus hauts; sur leurs bords, et le plus souvent du côté sud, est suspendue assez fréquemment une couche de neige durcie, d'où pendent, comme des stalactites, des rangées de glaçons trans-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

parents ayant jusqu'à 10 mètres de long. Ces lances pendantes caractérisent les crevasses des parties supérieures du glacier. Elles se forment comme les stalactites de glace que l'on voit, au dégel, descendre des bords d'un toit couvert de neige. Les rayons solaires fondent un peu de neige; l'eau provenant de la fusion suinte à travers la couche de neige et arrive goutte à goutte à sa



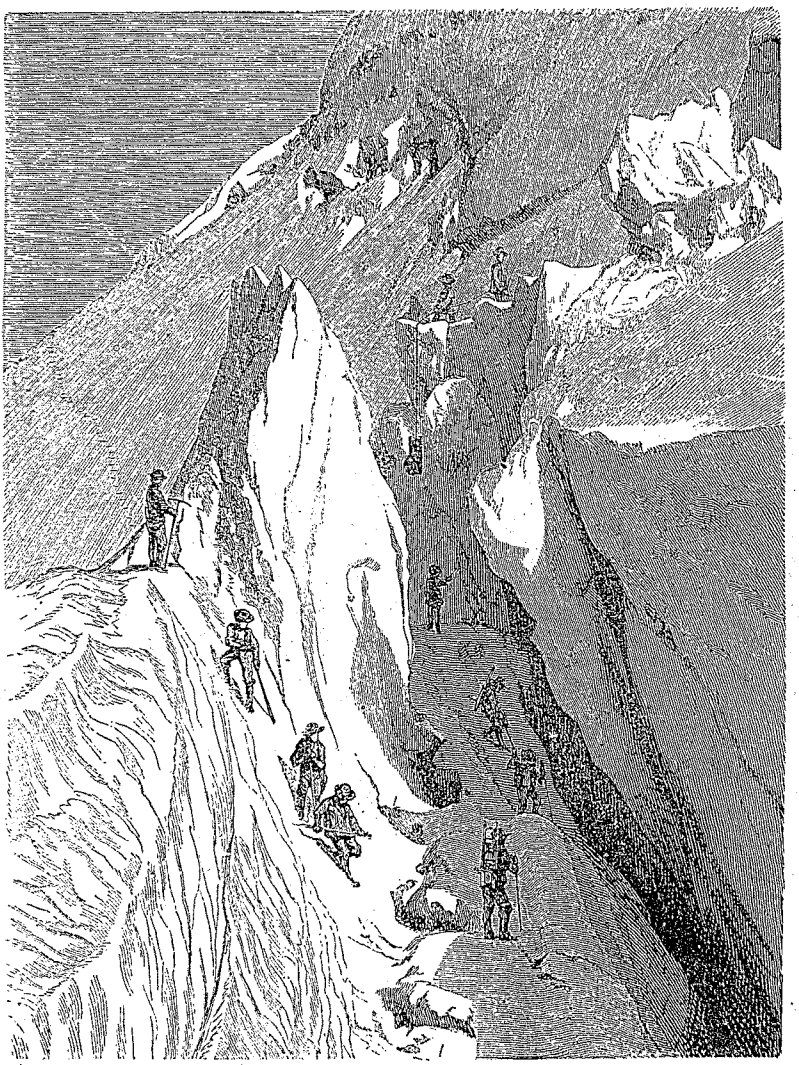
STALACTITES DE GLACE, AU BORD D'UNE CREVASSE.

face inférieure. Abritée du soleil et exposée au froid, chaque goutte se gèle, sans avoir eu le temps de tomber. Un mince filet de glace se forme et reste suspendu au bord de la crevasse; avec le temps, il grossit et s'allonge, de plus en plus, par l'arrivée de nouvelles gouttes qui viennent couler à sa surface.

La présence des crevasses rend la marche sur les glaciers difficile et même dangereuse : une chute dans ces gouffres béants

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

est souvent mortelle. On franchit les petites crevasses, on contourne les plus larges; quand leurs parois ne sont pas trop abruptes, on taille avec la hache une sorte d'escalier dans la



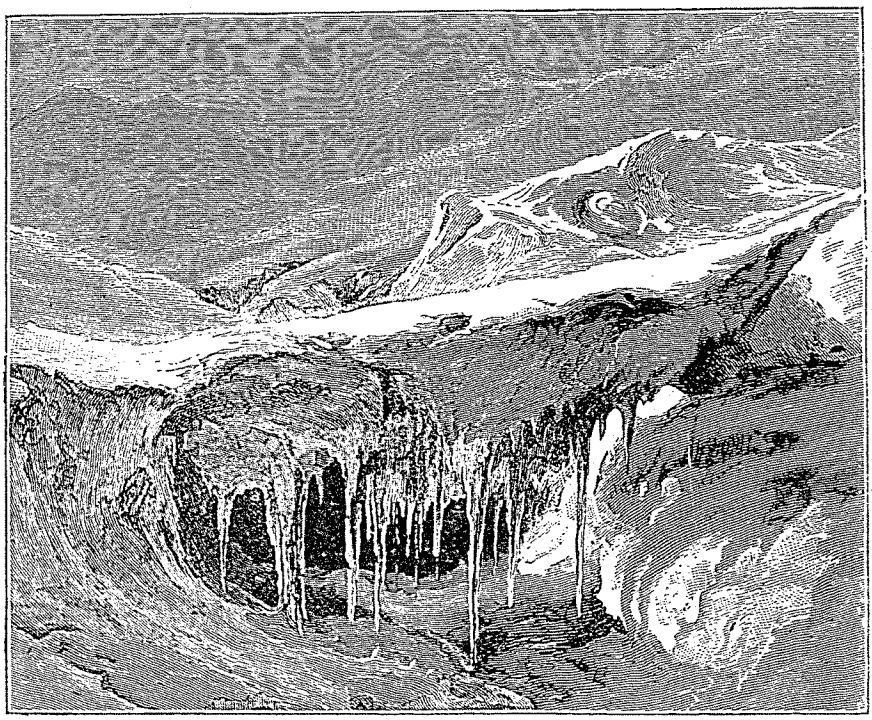
DESCENTE DANS UNE CREVASSE.

glace, et guides et voyageurs, attachés à la même corde, descendent d'un côté pour remonter de l'autre. Dans les parties hautes du glacier, les crevasses sont quelquefois entièrement recouvertes

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

de neige : c'est un nouveau danger, car le voyageur n'est averti de leur existence qu'en sentant le sol céder sous ses pas. Les neiges anciennes fondent d'une manière inégale, et laissent souvent, entre les deux bords de la crevasse, un pont de neige durcie par la gelée, sur lequel, avec quelques précautions, on peut se risquer et franchir le précipice.

On trouve sur la surface des glaciers des blocs dressés, nommés

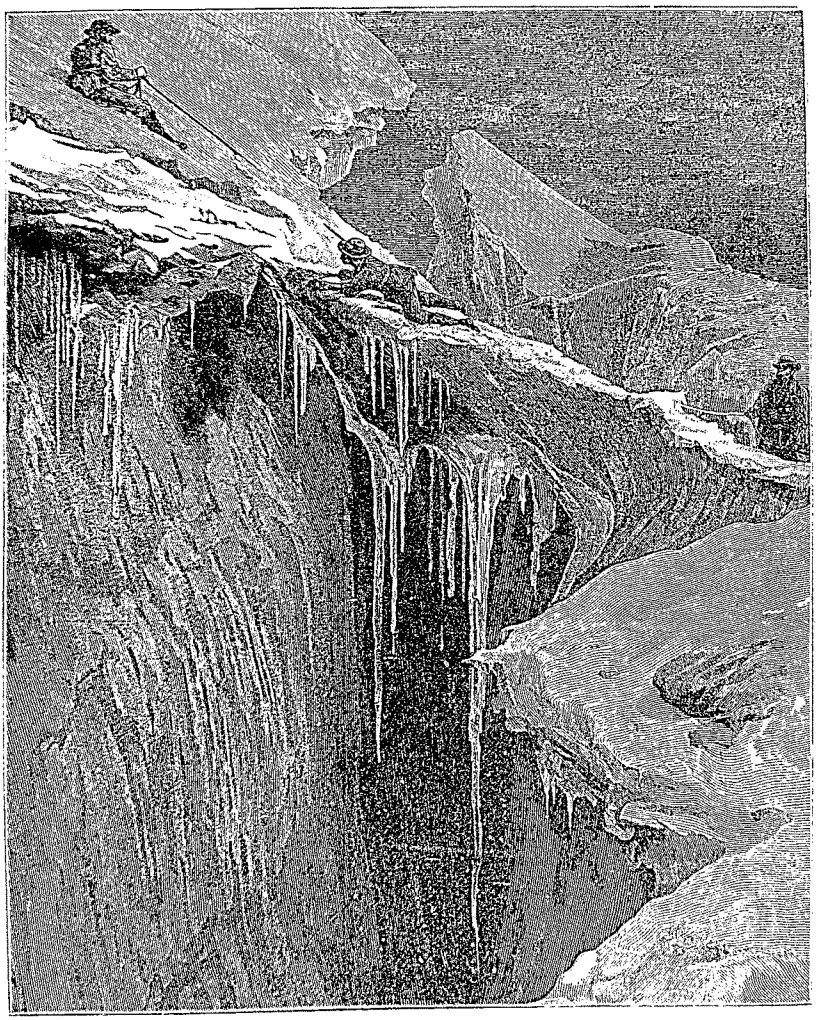


CREVASSES ET GROTTE AU GLACIER DU RHÔNE.

*sérac*s. Il en est de toutes les dimensions et de toutes les formes : avec un peu d'imagination, on y voit des statues, des guerriers, des animaux, des colonnes ou des chapiteaux d'une architecture fantastique. Ces blocs sont produits par des crevasses qui s'entrecroisent et divisent alors la masse du glacier en une infinité de morceaux. Ailleurs les crevasses, en se réunissant, forment des excavations ou des grottes, faiblement éclairées par une belle lumière bleue.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Le touriste qui traverse un glacier est souvent fort effrayé, en entendant sous ses pieds une explosion qui semble partir de la masse de glace. Surpris, il regarde autour de lui; le bruit se répète, accompagné de craquements ou de grincements ana-



TRAVERSÉE D'UNE CREVASSE SUR UN PONT DE NEIGE.

logues à ceux que produit le diamant en rayant le verre. Les explosions se succèdent, à droite, à gauche, de tous côtés : il semble que le glacier se brise de toutes parts; et cependant l'on

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

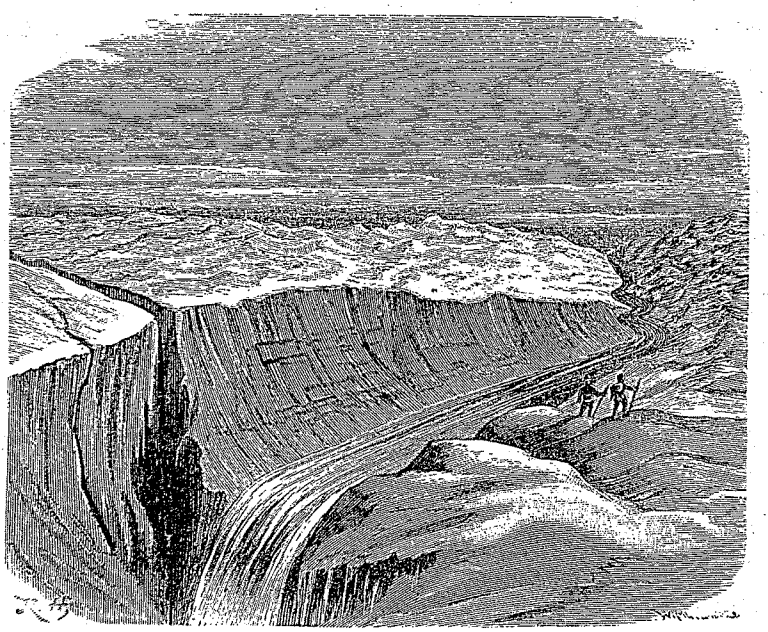
n'aperçoit rien d'extraordinaire. Ces bruits annoncent la formation d'une crevasse nouvelle : en cherchant bien, on finit par découvrir une fissure qui se prolonge souvent fort loin, mais qui n'est nulle part assez large pour livrer passage à la lame d'un couteau. On a peine à croire que les formidables crevasses, près desquelles on est passé avec effroi, aient une si faible origine. Telle est pourtant la vérité : les gouffres les plus terribles n'ont été d'abord que de simples fissures, et se sont peu à peu élargis en crevasses; mais il faut pour cela des semaines, des mois et même des années. D'autres fois la fente, après s'être élargie pendant quelque temps, diminue peu à peu et semble se refermer sous l'effort d'une énorme pression.

La formation des crevasses est due aux mouvements du glacier : nous l'expliquerons tout à l'heure. Mais il existe aussi dans les glaciers des excavations produites par l'eau : ce sont les *moulins.* Lorsqu'une assez grande surface de glacier est sans fissure, des filets d'eau s'y réunissent et forment d'abord des ruisseaux, puis un torrent qui se creuse un lit dans la glace. L'eau courante vient-elle à rencontrer une fente, elle s'y engage et descend jusqu'au fond du glacier. La glace, au contact de l'eau, prend la forme d'un puits légèrement évasé par en haut et dans lequel le torrent se précipite : c'est un *moulin de glacier;* un fracas de tonnerre produit par la chute d'eau annonce au loin sa présence. Du bord, on peut plonger ses regards dans le trou : plein d'une lumière bleuâtre, il est terrible. Malheur à l'imprudent saisi, à ce moment, de vertige! En quelques secondes, il est entraîné par la cataracte jusqu'au fond du puits. Quand une nouvelle crevasse vient à se former dans le glacier au-dessus du moulin, l'eau y pénètre et creuse un nouveau moulin; le premier, abandonné par le torrent, ne reste plus qu'à l'état de puits.

Le célèbre Agassiz se fit un jour descendre dans les profondeurs d'un moulin au glacier de l'Aar. Voici en quels termes il raconte cette excursion, d'une témérité incontestable. « Les guides, dit Agassiz, fixèrent au bout d'une corde une planche qui devait me servir de siège, puis ils m'attachèrent au bout de cette même

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

corde au moyen d'une courroie qu'ils me passèrent sous les bras, de manière à me laisser les mains libres. Pour me garantir de l'eau qui n'avait pu être détournée complètement, ils me couvrirent les épaules d'une peau de chèvre, et me mirent une casquette de peau de marmotte sur la tête. Ainsi accoutré, je descendis, muni d'un marteau et d'un bâton. Mon ami Escher de la Linth devait diriger la descente, l'oreille penchée au bord du précipice, pour mieux entendre mes ordres. Il fut convenu que si je ne



TORRENT SUR UN GLACIER.

demandais pas à remonter, on me laisserait descendre aussi longtemps que M. Escher entendrait ma voix.

« J'arrivai sans obstacle jusqu'à une profondeur de 25 mètres, observant avec intérêt la structure lamellaire du glacier et les petits glaçons qui étaient suspendus de tous côtés aux parois du puits. Ces glaçons avaient de 3 à 15 centimètres de longueur, et quelques millimètres seulement de diamètre; ils étaient arqués comme des agrafes implantées dans la paroi, et résultaient bien évidemment d'un suintement de l'eau à travers la

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

glace; ceux qui provenaient réellement de la cascade supérieure étaient beaucoup plus grands, accolés contre le mur de glace et, de plus, limités à l'une des faces du couloir.

« Je rencontrai à environ 25 mètres une cloison de glace qui divisait le puits en deux compartiments; j'essayai d'entrer dans le plus large, mais je ne pus pénétrer à plus de $1^{m},50$ à 2 mètres, parce que le couloir se divisait en plusieurs canaux étroits. Je me fis remonter, et, manœuvrant de manière à faire dévier la corde de la ligne verticale, je m'engageai dans l'autre compartiment. Je m'étais aperçu, en descendant, qu'il y avait de l'eau au fond du trou, mais je la croyais à une bien plus grande profondeur, et comme mon attention était surtout fixée sur les bandes verticales, que je suivais toujours des yeux, grâce à la lumière que réfléchissaient les parois brillantes de la glace, je fus très surpris, lorsque tout à coup je me sentis les pieds dans l'eau. J'ordonnai qu'on remontât, mais l'ordre fut mal compris, et, au lieu de me remonter, on me laissait toujours lentement descendre. Je poussai alors un cri de détresse qui fut entendu, et l'on me retira avant que je fusse dans le cas de nager. Il me semblait que, de ma vie, je n'avais rencontré d'eau aussi froide; à sa surface flottaient des fragments de glace, sans doute des débris de glaçons. Les parois du puits étaient âpres au toucher, ce qui provenait sans doute des fissures capillaires. Lorsque j'arrivai à la surface, mes amis m'avouèrent qu'ils avaient eu un moment de rude angoisse en m'entendant crier au fond du puits; ils avaient eu toutes les peines possibles à me retirer, bien qu'ils fussent au nombre de huit. J'avais moi-même peu réfléchi au danger de ma position, et il est certain que si je l'avais connu, je ne m'y serais pas exposé; car il eût suffi que le choc de la corde eût détaché l'un des gros glaçons collés contre les parois du gouffre pour que ma perte fût certaine. Aussi je ne conseille à quiconque ne serait pas guidé par un puissant intérêt scientifique de répéter une pareille expérience sans les précautions les plus minutieuses. »

L'eau creuse encore dans le glacier des trous d'une forme analogue à celle des moulins, mais beaucoup plus étroits; ce sont

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

les *puits de glace*. Une pierre, un objet quelconque tombé à la surface du glacier s'échauffe au soleil, fond la glace sur laquelle il pose et donne naissance à une petite mare liquide. Exposée aux rayons du soleil, l'eau de la surface arrive à 4 degrés, température de son maximum de densité; plus dense, elle descend à la base du trou, fait fondre la glace, se refroidit à 0° et, redevenue plus légère, remonte à la surface. Il s'établit ainsi, dans l'épaisseur de l'eau, un courant descendant d'eau à 4 degrés et un courant ascendant d'eau refroidie à 0°; leur effet est d'accroître sans cesse la profondeur du puits, qui finit par traverser le glacier, s'il ne se rencontre auparavant aucune fissure par où l'eau puisse s'échapper.

Les crevasses, les moulins et les séracs ne sont pas les seuls accidents que l'on trouve à la surface des glaciers; on y voit aussi des pierres ou des quartiers de roche de toutes tailles, provenant des parois de la montagne. Les uns sont isolés : ce sont les *tables de glacier;* les autres sont disposés en files longitudinales : ce sont les *moraines*.

TABLE DE GLACIER.

Une table de glacier consiste en un bloc de pierre perché au sommet d'une colonne de glace. Le bloc se trouvait d'abord à la surface du glacier; mais pendant que la glace fondait autour de lui sous l'action du soleil, celle qui était au-dessous restait à peu près intacte, abritée des rayons de chaleur par le bloc lui-même; la surface de ce dernier s'échauffe, il est vrai, assez fortement, mais la pierre conduit mal la chaleur : aussi pour peu que le bloc soit épais, la chaleur ne peut le traverser et arriver à la glace. C'est pourquoi le bloc semble s'élever peu à peu à la surface du glacier. Il s'échauffe d'ailleurs plus du côté du midi et penche

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

presque toujours dans ce sens, parce que la colonne de glace fond un peu plus de ce côté que de l'autre : un beau jour, le bloc, qui s'incline de plus en plus sur son support, perd son équilibre et retombe sur le glacier.

Vues de loin, les moraines semblent des lignes de pierres posées sur le glacier; mais quand on s'en approche, on reconnaît qu'elles sont élevées souvent de plusieurs mètres au-dessus du niveau de la glace. Ce sont en réalité des files de *tables*, qui suivent les sinuosités du glacier dans le sens de sa longueur. Les unes sont placées sur les bords : ce sont les *moraines latérales;* d'autres existent, en plus ou moins grand nombre, sur les parties centrales du glacier : on les nomme *moraines médianes*. Il se forme enfin, à l'extrémité inférieure du glacier, une accumulation de roches rejetées par la masse glaciaire à l'endroit où elle s'arrête : c'est la *moraine frontale*.

S'il est un spectacle qui éveille en nous les idées de calme, d'immobilité, de silence et de mort, c'est bien celui des neiges éternelles qui couvrent les hauts sommets. Et cependant le glacier est vivant, car il marche; et le mouvement, c'est la vie. Ce ne sont pas seulement les neiges fondues par les rayons solaires qui, redevenues liquides, glissent à travers les fissures et vont former, sous la glace, une véritable rivière. La masse glaciaire descend elle-même : les gouttes d'eau cristallisées par le froid s'efforcent de pénétrer dans des régions plus chaudes, afin de recouvrer leur liberté.

Bien avant les géographes, les habitants des montagnes avaient découvert cette loi de la nature. En examinant les pierres des moraines frontales, ils y avaient reconnu l'existence de roches rencontrées seulement sur les sommets et différentes, par leur nature, de celles qui les entourent. Tombées des pics et des aiguilles, elles sont transportées par le glacier, et déposées à l'endroit où l'élévation de la température produit sa fusion totale. Il en est de même de tous les débris recueillis par le glacier. En 1861, on vit sortir, du pied du glacier des Bossons, les vêtements des

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

GLACIER DU RHONE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

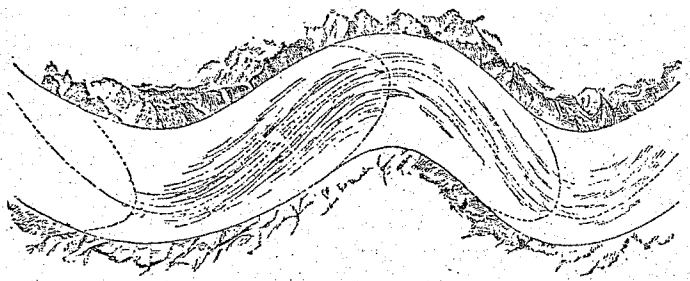
victimes de l'accident survenu en 1820 au Grand Plateau. L'échelle que les guides de Saussure avaient abandonnée, en 1788, au pied de l'aiguille Noire, fut aperçue, en 1832, à 4 kilomètres en aval de son point de départ; en 1845, Martins en retrouva les débris à 4400 mètres plus bas encore.

De nombreux observateurs, Hugi, Agassiz, Forbes, Rendu, Tyndall, ont cherché non seulement à constater le mouvement des glaciers, mais à en étudier les détails. Hugi, professeur intrépide et enthousiaste de Soleure, est le premier qui ait réussi à faire des mesures exactes. Pour être plus à portée de ses observations, il s'était fait construire une cabane en bois, solidement fixée sur la moraine médiane du glacier de l'Unteraar, auprès d'une sorte de promontoire, nommé l'Abschwung. Cette cabane, construite en 1827, se mit à voyager avec le glacier : Hugi reconnut qu'en trois ans, elle était descendue de près de 100 mètres. En 1836, elle avait avancé de 716 mètres; et en 1841, Agassiz la trouva à 1430 mètres au-dessous de son point de départ.

En 1841, Agassiz et quelques hardis explorateurs, partis de Neuchâtel, voulurent étudier la marche du même glacier. Ils se mirent à l'abri sous un gros rocher surplombant, tombé sur le glacier; la cuisine et une chambre à coucher étaient taillées dans la glace; un bloc couvert de foin servait de lit. Cette installation fut appelée l'*hôtel des Neufchâtelois* (page 266) : curieux hôtel, que l'on ne trouvait pas toujours à la même place, puisque deux ans plus tard il était descendu de 150 mètres. Agassiz fit porter à son hôtel des appareils de forage, et perça dans la glace six trous de 3 mètres de profondeur, disposés bien en ligne droite en travers du glacier : il y planta ensuite de solides poteaux, qui restèrent debout pendant plus d'une année. Des poteaux de repère fixés dans les roches de chaque côté du glacier permirent de mesurer, en 1842, le déplacement des premiers : ils avaient avancé respectivement de 49, 68, 82, 74, 64 et 38 mètres. Ces mesures non seulement démontrèrent le mouvement du glacier, mais prouvèrent, en outre, que le milieu d'un glacier, comme celui d'une rivière, marche plus rapidement que les bords.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Depuis cette époque, Tyndall, en employant des instruments de mesure très exacts, a pu mesurer le déplacement de certains points d'un glacier en une journée, ou même dans l'espace de quelques heures. L'étude très complète qu'il a faite du mouvement de la Mer de Glace, l'a conduit à des résultats qui confirment l'analogie d'un glacier et d'une rivière. Quand un glacier parcourt une vallée sinueuse, ce n'est pas le milieu qui marche le plus vite. La ligne qui joint les points animés de la plus grande vitesse, passe tantôt à droite, tantôt à gauche de l'axe du glacier,



LIGNE DE PLUS GRANDE VITESSE SUR UN GLACIER.

mais toujours du côté de la concavité de la vallée : c'est exactement ce qui a lieu pour les cours d'eau.

La vitesse d'un glacier augmente, en général, à mesure qu'il descend; voici, comme exemples, les plus grandes vitesses de la Mer de Glace à différentes hauteurs :

A Trélaporte.	50	centimètres	par jour
Aux Ponts.	57	—	—
Au-dessus du Montanvert. . . .	65	—	—
Au Montanvert.	85	—	—
Au-dessous du Montanvert. . .	90	—	—

Quand deux glaciers se réunissent dans une vallée étroite, le glacier unique qu'ils forment augmente en épaisseur et en vitesse. Il suffit pour s'en convaincre de comparer les vitesses que nous venons de donner pour la Mer de Glace avec la vitesse maximum de chacun de ses deux principaux affluents.

Glacier du Géant.	Vitesse maximum :	51	centimètres	par	jour
Glacier de Léchaud. . . .	—	—	25	—	—

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Si le frottement contre les bords ralentit la marche du glacier, il doit en être de même du frottement contre le fond. En opérant sur un mur de glace de 50 mètres d'épaisseur, Tyndall a trouvé les vitesses suivantes :

A 1 mètre du fond	Vitesse :	7	centimètres	par jour
A 12 mètres —	—	12	—	—
A la surface —	—	15	—	—

Il y a cependant une différence entre le cours d'une rivière et la marche d'un glacier : celle-ci subit largement l'influence de la température. Ainsi, pendant l'hiver, la vitesse de la Mer de Glace dans le voisinage du Montanvert est, en nombres ronds, la moitié de celle de l'été.

La vitesse de translation varie notablement d'un glacier à l'autre, ainsi que le montrent les résultats suivants, obtenus encore par Tyndall. La plus grande vitesse du glacier de Grindelwald, à 1 kilomètre et demi au-dessus de son extrémité inférieure, est de 50 centimètres environ. Celle du grand glacier d'Aletsch, à l'endroit où sa largeur est de 1800 mètres, ne dépasse pas 48 centimètres : tandis qu'à la partie supérieure du glacier de Morteratsch, qui descend du Bernina, la vitesse maximum atteint 1 mètre 40 centimètres par jour.

Un glacier est donc un fleuve qui coule avec lenteur : sa vitesse est cent cinquante ou deux cent mille fois plus petite que celle des cours d'eau ordinaires. En évaluant, en moyenne, à 30 centimètres par vingt-quatre heures la vitesse du mouvement d'ensemble de la Mer de Glace, on trouve qu'une goutte d'eau tombée à l'état de neige au col du Géant doit mettre, si elle ne fond pas en route, cent vingt ans pour arriver à l'extrémité du glacier des Bois, et couler librement dans l'Arveyron. Encore quelques jours, et le Rhône l'aura rendue à la mer, tandis qu'elle a mis plus d'un siècle à descendre des cimes du Mont-Blanc. Un siècle! cela nous paraît bien long, à nous qui mesurons le temps à l'échelle de notre vie; mais quelle importance cela a-t-il dans les choses de la nature : elle a devant elle l'éternité.

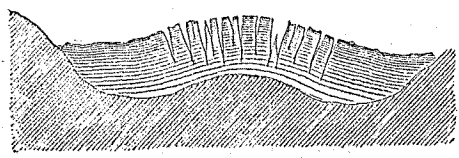
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Le fait est certain, le glacier marche : cette masse solide, obéissant à l'action de la pesanteur, glisse sur les pentes, coule dans les vallées, en suit, comme un liquide, tous les détours et se moule dans leurs anfractuosités. Comment cela se fait-il? Quelle analogie peut-il exister entre deux matières aussi différentes, en apparence, qu'un liquide et une masse de glace fragile et vitreuse? Remarquons d'abord que la glace, surtout dans les parties supérieures du glacier, n'est pas absolument compacte : elle est granuleuse, parsemée de bulles d'air; entre les grains cristallins qui la composent, existent d'innombrables fissures capillaires. Cette espèce de porosité donne à la masse une certaine mobilité, et lui permet d'obéir aux énormes pressions résultant de son propre poids. La température s'élève-t-elle tant soit peu, toutes ces fissures se remplissent d'eau liquide, et le glissement des grains les uns sur les autres est rendu plus facile. Mais, en outre, la glace acquiert, surtout quand la température extérieure est supérieure à 0°, une certaine plasticité, qui s'explique par les effets du *regel*. Qu'une roche, un étranglement de la vallée, un obstacle quelconque s'oppose à la marche descendante du glacier, celui-ci pèse de tout son poids sur l'obstacle, qui fréquemment cède et est arraché. S'il résiste, une pression énorme se produit : la glace, même au-dessous de 0°, fond par suite de cette pression et se regèle dans les parties où la pression est moindre. Grâce à cette fusion partielle et momentanée, l'obstacle se trouve contourné par le glacier, sans que celui-ci ait cessé de former une masse solide. L'expérience directe a d'ailleurs montré que, par une pression suffisante, on pouvait faire sortir la glace à travers un orifice étroit, sous forme de bâtons cylindriques.

Malgré tout, le mouvement d'un glacier ne se produit pas sans que la masse soit fortement tiraillée, par suite de l'inégalité de vitesse de ses différents points ou des ondulations du lit : les fissures d'abord, les crevasses ensuite n'ont d'autre cause que ces tiraillements. Le fond du glacier présente-t-il en certains points une surface bombée, comme une chaussée en dos d'âne, les deux côtés de la masse glaciaire tirent sur le milieu et celle-ci

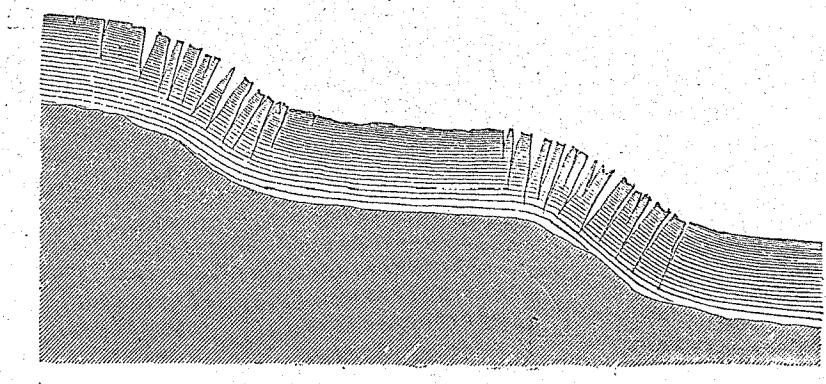
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

se fend dans le sens de la longueur. La pente du fond change-t-elle et devient-elle plus rapide, il se produit une tension longitudinale qui fait fendre le glacier dans toute sa largeur. Ces crevasses transversales se referment et la glace se ressoude, si la pente devient régulière : un nouveau changement dans l'inclinaison du lit fait reparaître de nouvelles crevasses. Le glacier inférieur de Grindelwald présente ainsi une suite de champs de glace et de parties crevassées, qui trahissent la forme de son lit.



CREVASSES LONGITUDINALES.

Il ne se forme que des crevasses, quand le changement de pente est faible; mais si l'inclinaison du lit devient tout à coup très forte et la différence de niveau considérable, les crevasses longitudinales et transversales s'entrecroisent : le fleuve de glace se divise



CREVASSES TRANSVERSALES.

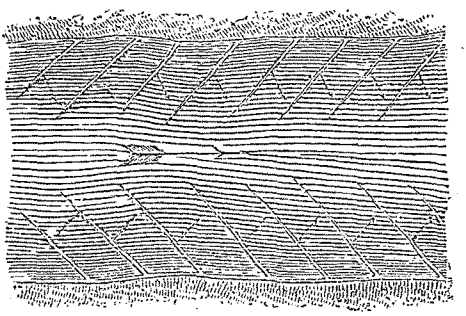
en une masse de blocs, ou séracs, qui se culbutent les uns sur les autres, en produisant une *cascade de glacier* : une des plus belles est celle du glacier du Géant.

D'autres crevasses, dites *marginales*, se forment aux deux bords d'un glacier, même sur une pente régulière : elles résultent de la traction exercée par le milieu du glacier sur les parties latérales qui marchent moins vite que lui. Le glacier marchant dans le sens de la grande flèche, ces tractions sont dirigées dans le sens

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

des petites flèches, et les fissures qui en résultent sont inclinées à 45 degrés, en sens inverse de la marche du glacier. A la première inspection de ces crevasses, on croirait que le glacier marche plus vite sur ses bords; les premiers observateurs s'y sont trompés. Mais il ne peut rester aucun doute à cet égard; car si l'on suit la marche d'une crevasse marginale, on la voit peu à peu se redresser et devenir perpendiculaire à la rive du glacier : pendant ce temps, d'autres crevasses se forment dans la direction inclinée à 45 degrés, de manière à couper les premières.

La formation des moraines médianes ou frontales est encore une conséquence du mouvement des glaciers. Des pierres tombent fréquemment des parois rocheuses entre lesquelles le glacier est encaissé, et arrivent tout naturellement au pied de ces rives escarpées. Ce sont les *moraines latérales*, qui s'alignent de chaque côté du lit de glace, comme de grossiers remparts. Deux glaciers viennent-ils à se joindre, la moraine latérale droite de l'un s'unit à la moraine gauche de l'autre glacier; de l'extrémité du promontoire rocheux qui domine le confluent, part une ligne de pierres qui, emportée par le courant glaciaire, s'étend longitudinalement entre les deux fleuves glacés, unis sans se confondre. Telle est l'origine des *moraines médianes* : leur nombre augmente avec celui des glaciers qui se réunissent en un seul; la Mer de Glace, formée de la réunion de quatre glaciers, porte quatre moraines médianes qui s'effilent et se rétrécissent, par suite de la marche plus rapide du glacier dans sa partie basse. Au glacier de Morteratsch, au contraire, la moraine médiane s'étale de plus en plus et envahit les parties latérales de ce glacier : cela tient à ce qu'il marche plus vite dans le haut que dans sa partie inférieure. Les moraines médianes disparaissent souvent dans les crevasses et



CREVASSES MARGINALES.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

restent englouties, jusqu'à ce que la couche de glace qui les recouvrait soit fondue; elles reparaissent alors à quelques centaines de mètres plus bas, conservant toujours leur alignement primitif.

Après des années ou même des siècles, les blocs de toutes les moraines finissent par arriver à l'extrémité inférieure du glacier. Les petites pierres sont emportées par l'eau : les plus grosses s'accumulent et forment la *moraine frontale*, sorte de rempart qui défend le front du glacier et rappelle, par ses dimensions et sa nature, le lit de déjection d'un torrent. La moraine frontale est repoussée en avant, chaque fois que le glacier gagne en étendue; mais s'il recule, elle reste isolée, comme un témoin de l'ancien avancement des glaces, et derrière elle se forme une nouvelle ligne de débris, correspondant à l'état actuel du glacier. C'est ainsi qu'au glacier du Rhône on trouve une série de lignes concentriques, représentant les moraines frontales successives de ce glacier, dont le recul a été considérable depuis le commencement du siècle. Vues du haut de la route de la Furka, ces moraines semblent des lignes de repère tracées pour attester la marche rétrograde du front du glacier; s'il venait à regagner le terrain perdu, il ramasserait tous ces dépôts et les réunirait en une gigantesque moraine frontale.

Quand la pente d'un glacier se brise brusquement, il en résulte, comme au Géant, une véritable cascade de glace, au pied de laquelle les menus débris, pierres et graviers, apportés par la glace, s'accumulent pendant toute une saison. Emporté par le mouvement de la masse, ce mélange de sable et de boue chemine à la surface du glacier : il y forme une bande, nettement visible à cause de sa couleur foncée, et dont la courbure s'accuse de plus en plus, parce que le milieu prend une avance, sans cesse croissante, sur les bords qui marchent moins vite. Le même phénomène se reproduisant chaque année, les bandes de boue se succèdent à la surface d'un glacier et peuvent servir à mesurer sa vitesse de progression, comme les couches concentriques du bois dénotent sa croissance annuelle. Les bandes de boue se voient très bien

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

GLACIER DE L'UNTERAAR.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sur le côté de la Mer de Glace qui correspond au glacier du Géant : leur écartement est d'environ 110 mètres, ce qui est, à peu de chose près, le parcours moyen du glacier dans ces parages.

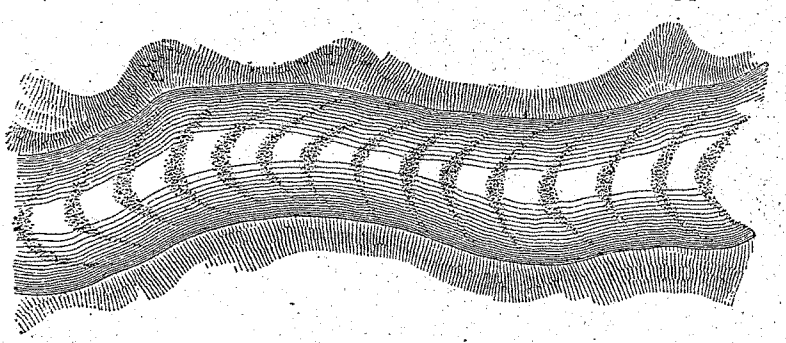
Les glaciers exercent par leur poids une énorme pression sur le fond et sur les parois de leur lit : par suite de leur mouvement, ils l'usent, en font disparaître tous les angles et en polissent les surfaces. En même temps, les roches dures, tombées dans les crevasses et restées enchâssées dans la glace, agissent sur les parois comme des rabots ou des burins marchant très lentement, mais avec une force irrésistible. Il est donc facile de reconnaître les anciens lits de glacier, non seulement au poli des roches, mais encore aux stries profondes et parallèles dont ils sont sillonnés.

En résumé, un glacier n'est pas, comme un torrent, un agent énergique d'érosion et de dégradation : il n'a pas créé sa propre vallée, et s'est borné à remplir une gorge dont le creusement a exigé d'autres influences. Mais c'est un merveilleux outil de nettoyage; il excelle à déblayer cette vallée et à en dresser les parois. Tous les blocs qu'il entraîne proviennent d'éboulements occasionnés par d'autres causes; mais, en les charriant dans ses moraines, il enlève de son lit les matériaux étrangers que les agents atmosphériques tendent à y accumuler. Quelle force, quelle puissance dans ces gouttes d'eau unies entre elles par la gelée! Quels voituriers incomparables que ces glaciers! On a vu, dans le massif du Mont-Rose, le glacier de Schwarzenberg emporter sur son dos un bloc de serpentine de 8000 mètres cubes, pesant plus de 20 millions de kilogrammes, et aller le déposer dans la vallée, près du lac de Mattmark. En même temps que le glacier nettoie son lit, il le rend, par le polissage des parois et du fond, moins accessible aux dégradations ultérieures. Aussi les roches polies par le passage d'anciens glaciers sont, après des siècles, reconnaissables à leur netteté, à côté des masses de granit environnantes, toutes délitées et décomposées par le contact de l'air.

Ces remarques ont une grande importance. On rencontre, en

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

effet, sur beaucoup de points de la surface du globe, des blocs détachés des montagnes voisines et d'une tout autre nature que le terrain environnant; quelquefois ils sont isolés, mais le plus souvent ils sont groupés et forment des espèces de digues recourbées, analogues aux moraines. Les pentes du Jura, les plaines de la Lombardie sont couvertes de blocs innombrables, dans lesquels on retrouve le genre de granit qui constitue le massif du Mont-Blanc; certains lacs de la Haute Italie en sont bordés comme par des digues naturelles. La présence de ces blocs permet d'affirmer l'existence d'anciens glaciers sur ces terrains où l'on n'en trouve plus aujourd'hui. Il en est de même au jardin glaciaire de Lucerne. A côté d'aménagements artificiels destinés à rappeler les



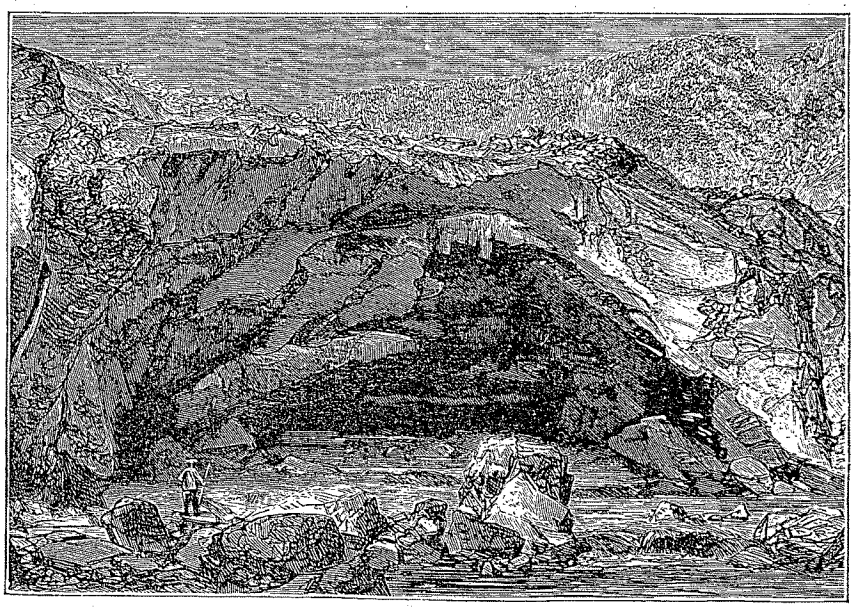
RUBANS DE BOUE SUR UN GLACIER.

paysages alpestres, on peut remarquer que toutes les roches y sont polies et striées, comme si hier encore elles formaient le lit d'un glacier. Au milieu des roches se trouvent seize excavations, ou *marmites de géants*, dont la principale a 14 mètres de diamètre et autant de profondeur. La formation de ces puits gigantesques, aux parois polies, en forme d'entonnoir, se rattache aux phénomènes glaciaires. Ils ont été creusés par les eaux tourbillonnantes de moulins de glacier, aidées dans leur action par les pierres qu'elles roulaient avec elles. Nul doute que le lit actuel de la Mer de Glace ne présente des cavités semblables, aux endroits où les moulins existent aujourd'hui.

Au-dessous du fleuve de glace, parcourant avec lenteur les

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

méandres de son lit, est une rivière alimentée par la fusion de la glace; ce torrent, que l'on entend quelquefois gronder sous la masse glaciaire, s'échappe au bas du glacier à travers les roches de la moraine frontale. La fusion superficielle du glacier, à laquelle on a donné le nom d'*ablation*, est considérable en été : en Suisse, elle fait alors disparaître, chaque jour, une couche de glace de 3 à 4 centimètres d'épaisseur, et même de 7 centimètres dans des conditions exceptionnelles. En automne et en hiver, la

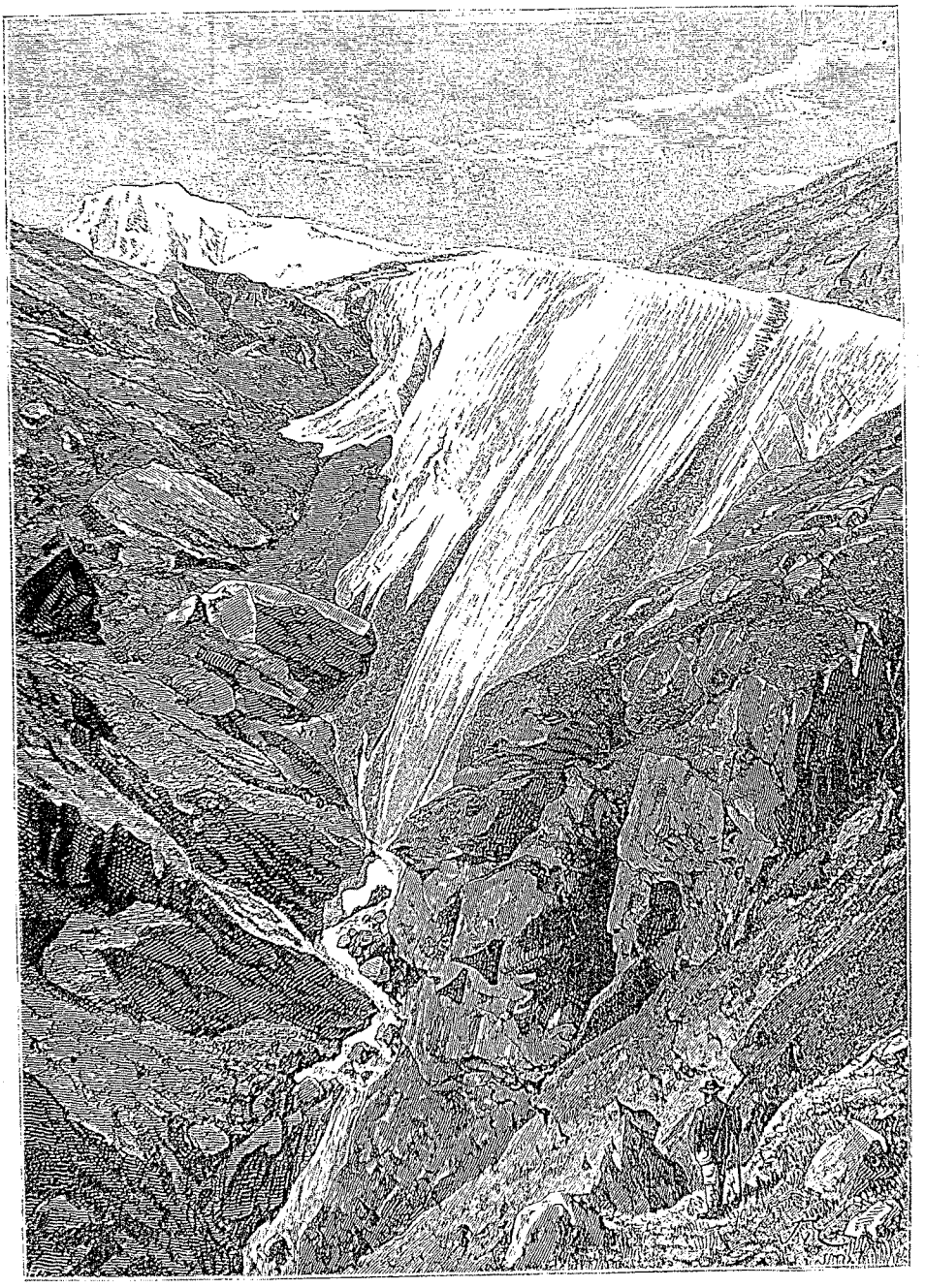


ANCIENNE GROTTE A LA SOURCE DE L'ARVEYRON.

fusion de la glace diminue, mais elle s'arrête rarement d'une manière absolue; et le ruisseau qui sort d'un glacier ne tarit que pendant les hivers d'une rigueur exceptionnelle. L'effet total de l'ablation est estimé, pour les glaciers de l'Europe centrale, à 3 mètres par an.

L'eau produite par la fusion de la glace coule à la surface du glacier, jusqu'à ce qu'elle rencontre quelque crevasse où elle s'engouffre; descendant alors de fissure en fissure, elle arrive au lit du glacier et poursuit son chemin dans la partie la plus creuse de la vallée. Lorsqu'elles atteignent rapidement la roche, ces

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LA SOURCE DU RHIN POSTÉRIEUR AU GLACIER DE L'ADULE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

eaux ont une température légèrement supérieure à 0° et peuvent fondre encore un peu de glace : aussi se frayent-elles, sur leur lit de roche et sous un ciel de glace, une route caverneuse, par laquelle des malheureux, tombés dans une crevasse, ont pu quelquefois revenir à la lumière. A l'endroit où la rivière sort du glacier, il se forme souvent une arcade surbaissée, aux vastes proportions, sorte de grotte aux parois de glace, dont l'aspect change avec les progrès ou le recul du glacier; quelquefois même elle s'effondre complètement, comme celle qui recouvrait la source de l'Arveyron, à l'extrémité inférieure du glacier des Bois.

Rien de plus sauvage ordinairement que la source d'un fleuve sortant d'un glacier à travers les roches de la moraine. Boileau n'avait certainement jamais vu celle du Rhin, et les vers célèbres,

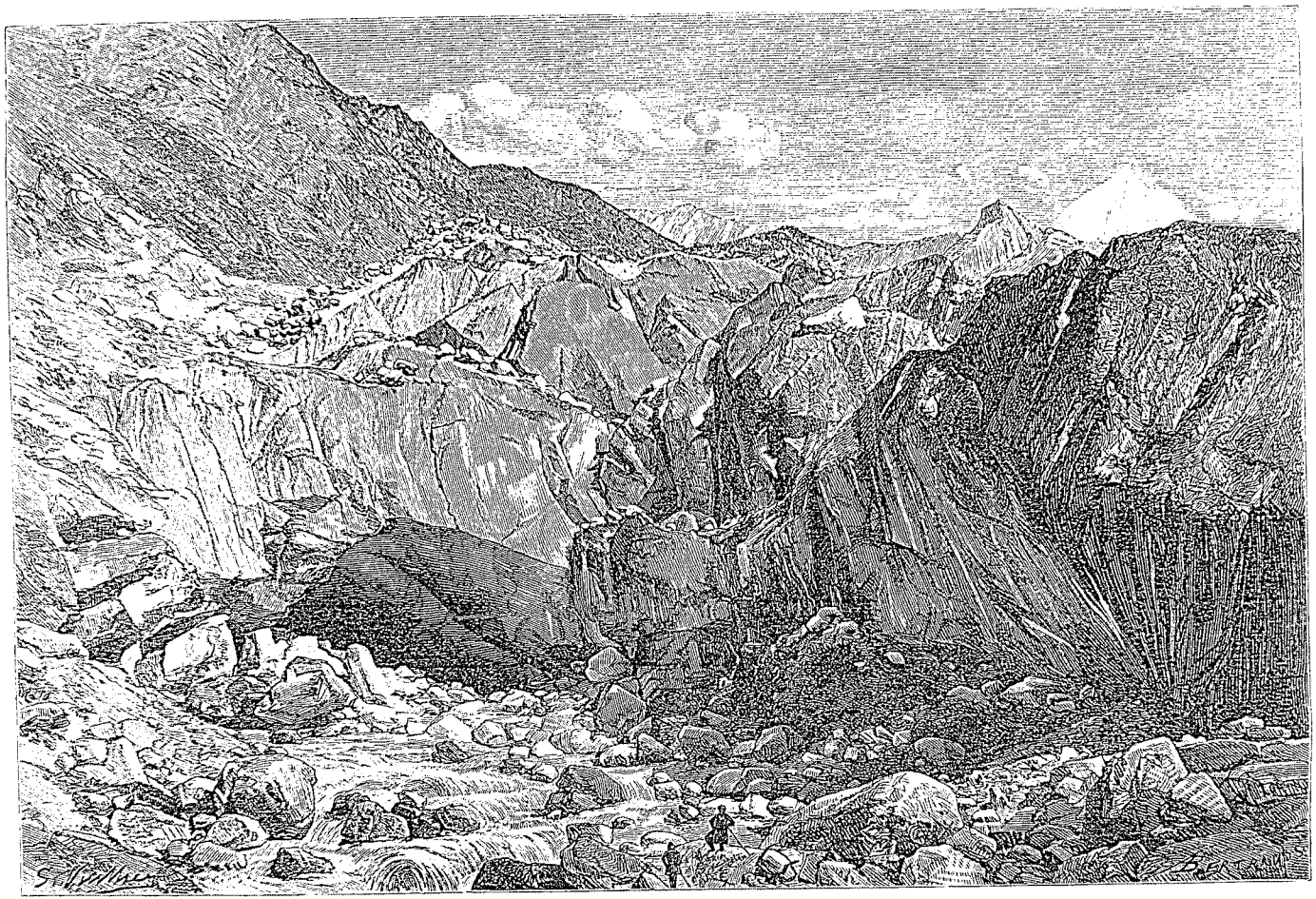
> Au pied du mont Adule, entre mille roseaux,
> Le Rhin, tranquille et fier du progrès de ses eaux,

font plus d'honneur à son imagination qu'à son talent descriptif. La vérité, c'est que la principale branche du fleuve, le Rhin postérieur, est un torrent boueux qui sort du massif de l'Adula, sous une cascade de glace, à travers une avalanche de roches. Le site n'a rien de champêtre, et le chaos des blocs de pierres est même tellement épouvantable, que les montagnards, assez blasés cependant sur ce genre de spectacles, lui ont donné le nom d'*Enfer*.

La source du Gange sortant d'un glacier de l'Himalaya ne présente pas un aspect beaucoup plus riant. Le cours d'eau que l'on regarde comme la véritable et *sainte mère Gangà*, bien qu'il ne roule pas la plus grande quantité d'eau, jaillit à 4200 mètres d'altitude, de l'arche terminale d'un glacier dont les parois crevassées ont plus de 100 mètres de haut. C'est là cette *bouche de la Vache*, dont parlent les légendes hindoues; mais aucun de ses adorateurs ne l'avait certainement vue, avant que des gravisseurs européens, escaladant les précipices, bravant les neiges et les éboulements, ne fussent montés jusqu'au glacier de la source.

Les eaux qui sortent d'un glacier sont quelquefois limpides :

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LE GANGE SORTANT D'UN GLACIER DE L'HIMALAYA.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

mais c'est assez rare. Le plus souvent elles sont troubles et chargées du limon provenant soit des éboulements, soit de l'usure de la roche par le frottement du glacier. Quelques-unes de ces sources sont tout à fait boueuses et noires comme de l'encre; d'autres ont une teinte laiteuse et bleuâtre, qui rappelle celle du glacier lui-même.

L'abondance des eaux glaciaires est très variable avec les saisons. Le débit de l'Aar, l'une des plus importantes rivières sortant des glaciers des Alpes, oscille entre 4 et 25 mètres cubes par seconde; le Rhône, au sortir de son glacier, est déjà considérable et s'accroît rapidement par le tribut que lui apportent un grand nombre de glaciers et, entre autres, celui d'Aletsch, le plus grand de la Suisse. La vallée du Rhône est, en effet, un véritable réceptacle d'eaux glaciaires : lorsque, au sortir du lac de Genève, le fleuve a reçu l'Arve, il représente le produit de plus de deux cent cinquante glaciers, descendant des massifs de l'Oberland, du Mont-Rose et du Mont-Blanc.

IV. — DISTRIBUTION DES GLACIERS. — GLACIERS POLAIRES.

Les circonstances favorables à la formation des glaciers ne se rencontrent pas dans toutes les montagnes; mais elles se trouvent réunies au plus haut degré dans le groupe formé par les Alpes suisses et le massif du Mont-Blanc. La neige y est abondante, puisque dans les années humides elle équivaut à 3 mètres d'eau. Les divers massifs, profondément découpés et séparés par de larges échancrures, présentent cependant de vastes surfaces propres à l'accumulation des névés. Aussi compte-t-on, dans ce groupe montagneux, plus de 1000 glaciers, occupant une surface de 2096 kilomètres carrés. Le plus important est le glacier d'Aletsch, d'une longueur de 24 kilomètres et d'une superficie de 100 kilomètres carrés : la quantité de glace qu'il contient est

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

évaluée à 25 milliards de mètres cubes. La Mer de Glace de Chamonix s'étend sur une longueur de 12 kilomètres, de la source de l'Arveyron au col du Géant. Le glacier de l'Aar a 8 kilomètres de long et 1500 mètres dans sa plus grande largeur : il contient deux milliards et demi de mètres cubes de glace.

L'épaisseur des glaciers des Alpes est extrêmement variable et dépasse souvent plusieurs centaines de mètres. Elle augmente surtout lorsque plusieurs glaciers convergent vers une étroite vallée,

CABANE DU CLUB ALPIN.

où ils se réunissent; forcés de se rétrécir en largeur, ils s'étendent dans le sens de la hauteur; c'est le cas de la Mer de Glace : sa largeur est à peine le cinquième de celle des glaciers qui la forment par leur réunion. Plus un glacier est épais, plus il fond difficilement et plus il descend, avant de disparaître. En général, dans les Alpes, les glaciers se terminent vers 2000 mètres d'altitude, c'est-à-dire à 600 ou 700 mètres au-dessous de la limite des neiges persistantes. Cependant quelques-uns descendent beaucoup plus bas : le front du glacier de l'Aar est à 1860 mètres d'altitude; celui du glacier d'Aletsch, à 1560; celui du glacier des Bois, à

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

1125 mètres, et celui du glacier des Bossons, à 1100 mètres. Ces fleuves congelés pénètrent ainsi dans des régions relativement chaudes et riches en végétation. Leurs moraines frontales sont entourées d'arbres et même de cultures; on cueille des cerises sur les bords du glacier inférieur de Grindelwald, dont l'extrémité descend jusqu'à une altitude de 1018 mètres (voir page 17).

Les glaciers des Alpes jouissent de deux privilèges. Explorés constamment par les touristes ou grimpeurs de toutes les nationalités, rendus plus abordables, grâce aux cabanes de refuge que les divers clubs alpins ont fait construire, ils ont, en outre, été étudiés par de nombreux savants. Aussi leurs variations, progrès ou recul, sont-elles notées avec le plus grand soin.

Tout glacier se compose de deux parties : la première est située au-dessus de la limite des neiges persistantes; il y tombe chaque année plus de neige qu'il n'en fond; la seconde, véritable fleuve de glace, pénétrant dans les régions plus chaudes, reçoit de l'atmosphère moins d'eau congelée qu'elle n'en perd par la fusion des glaces. Par suite du mouvement de descente de la masse glaciaire, un équilibre s'établit entre les deux parties; la première fournit de la glace à la seconde et, tant que les conditions atmosphériques restent les mêmes, le glacier conserve les mêmes dimensions. Mais il n'en est plus de même lorsque des irrégularités notables surviennent dans le cours des saisons. Les étés sont-ils exceptionnellement chauds, il se produit une plus abondante fusion de glace : le front du glacier rétrograde. Comme l'action de la chaleur se fait sentir surtout dans les parties basses du glacier, l'effet suit presque immédiatement la cause : le mouvement de recul se manifeste sans tarder. Vienne, au contraire, une succession d'hivers rigoureux et humides, les névés seront plus abondants, la masse glaciaire s'épaissira et descendra plus bas avant de disparaître. Mais ce mouvement de progression du glacier ne sera pas immédiat; car les effets résultant d'un excès de névés affectent d'abord les parties hautes du glacier, et n'atteignent le front qu'après un grand nombre d'années : on l'estime à vingt environ pour le glacier de Grindelwald.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

C'est donc l'influence combinée de saisons exceptionnellement chaudes ou froides qui produit les mouvements de progression ou de recul des glaciers. Les plus petits, les mieux exposés au soleil sont plus impressionnables que les autres : tel est le glacier de Findelen, qui reculait depuis 1854, tandis que son voisin, le glacier de Görner, avançait encore en 1859. Ce dernier descend d'un névé plus important; il est en outre tellement encaissé dans sa vallée, que ses moraines le recouvrent presque en totalité et l'abritent du soleil.

Au commencement du siècle, les glaciers des Alpes avançaient rapidement, et en 1818 leur progression était générale et inquiétante. On vit alors, au pied du Mont-Rose, le glacier de Giétroz s'avancer à travers le lit de la Dranse et lui barrer le passage. La rivière ainsi refoulée forma un lac, dans lequel s'accumulèrent plus de 5 millions de mètres cubes d'eau. Au mois de juin, la barrière de glace, minée par l'eau, se rompit : le lac se vida en moins d'une heure; une avalanche d'eau, de 100 mètres de hauteur, se précipita dans la vallée de la Dranse, puis dans celle du Rhône, emportant les bois, déchaussant les roches et rasant les maisons qu'elle trouvait sur son passage.

Après 1818, vint une période de reculs et de progrès alternants. En 1851, le glacier des Bossons avançait, vers la fin de mai, d'un mètre par jour, menaçant de barrer le courant de l'Arve. Dès 1854, le mouvement de recul s'accentua dans les glaciers du Mont-Blanc : il se produisit en 1857 au glacier du Rhône, en 1860 au glacier d'Aletsch, en 1871 seulement à celui de l'Unteraar. Enfin, de 1872 à 1874, tous les glaciers des Alpes reculaient, de même qu'ils avançaient tous en 1817 et 1818. Le terrain perdu par les glaciers des Alpes est maintenant considérable. En 1878, le glacier des Bossons était à 654 mètres en arrière de sa moraine de 1818, et le glacier du Tour avait perdu 1680 mètres. Pendant la même période, la Mer de Glace a reculé de 1268 mètres, et son épaisseur, au Montanvert, a diminué de plus de 100 mètres. Le recul du glacier du Rhône depuis 1818 a été de plus de 1000 mètres, et la diminution d'épaisseur, vers son

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

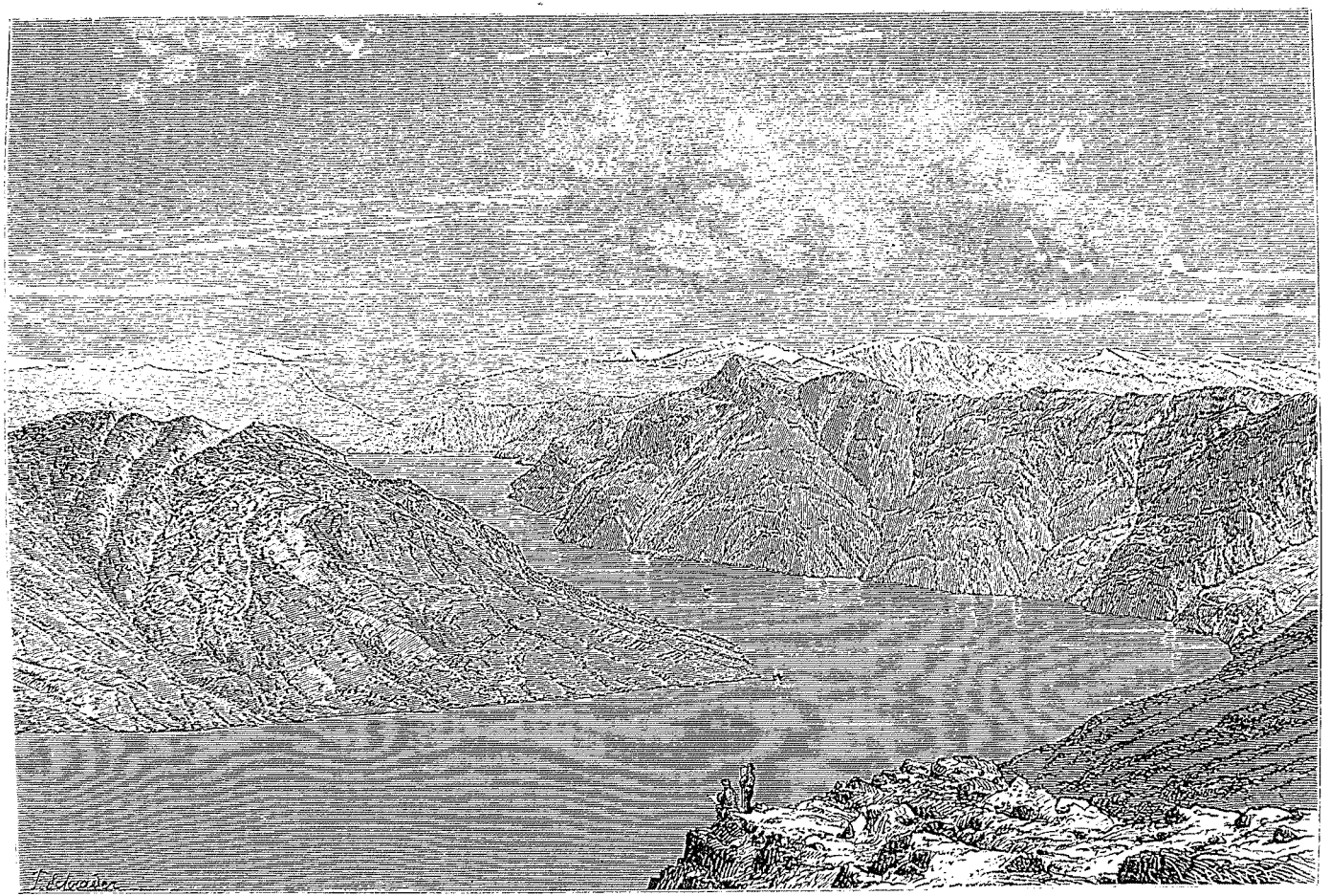
extrémité, de 137 mètres. Cette perte est de 80 mètres environ pour le grand glacier d'Aletsch. Le mouvement général de recul et la diminution des grands glaciers des Alpes sont dus à des causes lointaines, très probablement à la moindre quantité de neige tombée entre 1826 et 1835.

Les Alpes du Tyrol et de l'Autriche contiennent environ 500 glaciers. L'un des plus curieux est celui de Vernagt, dans le massif de l'Oetzthal; il est sujet à des crues rapides, comme celles d'un fleuve qui déborde. En 1845, il s'avançait avec une telle vitesse, qu'en un seul jour il parcourut 45 mètres : on le voyait marcher.

Les Pyrénées renferment seulement quelques petits glaciers, autour de la Maladetta : ils sont de peu d'étendue et ne descendent pas dans les vallées. Les neiges sont, en effet, peu abondantes dans ces montagnes : les vents humides n'y arrivent qu'après avoir laissé tomber leur eau sur les plateaux élevés de l'Espagne, et la disposition des sommets en crête rectiligne ne se prête pas à l'accumulation des névés, comme les massifs largement étalés des Alpes.

Les montagnes de la Scandinavie sont, après les Alpes, les plus riches en glaciers que l'on trouve en Europe. Les champs de neige y présentent une étendue considérable : celui de Swartisen, en Suède, couvre 600 kilomètres carrés; le Justedal, dans la Norvège méridionale, a 900 kilomètres carrés de superficie. Mais la neige y reste pulvérulente et ne se transforme pas facilement en névé et en glace : aussi les plus grands glaciers qui descendent du Justedal n'atteignent pas en surface la septième partie de celui d'Aletsch. Comme la limite des neiges persistantes est à 12 ou 1400 mètres, les glaciers descendent jusqu'à l'altitude de 300 mètres : un de ceux du Justedal arrive même à 50 mètres seulement au-dessus du Sogne-Fjord. Enfin, vers le cap Nord, les glaciers scandinaves descendent jusqu'à la mer, comme les glaciers polaires, dont il sera question plus loin. Les glaciers du Justedal sont ceux qui ont été le mieux étudiés : ils marchent avec une vitesse d'environ 50 mètres par an, mais presque uniquement

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LE SOGNE-FJORD ET LES GLACIERS DU JUSTEDAL.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

pendant la saison chaude. Aussi leur vitesse, à cette époque, est-elle plus grande que celle des glaciers alpins : elle atteint alors 50 centimètres environ par jour.

La limite des neiges persistantes est encore plus basse en Islande qu'en Scandinavie : les champs de neige ont des milliers de kilomètres carrés; mais les glaciers ne se rencontrent que sur le pourtour de l'île. Le plus important est le Skrio-Jökull; il descend presque jusqu'à la mer, et ne laisse entre elle et son extrémité qu'un étroit passage de 200 mètres environ de largeur.

Bien que la chaîne du Caucase ait une hauteur considérable et offre au moins six sommets d'une altitude supérieure au Mont-Blanc (4810 mètres), parmi lesquels l'Elbourz (5646 mètres) et le Kazbek (5045 mètres), les neiges y sont moins abondantes que dans les Alpes. Cela tient, comme dans les Pyrénées, à la latitude plus méridionale du Caucase et à la forme rectiligne des crêtes, où de vastes champs de névé ne peuvent se constituer. Huit glaciers descendent du Kazbek; le plus connu, le Devdoraki, s'engage dans une gorge tellement étroite, que la masse glaciaire ne peut plus s'y mouvoir : elle s'y accumule, et s'échappe tous les quinze ou vingt ans, quand la gorge est remplie; il se produit alors un effroyable éboulement de glace, d'eau et de pierres; plusieurs millions de mètres cubes de débris vont alors, à plus de 5 kilomètres de distance, barrer le cours du Terek. Le plus grand glacier du Caucase a une longueur égale au glacier d'Aletsch et descend jusqu'à 2400 mètres environ.

Des glaciers encore plus vastes se rencontrent dans les chaînes de l'Himalaya et du Karakorum. Malgré le voisinage des tropiques, d'énormes amas de neige se forment dans ces massifs gigantesques, sous l'influence de la mousson du Sud-Ouest. Du Karakorum se détachent sept glaciers d'au moins 20 kilomètres de long : le plus grand a 100 kilomètres de longueur sur six et demi de largeur; le plus large, celui de Baltoro, a 20 kilomètres de largeur en certains points. Les régions glaciaires présentent dans l'Himalaya une disposition curieuse. Dans les Alpes, la masse de neige augmente avec la hauteur des sommets : aussi les pentes

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

supérieures du Mont-Blanc sont-elles couvertes d'une couche neigeuse de 60 mètres environ d'épaisseur. Les cimes de l'Himalaya sont formées de roches dénudées, émergeant d'un désert de pierres complètement dépouillé de neige : la vapeur d'eau semble s'être précipitée complètement avant d'atteindre les hauteurs de 7 à 8000 mètres. Au-dessous s'étend la zone des neiges, d'où partent d'énormes fleuves glacés, coulant avec une majestueuse lenteur sur des longueurs de près de 100 kilomètres.

Dans l'Amérique du Nord, le peu de vapeur atmosphérique qui arrive aux Montagnes Rocheuses n'y permet pas la formation des glaciers, même sur des sommets de plus de 4000 mètres d'élévation. Mais dans la chaîne côtière qui borde le Pacifique se trouvent de vastes champs de névé et de véritables glaciers ; le plus méridional est celui du mont Shasta, dans la Sierra Nevada de Californie.

L'abaissement de la température dans les contrées voisines des pôles donne aux phénomènes glaciaires une ampleur particulière. Au lieu d'être localisés dans quelques plateaux élevés, ils s'étendent sur d'immenses surfaces : toutes les inégalités du terrain disparaissent alors sous une calotte uniforme de glace, d'où se détachent de véritables glaciers, d'une largeur énorme. Leur extrémité descend jusqu'à la mer, où ils se brisent, au lieu de fondre, en donnant naissance aux *icebergs* ou montagnes de glace flottantes.

Nulle part cependant, dans les régions explorées jusqu'à présent, la limite des neiges persistantes ne descend jusqu'au niveau de la mer. Si la surface du Groenland est recouverte d'une vaste calotte glaciaire, il reste, entre elle et le bord de la mer, une bande de terre habitable, de 20 à 25 kilomètres de largeur, interrompue fréquemment par les larges courants des glaciers ; certaines presqu'îles, comme celle d'Auleitsivik, offrent même jusqu'à 100 kilomètres de terrain libre de glaces. Au Spitzberg, à 12 degrés seulement du pôle, les roches, cachées l'hiver par la neige, reparaissent au printemps dans le voisinage de la mer.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Les parties bien exposées peuvent même se découvrir jusqu'à la hauteur de 4 à 500 mètres. Dans l'archipel des Sept-Iles, au-dessus du 80e parallèle, Nordenskjöld et ses compagnons ne virent pas une plaque de neige au-dessous de 300 mètres d'altitude.

Cette hauteur relativement considérable de la limite des neiges s'explique d'abord par le peu d'abondance des précipitations atmosphériques. Lorsqu'ils arrivent dans ces régions, les vents, déjà très refroidis, ne peuvent contenir qu'une très faible quantité de vapeur d'eau, et donnent fort peu de neige. Mais, en outre, pendant les mois d'été, la présence presque continuelle du soleil au-dessus de l'horizon suffit, dans les parties basses voisines de la mer, pour amener la fusion complète des neiges. Aussi ne persistent-elles, sous les latitudes élevées, qu'au-dessus de 6 à 800 mètres; et, même à ces hauteurs, l'action solaire prolongée produit leur transformation, d'abord en névé, et ensuite en une glace imparfaite, où l'on reconnaît très nettement la stratification des neiges.

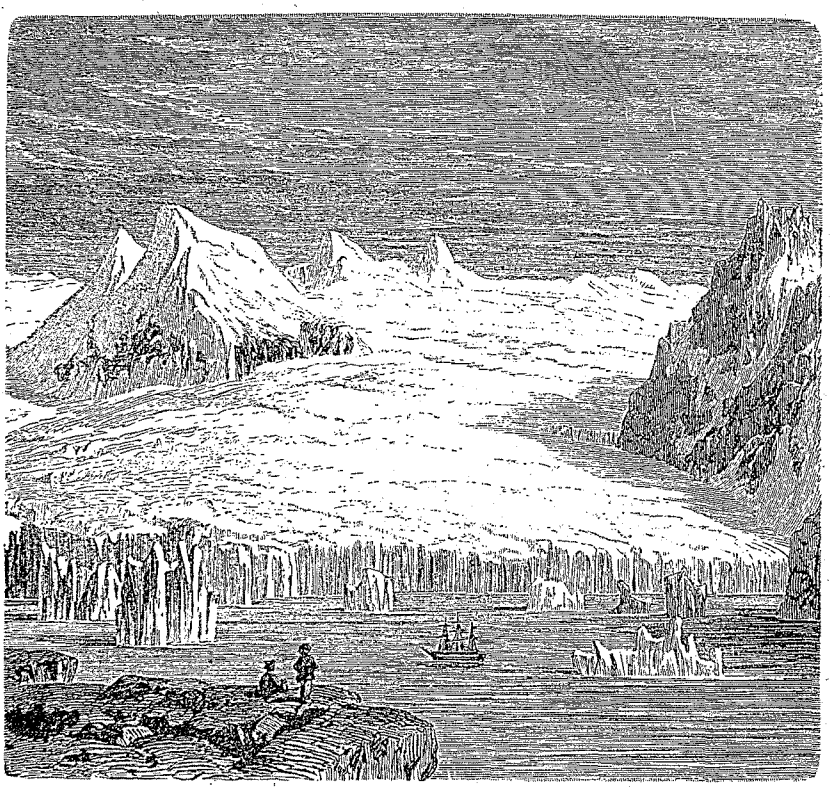
Jusqu'à ces derniers temps, la calotte glaciaire du Groenland était restée inexplorée. En 1870, MM. Nordenskjöld et Berggen poussèrent une reconnaissance hardie à 50 kilomètres du bord de la glace. Arrivés, au bout de sept journées de marche, à 700 mètres environ d'altitude, ils se trouvèrent entourés de glaces à perte de vue, sans qu'aucune saillie rocheuse apparût au-dessus de la neige. Le champ de glace, crevassé seulement sur les bords, ressemblait à une mer houleuse subitement congelée. Chaque jour des flaques d'eau s'y formaient, mais elles se gelaient le soir après le coucher du soleil; des courants d'eau sillonnaient la surface glaciaire, tandis que d'autres annonçaient par leur bruit leur présence à une certaine profondeur.

En 1878, MM. Jensen et Kornerup explorèrent la partie méridionale du Groenland, jusqu'à 75 kilomètres de distance. La calotte glaciaire, d'une inclinaison décroissante, les conduisit, à une altitude de 1500 mètres, au pied d'un pic rocheux de 300 mètres environ de hauteur. Parvenus à grand'peine au sommet de cet observatoire naturel, ils s'assurèrent que le manteau de glace

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

s'étendait aussi loin que la vue pouvait porter, et s'élevait jusqu'à 2000 mètres au moins, sans qu'aucune roche vînt percer sa surface.

On a peine à croire que cette énorme accumulation de glaces se soit formée sous la seule influence du climat actuel de la région : aussi beaucoup de géologues la regardent comme ayant une



UN GLACIER AU GROENLAND.

origine fort ancienne, et admettent l'existence de *glaces fossiles*. On voit en effet, sur la côte nord d'Alaska, la glace servir de support à un terrain formé d'un gravier rougeâtre et pourvu d'une riche végétation. Dans la baie de Kotzebue, au nord-ouest du détroit de Behring, Seemann rencontra, au-dessus d'un escarpement de glace, une couche d'argile de 6 à 7 mètres d'épaisseur, recouverte d'un banc de tourbe dans lequel poussaient, non seu-

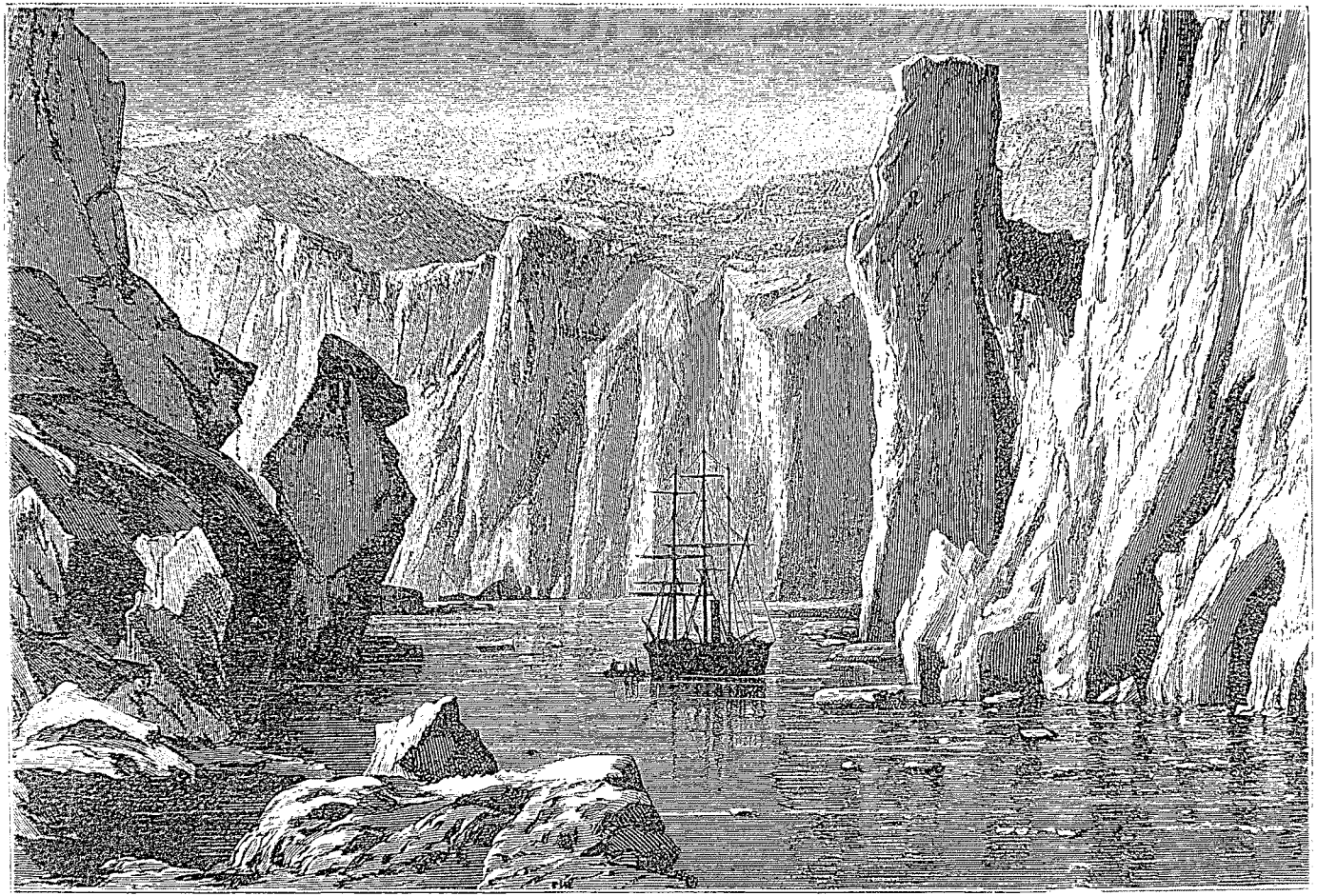
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

lement des mousses et des lichens, mais aussi des saules, des bruyères, des carex et autres plantes d'une organisation élevée. Dans les parties éboulées de la couche argileuse se trouvaient des ossements de cheval, de renne, de bœuf musqué et même d'éléphant. La glace trouvée dans cette situation ne peut être qu'un héritage des temps passés; c'est bien une glace fossile.

Les champs de névé des Alpes ou de l'Himalaya, quelque vastes qu'ils soient, ne sauraient être comparés aux calottes de glace qui recouvrent les terres polaires. Aussi les glaciers qui descendent de ces surfaces glaciaires ont-ils des largeurs énormes. Ceux de 20 à 30 kilomètres de largeur sont nombreux au Spitzberg et au Groenland. Les mieux reconnus par les navigateurs sont situés sur la côte occidentale du Groenland; tels sont : le glacier de Sermit-sialik, occupant toute la largeur du fjörd de ce nom et dont le front a 16 kilomètres; le glacier de Tyndall, sur la mer de Baffin, à l'entrée du détroit de Smith; enfin le glacier de Humbolt, le plus vaste des glaciers polaires, dont le front s'étend du 79e au 80e parallèle, sur une longueur de plus de 110 kilomètres. Un autre glacier, probablement aussi large, existe dans l'Archipel du Spitzberg, sur la Terre du Nord-Est; mais il n'a pas été bien exploré. Celui de Dove, dans l'archipel de François-Joseph, s'étale sur plus de 60 kilomètres.

Les glaciers polaires se distinguent par la couleur verdâtre de la glace, l'épaisseur considérable des tranches annuelles et le faible développement des moraines. Leurs lits sont ordinairement peu inclinés et réguliers; aussi la masse glaciaire est compacte et ne contient que de rares crevasses. Les voyageurs ne sont pas d'accord sur la vitesse de leur mouvement. Certaines mesures ont donné pour la progression quotidienne, en été, une valeur de 12 centimètres, bien inférieure à celle des glaciers alpins. M. Helland, au contraire, a trouvé des vitesses énormes de 10 et même de 19 mètres par jour. On ne saurait les attribuer à la pente du lit, qui est faible, mais bien à l'énorme pression produite par le poids de la calotte glaciaire. Comme ceux des Alpes, les glaciers

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LE GLACIER DE ERMITSIALIK

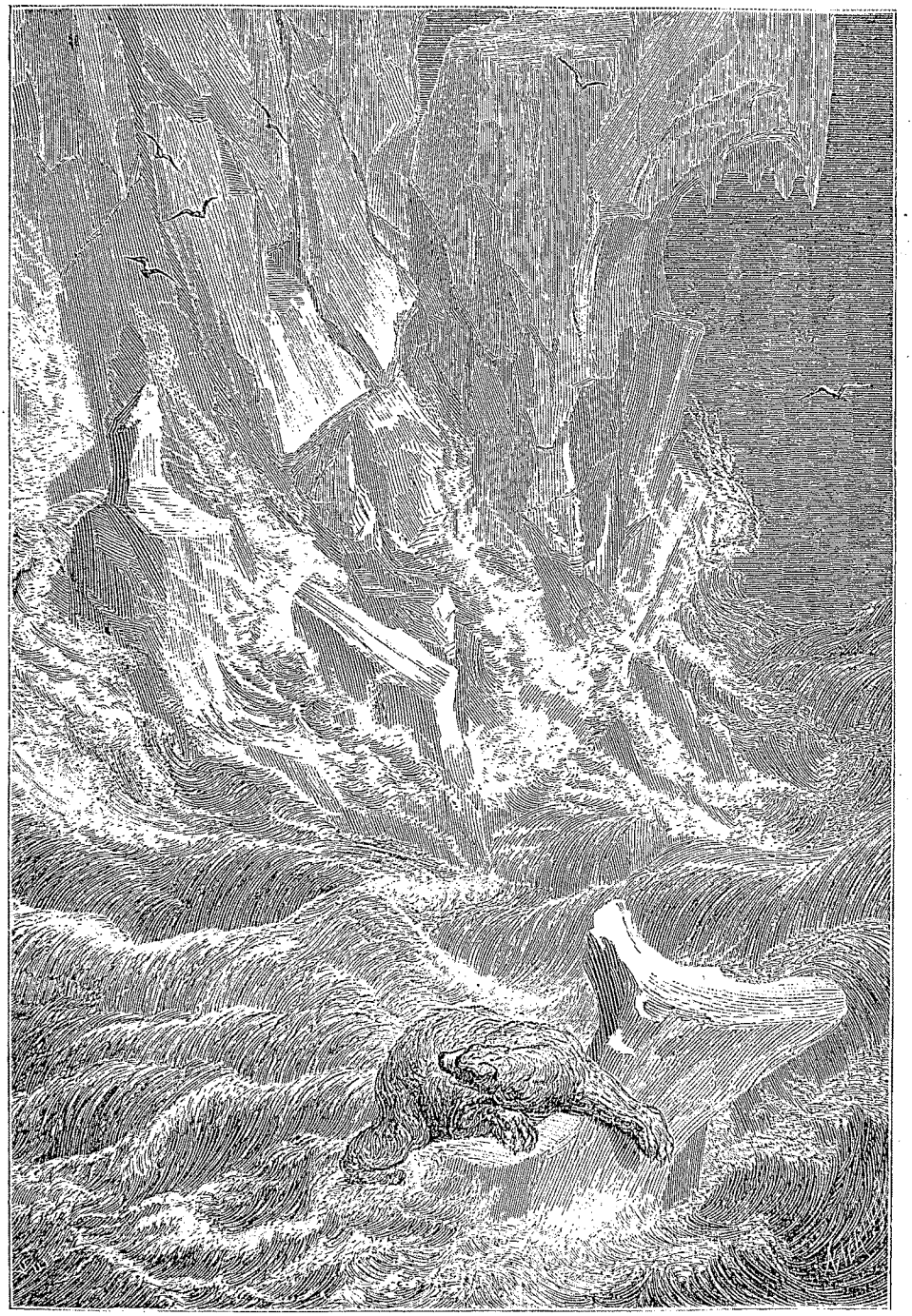
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

polaires ont des périodes de recul et de progrès : c'est ainsi qu'un des glaciers du Spitzberg, descendant au Bell-Sound, a grandi, depuis 1860, de façon à faire disparaître l'un des plus anciens et des meilleurs ports de la contrée.

Tous les glaciers des régions polaires aboutissent à la mer et disparaissent, non par suite de la fusion des glaces, mais par leur division en *icebergs*, véritables *montagnes de glace* que les courants marins emportent vers des régions plus chaudes, où leur fusion s'achève. Le front des glaciers polaires présente dès lors un aspect particulier : c'est une falaise verticale, se dressant à 60, 100 et même 120 mètres au-dessus de la surface de l'eau. Lorsqu'on en approche, on y distingue des saillies, des enfoncements capricieusement découpés, toute une architecture bizarre et grandiose. L'extrémité du glacier, poussée par la pression qu'elle subit, empiète sur la mer : minée par l'eau, dont la température est en général de 4 degrés, soulevée par l'action de la marée et abandonnée à elle-même au moment du reflux, elle finit par se disloquer. La masse se fend dans tous les sens; c'est une chute torrentielle de blocs énormes, de *séracs*, qui se précipitent les uns sur les autres avec un fracas de tonnerre, et produisent en tombant dans l'abîme des vagues gigantesques. Les blocs devenus libres flottent à la surface de l'eau et forment ces icebergs que l'on rencontre, défilant par milliers, dans tous les détroits des mers polaires.

Tous les icebergs ne tombent pas à la mer en se détachant du glacier; il en est qui sortent du fond de l'eau et surgissent à la surface. Ce curieux phénomène, dont le docteur Hayes a été le témoin, se produit lorsque la pente assez faible du lit glaciaire se prolonge au loin sous l'océan. Dans ce cas, le glacier, arrivé au rivage, au lieu de culbuter en cascade sur une pente abrupte, continue sa marche en repoussant les flots. Quand la profondeur devient suffisante, il plonge et disparaît sous l'eau, bien que la glace plus légère tende à être soulevée et à remonter. Mais il arrive un moment où la poussée de l'eau devient trop forte : l'extrémité la plus avancée de la masse glaciaire se brise, et un colosse de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



EFFONDREMENT D'UN GLACIER POLAIRE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

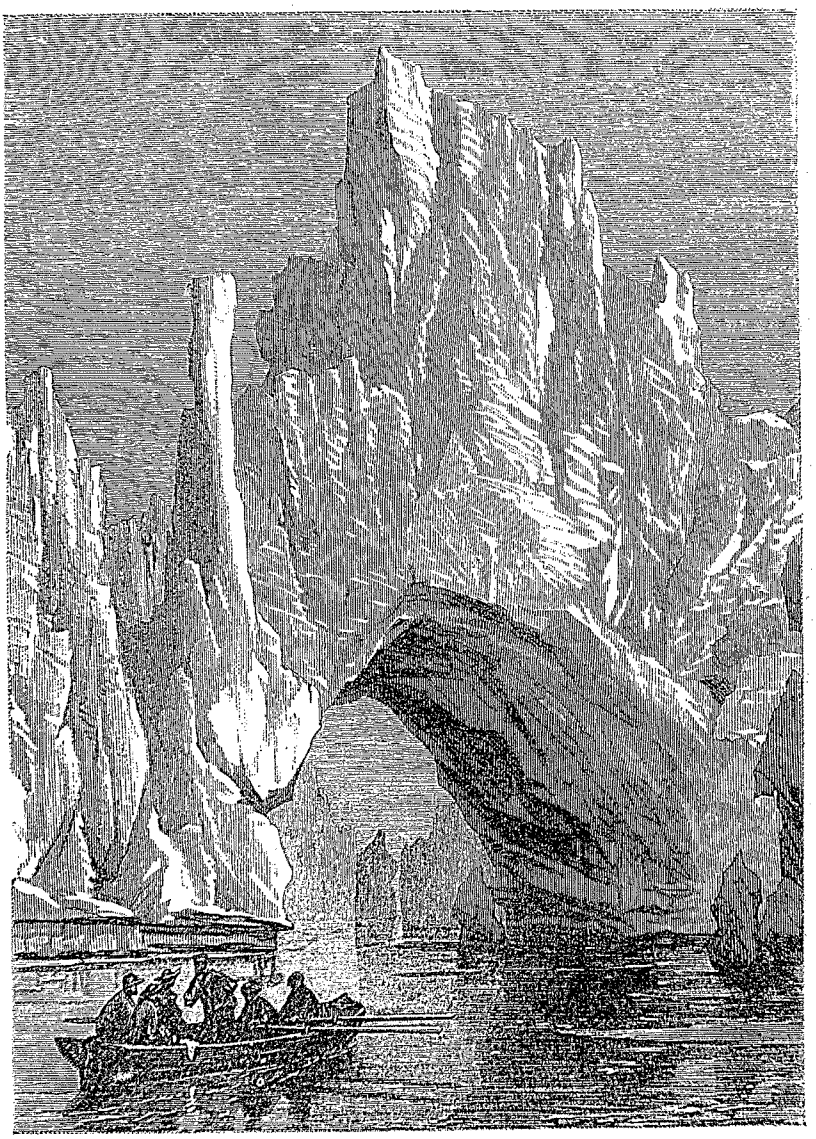
glace jaillit au-dessus des vagues : le glacier *a mis bas*. L'événement s'annonce par une série d'explosions de plus en plus fortes, semblables aux bruits souterrains précurseurs des tremblements de terre. L'eau se soulève, poussée par le mouvement ascensionnel du glacier : une détonation éclate comme une décharge d'artillerie, et la masse monstrueuse de cristal apparaît, en projetant de tous côtés des cataractes liquides. Sous l'action de la force qui l'a soulevé, le bloc immense s'élève, retombe, en faisant jaillir des gerbes d'écume, et oscille pendant des heures, avant de prendre une position définitive d'équilibre.

Rien n'est plus variable que la dimension ou la forme des icebergs. Il n'est pas rare d'en rencontrer qui s'élèvent de 80 et même de 100 mètres au-dessus de l'eau : ce qui, en tenant compte de la portion plongée, leur donne une épaisseur au moins six ou huit fois plus grande. On en a vu dont les dimensions en longueur et en largeur dépassaient 1000 mètres et qui devaient avoir plusieurs centaines de millions de mètres cubes. Il n'est donc pas étonnant qu'ils puissent arriver, avant de fondre complètement, à près de 1000 lieues de leur point de départ.

Au moment de leur formation, les icebergs ont des formes relativement régulières; mais quand ils ont reçu l'action du soleil et des vagues, quand les courants les ont promenés sur les mers et entre-choqués les uns contre les autres, ce ne sont plus des blocs de glace qui apparaissent dans la brume, ce sont des édifices gothiques avec leurs flèches et leurs clochers, des châteaux forts ou des villes en ruines, des obélisques debout ou penchés, des arcs de triomphe, ou bien encore des animaux fantastiques allongeant une tête monstrueuse et déployant au-dessus des vagues de gigantesques ailes. C'est un spectacle splendide et terrible à la fois que de voir défiler ces montagnes de glace, lorsque leurs saillies et leurs angles s'illuminent aux rayons du soleil. Les cristaux de glace décomposent la lumière et, comme des milliers de prismes, étincellent des couleurs de l'arc-en-ciel. D'autres fois, la lueur rouge et les éclats fulgurants de l'aurore boréale, réfléchis par les montagnes de glace, font croire à un vaste incendie qui

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

remplirait tout l'horizon, ou bien « à un fantastique Etna inondant de laves illusoires la scène de l'éternel hiver ». De temps en

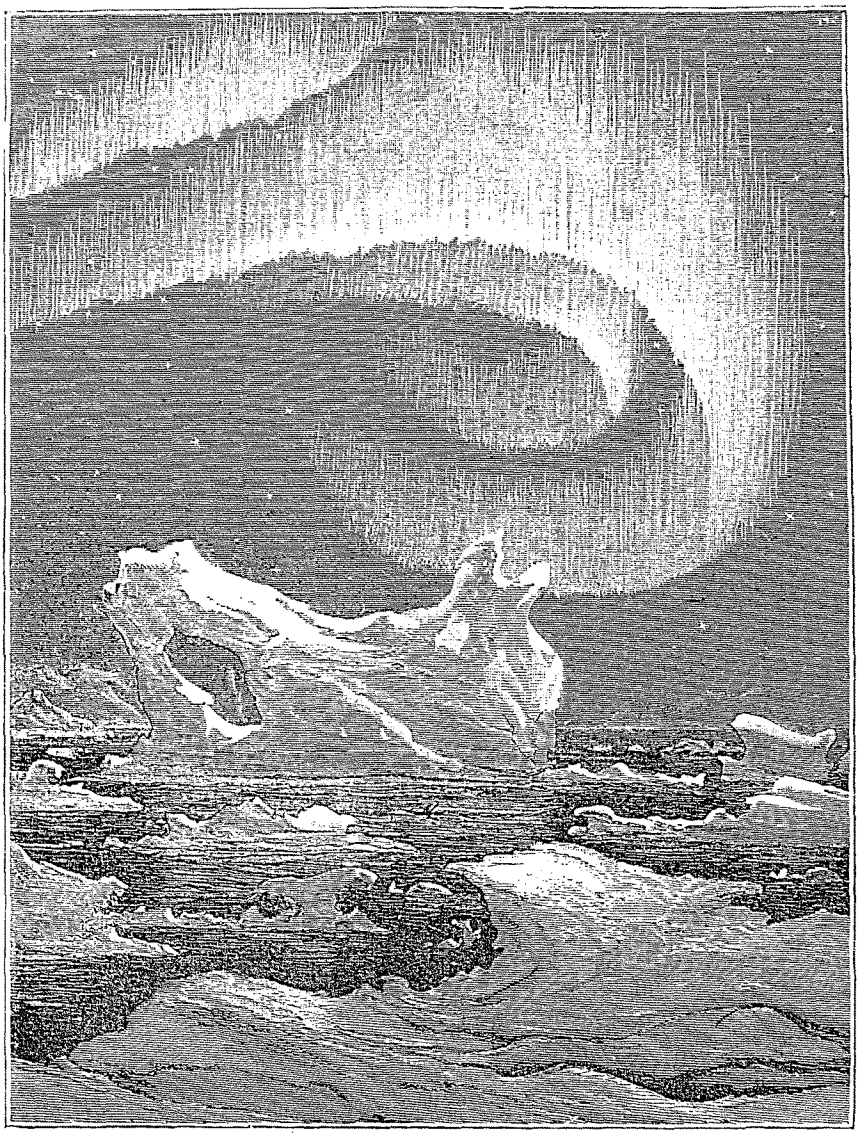


ICEBERG EN FORME D'ARC DE TRIOMPHE.

temps, le silence du défilé est troublé par une série d'explosions : c'est un iceberg qui se crevasse et se brise avec un fracas épouvan-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

table ou qui, miné à sa partie inférieure par l'eau chaude de la mer, perd son équilibre et culbute en soulevant d'énormes lames.



ICEBERGS ÉCLAIRÉS PAR UNE AURORE BORÉALE.

Différents des banquises, qui prennent naissance à la surface des eaux, les icebergs sont des glaces d'origine terrestre : ce sont les calottes de glace des régions polaires qui, descendues à la mer

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

sous forme de larges fleuves congelés, s'émiettent et reprennent leur liberté. La goutte d'eau qui semblait immobilisée pour l'éternité, a marché tout doucement. Elle est parvenue à rentrer dans le vaste domaine des eaux, toute prête à recommencer le cercle de ses pérégrinations.

Dès qu'ils ont recouvré leur indépendance, les icebergs, mêlés aux débris des banquises, sont entraînés par les courants polaires; ils s'éloignent des régions glacées et vont chercher, sous des latitudes plus basses, la chaleur dont ils ont été privés pendant des siècles. Plus leurs dimensions sont colossales, plus ils peuvent parcourir de chemin avant de se liquéfier et de disparaître dans les flots de l'océan.

Tout autour du pôle antarctique est une vaste zone couverte par les glaces flottantes : s'étendant en moyenne jusqu'au cinquantième parallèle, aux environs du cap Horn, elle atteint quelquefois le trente-cinquième. Les navigateurs ont rencontré les icebergs du pôle sud jusque dans les parages du cap de Bonne-Espérance (septembre et octobre 1840). Aussi, bien avant la découverte des terres australes, aucun doute ne restait sur leur existence; car les montagnes de glace qui encombrent les mers antarctiques ne sont pas des glaces marines, mais bien les débris de glaciers terrestres descendus à la mer.

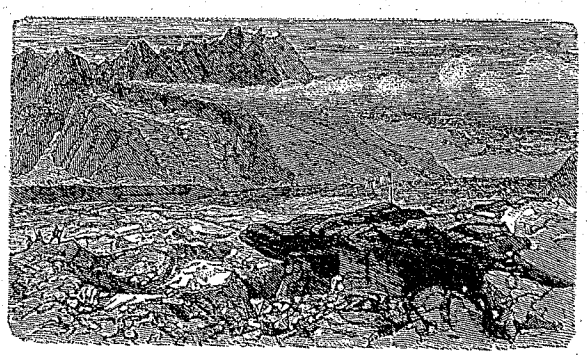
Les banquises et les icebergs du pôle nord se dirigent tous vers Terre-Neuve. Bien que les moraines des glaciers polaires soient peu développées, les icebergs n'en contiennent pas moins des quartiers de roches plus ou moins volumineux, qu'ils emportent avec eux et font voyager sur les mers. Un jour vient où, par suite de la fusion de la glace, les roches se détachent et tombent au fond de l'eau. Si l'on pouvait visiter le lit de l'Atlantique sur le trajet des courants polaires, on trouverait la route des glaces flottantes jalonnée par les blocs qu'elles sèment sur leur passage; les moins gros arrivent jusqu'aux parages de Terre-Neuve, où leur accumulation a formé d'énormes bancs sous-marins. Toutes ces pierres venues du Groenland, du Spitzberg, de la Nouvelle-Zemble

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

se reconnaîtraient à leur nature différente de celle des roches qui forment le lit de l'océan.

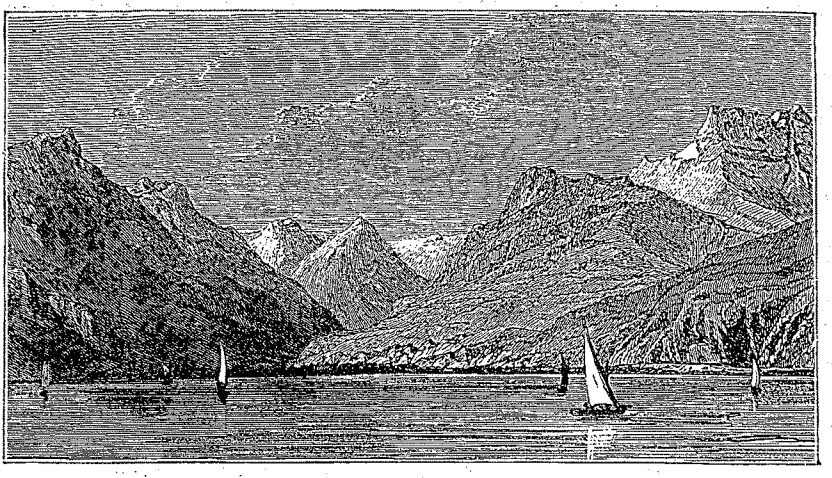
La surface du nord de l'Europe, depuis la Hollande jusqu'en Russie, est recouverte de sables où sont disséminés des blocs de provenance scandinave et finlandaise. Les roches de Finlande ont été transportées, sans perdre la vivacité de leurs arêtes, jusqu'à Moscou, d'autres sont arrivées jusqu'en Pologne ou sur les bords du lac Onéga, à 1000 kilomètres de leur point de départ. Certains de ces *blocs erratiques* ont des dimensions considérables : tel est le piédestal de la statue de Pierre le Grand, à Saint-Pétersbourg, qui pèse 1500 tonnes; mais la grosseur des blocs diminue à mesure qu'on s'éloigne du pôle : à Moscou ils n'ont guère plus d'un mètre de diamètre.

Il semble que ces blocs ont dû être transportés et disséminés sur cette vaste surface par des icebergs; détachés des glaciers scandinaves ou finlandais, ils flottaient sur une mer qui, tout autour de la mer Baltique actuelle, aurait couvert une partie de l'Europe septentrionale. Cependant les géologues allemands et suédois ont abandonné l'hypothèse des glaces flottantes; ils admettent que les glaciers scandinaves eux-mêmes s'étendaient, à une certaine époque, sur toute cette vaste région. Les blocs erratiques ne seraient alors que les débris de leurs moraines.



L'HOTEL DES NEUCHATELOIS.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



ENTRÉE DU RHÔNE DANS LE LAC DE GENÈVE.

CHAPITRE V

LACS ET COURS D'EAU

I. — LES GRANDS FLEUVES. — OU ILS VONT. — D'OU ILS VIENNENT.

Si la surface de la terre était une plaine unie, on n'y rencontrerait ni source, ni ruisseau, ni cours d'eau. Partout où les pluies tomberaient, l'eau resterait stagnante : elle imprégnerait le sol, en attendant que le soleil et les vents, la réduisant en vapeur à nouveau, lui permissent de se transporter en quelque autre lieu sans écoulement. La terre ne serait qu'un immense marais, inhabitable et sans autre végétation que des plantes aquatiques. Les montagnes et les collines peuvent être comparées à des toits, et les cours d'eau à des gouttières préparées par la nature pour faciliter l'écoulement et la distribution des eaux. Pour changer en terres fertiles les sols humides et marécageux, les agriculteurs ont inventé le drainage : ils n'ont fait en cela qu'imiter la nature.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Chaque ruisseau, chaque rivière, chaque fleuve est produit par le drainage d'une portion plus ou moins étendue de la surface terrestre, que l'on nomme son *bassin*. A l'exception des eaux enlevées par l'évaporation, toutes celles qu'il reçoit se réunissent soit par infiltration, soit par ruissellement; elles descendent en suivant les pentes du terrain et, après un parcours plus ou moins long, arrivent à la mer.

En même temps, les eaux courantes qui sillonnent les flancs des montagnes les corrodent peu à peu et vont enrichir le sol des vallées avec les matériaux enlevés aux parties hautes du globe : après s'être frayé une route, elles tendent à la niveler et à faire disparaître les trop fortes aspérités. Mais ce n'est pas tout : l'eau ne se borne pas à entraîner des matières terreuses, elle dissout du calcaire et autres principes minéraux, les porte à la mer et fournit ainsi la provision de substance avec laquelle animalcules, zoophytes et mollusques fabriquent les coquilles, les polypiers et les îles madréporiques. Les roches détruites d'un côté se reforment de l'autre, et l'eau contribue ainsi, non seulement à entretenir la vie sur le globe, mais à rajeunir sans cesse son enveloppe solide.

Les ruisseaux ou les petites rivières qui prennent naissance dans le voisinage de l'océan, y jettent directement leurs eaux. Ce sont des fleuves, dans le sens géographique du mot; cependant on donne à ces cours d'eau de faible importance le nom de *fleuves côtiers*, afin de ne pas les confondre avec leurs grands frères. La Dives, la Touques ou la Bresle ne ressemblent en effet que d'assez loin à l'Amazone, au Nil ou même à la Seine. En général, avant d'arriver à la mer, les ruisseaux se groupent et forment des rivières; celles-ci, se réunissant à leur tour, forment des fleuves plus ou moins importants, suivant l'étendue de leur bassin et l'abondance des pluies qui l'arrosent.

Quel est parmi ces cours d'eau le tronc principal, celui dont les autres ne sont que les membres? Quel est le fleuve et quels sont les affluents? Aucune règle n'est adoptée à cet égard. Il semblerait naturel de fixer le cours du fleuve de manière à lui donner la plus grande longueur possible : mais alors ce ne serait ni le Rhône, ni

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

la Saône, mais bien le Doubs, qui devrait donner son nom à notre grand fleuve du Midi; car le cours d'eau qui, partant des sources du Doubs, aboutit à la Camargue, a 150 kilomètres de plus que le Rhône actuel. Quand deux rivières se rencontrent, on devrait, semble-t-il, regarder la moins importante comme se jetant dans celle dont les eaux sont plus abondantes : et cependant l'Inn débite une plus grande masse d'eau que le Danube, l'Aar que le Rhin, l'Yonne que la Seine. Une autre règle, tout aussi raisonnable, serait d'attribuer au fleuve le nom du cours d'eau qui suit la direction générale la plus régulière : mais alors la Saône, recevant le Rhône à Lyon, devrait se prolonger jusqu'à la Méditerranée; la Cure, grossie de l'Yonne, puis de la Seine, traverserait Paris et se jetterait dans la Manche, au Havre. En réalité, la logique n'a pas grand' chose à voir en cette matière; c'est la tradition seule qui prévaut. D'ailleurs un fleuve et ses affluents ne sont pas indépendants; ils peuvent être comparés à un arbre, dont le tronc et les branches forment un tout, un être indivisible.

Le tribut liquide apporté par les grands fleuves aux divers océans est très inégalement réparti. L'immense océan Pacifique ne reçoit qu'un petit nombre de gros tributaires : le Mékong, le Yang-tzé-Kiang, le Hoang-ho, l'Amour, auxquels on peut ajouter, en Amérique, la Colombia et le Colorado, beaucoup moins importants. C'est dans le bassin, beaucoup plus restreint, de l'Atlantique que viennent tomber les plus grands fleuves du monde : le Parana, l'Amazone, l'Orénoque, le Mississipi, le Saint-Laurent; le Congo, le Niger, le Nil et le Danube; sans parler de nos petits fleuves de l'Europe occidentale. L'océan Indien reçoit le Zambèze, et les fleuves jumeaux d'Asie, Tigre et Euphrate, Indus et Satledje, Gange et Brahmapoutra, dont les quatre derniers sont symbolisés, dans les légendes hindoues, par les animaux sacrés, l'éléphant et le cerf, la vache et le tigre, se précipitent des montagnes sur les plaines de l'Inde. A cette liste des grands fleuves il faut ajouter le Mackensie, l'Obi, l'Iénisséi et la Lena, moitié glace, moitié eau, qui se déversent dans l'océan polaire du Nord.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Toutes les eaux courantes ne viennent cependant pas se rendre dans l'océan. On rencontre, de par le monde, un certain nombre de bassins fermés, petites mers intérieures avec leurs fleuves tributaires et n'ayant aucune communication directe avec l'océan. Elles n'ont pu se former que sur des points où l'évaporation enlevait plus d'eau que les fleuves n'en apportaient : perdant plus d'eau qu'elles n'en recevaient, ces mers se sont peu à peu rétrécies; leur étendue a diminué jusqu'au jour où l'évaporation, se faisant par une moindre surface, est devenue égale à l'apport des eaux. Un équilibre s'est alors établi, et ces mers ont pu conserver des dimensions constantes.

La plupart des bassins fermés sont contenus dans une zone qui s'étend des plaines de la Russie aux limites de la Chine. A l'orient de cette zone sont les hauts plateaux de l'Asie, d'une sécheresse telle, qu'on n'y trouve ni rivières, ni lacs; à l'ouest est la mer Caspienne, le plus important de tous les bassins fermés du globe. Elle couvre en moyenne une surface de 440 000 kilomètres carrés, et son niveau est inférieur de 26 mètres à celui de l'océan. Tel est l'état d'équilibre du bassin; mais lorsque viennent de grandes crues du Volga, cet équilibre est troublé, et le niveau change, ainsi que l'étendue couverte par la mer. En 1867, le niveau s'éleva pour ce motif de 61 centimètres, et mit trois ans à reprendre sa hauteur normale. La Caspienne reçoit de nombreux tributaires : les principaux sont l'Oural et surtout le Volga. Ce grand fleuve, dont le bassin est habité par plus de trente millions d'hommes, a 3500 kilomètres de longueur; avec ses affluents, il présente un développement d'au moins 12 000 kilomètres de rivières navigables, et verse dans la Caspienne 6000 mètres cubes d'eau par seconde, environ la moitié de tout ce qu'elle reçoit.

La région sans écoulement qui s'étend de la Caspienne aux plateaux élevés de l'Asie, est presque aussi grande que l'Europe. Les eaux qui ne s'évaporent pas s'y rendent dans un certain nombre de lacs salés, situés dans des dépressions du sol; leur niveau, inférieur en général à celui de l'océan, s'abaisse pour quelques-uns à 40 et 50 mètres au-dessous de ce repère. Beaucoup de ces

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

lacs marins ont des étendues mal définies, variables avec la sécheresse ou l'humidité des années; certains ont reçu des riverains le nom de mers : les plus importants sont la mer d'Aral et le lac Balkhach. La première, d'une étendue de 65 000 kilomètres carrés, reçoit deux grands cours d'eau : l'Amou-Daria et le Sir-Daria; mais le débit de ces fleuves n'est pas en rapport avec leur longueur, qui atteint presque 2000 kilomètres. Peut-être a-t-il diminué : ce qui expliquerait la disparition d'anciennes communications entre la mer d'Aral et la Caspienne. Le Balkhach, lac salé de 20 000 kilomètres carrés environ, est irrégulier, étroit en beaucoup de points, peu profond : aussi, bien que sa surface soit trente-six fois plus grande que celle du Léman, il ne contient guère que deux fois plus d'eau. Il devait communiquer autrefois avec plusieurs autres lacs salés des environs et former un assez vaste bassin; mais toutes ces surfaces marines, rétrécies par l'évaporation, se sont séparées les unes des autres. Aujourd'hui le Balkhach ne reçoit plus qu'un grand cours d'eau permanent, l'Ili, long ruisseau de 1500 kilomètres de longueur, mais d'un faible débit.

Un autre bassin fermé, célèbre dans l'histoire religieuse, existe dans l'Asie antérieure : c'est la mer Morte, avec son affluent le Jourdain. Le nom de mer est quelque peu prétentieux pour ce lac de 900 kilomètres carrés; mais c'est une mer réduite et concentrée par l'évaporation. Sa surface, entourée de montagnes qui la dominent de 1000 et 1200 mètres, est descendue à 390 mètres au-dessous de la Méditerranée. Ses eaux sont presque saturées de sel : c'est une véritable saumure, dans laquelle les animaux ne peuvent vivre et où l'on ne se baignerait pas sans inconvénient. La diminution progressive de l'étendue de la mer Morte est attestée par les terrasses de galets que l'on rencontre sur tout son pourtour, et où l'on trouve nombre de coquilles vivant encore aujourd'hui dans les eaux de la Méditerranée. Sur la surface ainsi réduite de ce lac, l'évaporation enlève les 30 mètres cubes d'eau versés dans chaque seconde par le Jourdain.

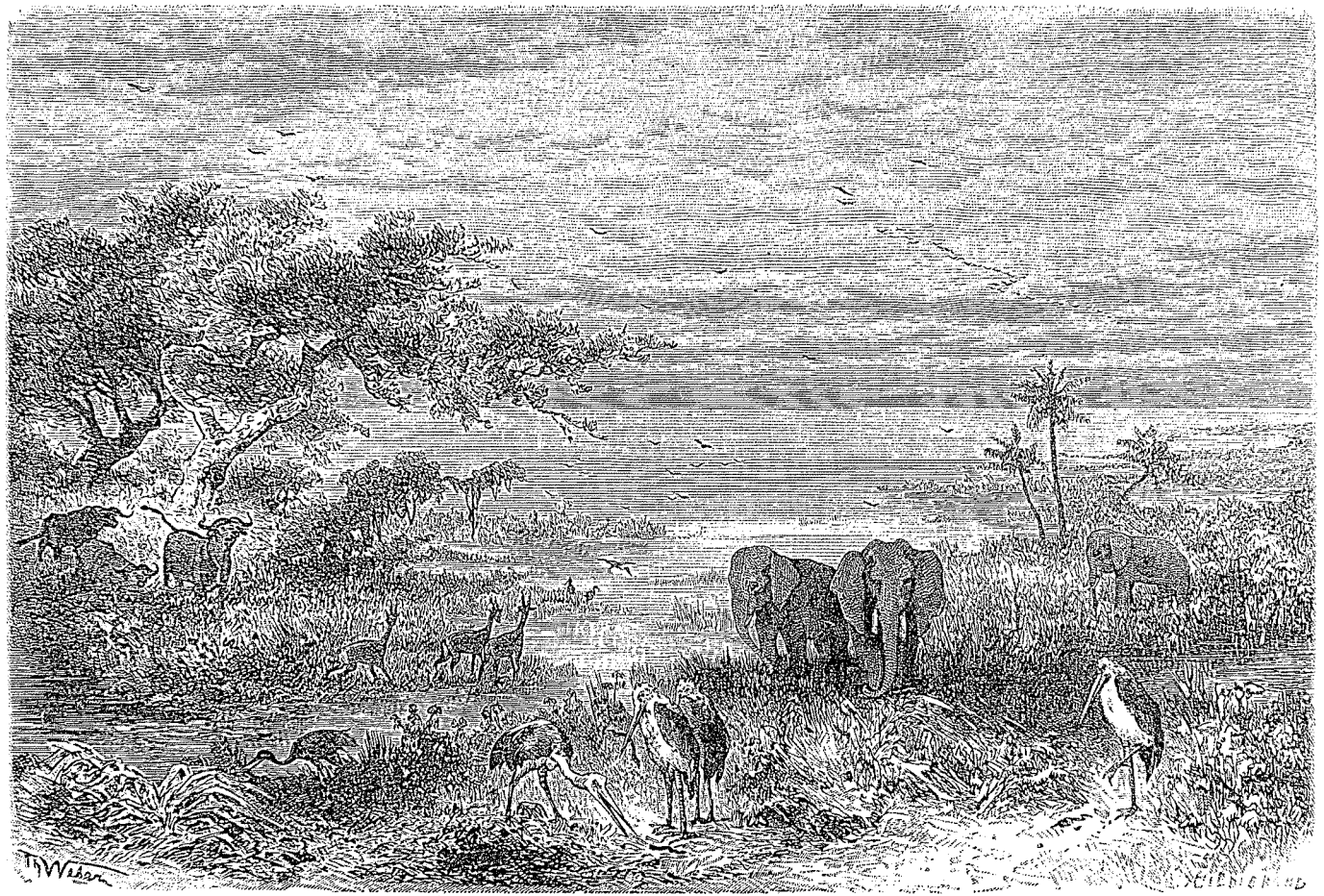
Dans l'Amérique du Nord est un bassin fermé, dont les eaux, comme celles de la mer Morte, sont presque saturées de sel : c'est

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

le Grand Lac Salé de l'Utah, célèbre par l'établissement sur ses bords de la secte des Mormons. Il a 180 kilomètres de long sur 60 de large; mais sa surface a dû être beaucoup plus considérable. C'était alors une véritable mer, située à plus de 1250 mètres au-dessus de l'océan, et recevant les eaux du plateau compris entre les Montagnes Rocheuses et la Sierra Nevada. Comme la mer Morte, elle s'est resserrée par l'évaporation : il paraît même que son niveau a baissé de près d'un mètre depuis 1845. De nombreux lacs salés plus petits et même des bancs de sel disséminés sur le plateau sont, avec le Grand Lac Salé, les résidus de l'ancienne mer intérieure; elle reçoit aujourd'hui quelques cours d'eau, tels que la rivière de l'Ours, le Weber et la rivière que les Mormons appellent le Jourdain. Ce dernier présente avec son homonyme quelque analogie : il sort d'un lac d'eau douce, le lac d'Utah, de même que le Jourdain de Palestine sort du lac de Tibériade.

La salinité des eaux établit une ressemblance entre l'océan et les bassins fermés dont nous venons de parler : il n'en est plus de même pour ceux de l'Afrique. Le lac Tchad, au nord de l'équateur, et le lac Ngami, au sud de la ligne, sont des amas d'eau douce. Le mieux connu, bien qu'imparfaitement encore, est le Tchad, Tsad ou Tzâdé : situé à 250 mètres au-dessus du niveau de la mer, il reçoit les eaux d'un plateau ayant environ 1 800 000 kilomètres carrés. Sa surface, en moyenne de 27 000 kilomètres carrés, varie entre 11 000 et 50 000 : c'est dire que ses rives ne sont nullement déterminées; suivant l'abondance des eaux, elles avancent ou reculent avec les saisons. Comparable aux grands lacs de l'Amérique du Nord par son étendue, il ressemble au Balkhach par sa profondeur, qui ne dépasse pas *deux hauteurs d'homme :* on peut se rendre à cheval à l'île de Seyoroum, située à 20 kilomètres du bord. Le Tchad n'est qu'une vaste surface d'évaporation, alimentée par la rivière Chari; il s'étale, après la saison des pluies, de manière à rejoindre une foule de mares d'eau douce disséminées autour du lac principal. La plus grande partie des eaux du Tchad vient des montagnes situées au midi, dans la région des calmes équatoriaux et des pluies régulières :

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



SUR LES BORDS DU LAC TCHAD.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

aussi est-ce au mois de novembre, quand l'évaporation devient moins active, qu'il atteint ses plus grandes dimensions.

Les cours d'eau qui descendent des hautes montagnes sont alimentés par la fusion des neiges et des glaciers : de chacun de ces derniers s'échappe, en effet, une rivière plus ou moins abondante. Nous avons parlé, au chapitre des glaciers, des origines du Rhône, du Rhin, du Gange, etc. Mais, le plus ordinairement, les fleuves et les rivières sont formés par la réunion des eaux superficielles, qui ruissellent sur le sol après les grandes pluies, et des eaux souterraines reparaissant à la lumière sous forme de sources. Tout le monde a pu remarquer, en outre, qu'une rivière grossit à mesure qu'elle avance; lors même qu'elle ne semble recevoir aucun affluent nouveau : cet effet est produit par les sources nombreuses qui viennent déboucher dans son lit. Lorsque en été on nage dans une rivière, on est fréquemment surpris par le froid subit de l'eau d'une source. Le lit de la rivière, formé par le fond même de la vallée, est dans les meilleures conditions pour contenir les orifices d'écoulement des eaux souterraines. Chaque source, chaque ruisseau apporte son contingent, et tous ces petits ruisseaux réunis font les grandes rivières.

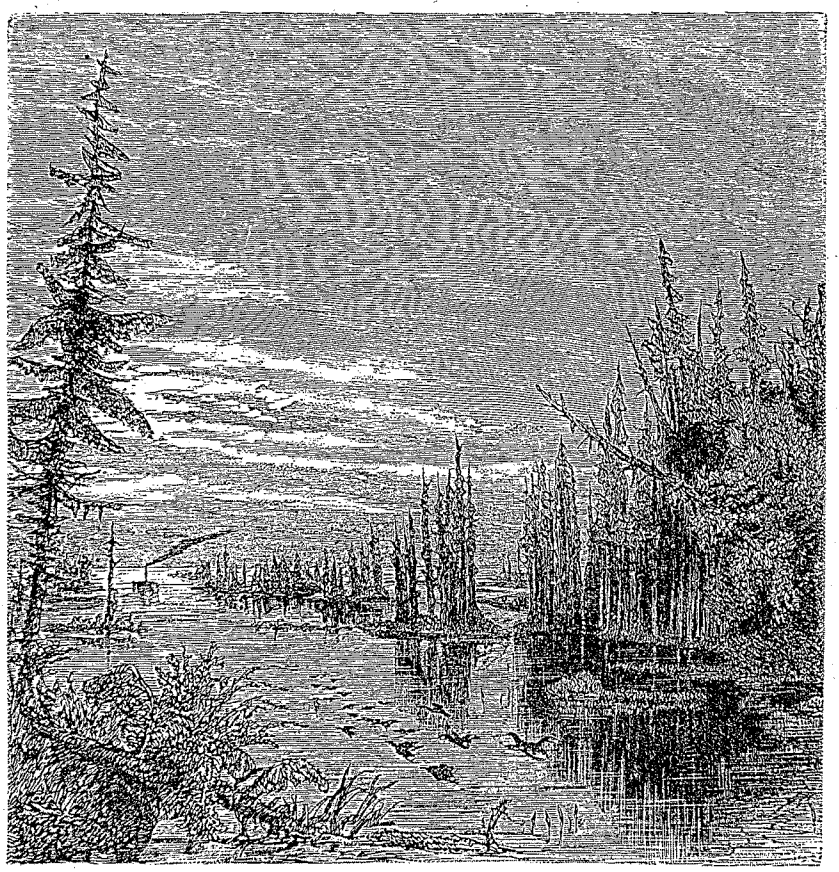
Il y a cependant des cours d'eau qui d'emblée sont des fleuves importants : ils sortent de grands lacs, vastes réservoirs recevant eux-mêmes de nombreux tributaires. Chacun de ces lacs, produit du drainage de surfaces souvent énormes, déverse son trop-plein dans une rivière dont l'importance est en rapport avec celle du lac. Parmi les plus considérables de ces fleuves, nous citerons le Saint-Laurent et le Nil.

Le Saint-Laurent sort des lacs de l'Amérique du Nord, la plus grande accumulation d'eau douce qui existe à la surface du globe : aussi, pendant l'été ou pendant l'hiver, aux époques de pluie ou de sécheresse, son débit reste sensiblement constant. A chaque seconde, il verse dans l'Atlantique 15 à 20 000 mètres cubes d'une eau remarquable par son extrême limpidité. Sa longueur, depuis le lac Ontario jusqu'à la mer, est d'environ 1200 kilomètres : sa

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

largeur, qui est déjà de 12 kilomètres à Québec, atteint 150 kilomètres à son embouchure.

De Montréal au lac Ontario, la navigation de ce beau fleuve est gênée par quelques *saults* ou rapides; les navires les évitent au moyen d'une canalisation latérale. Cette grande voie de commu-



LES MILLE ILES A L'ENTRÉE DU LAC ONTARIO.

nication est de plus fermée, pendant six mois de l'année, par les glaces qui recouvrent le Saint-Laurent jusqu'à son embouchure. Sa sortie de l'Ontario est magnifique : sur une longueur de 50 kilomètres et sur une largeur de 10 à 12, le fleuve se ramifie presque à l'infini. Son cours ressemble à une forêt inextricable, où il semble impossible qu'un navire puisse se frayer une route. Ce sont

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

les *Mille Iles*, immense archipel d'îles, d'îlots, de rochers, tous couverts de la plus riche végétation forestière. On dirait un immense parc, dont les eaux bleues du fleuve seraient les pelouses. Tous ces bois absolument déserts forment un pêle-mêle étrange que les bateaux à vapeur mettent plusieurs heures à franchir avant de pénétrer dans l'Ontario.

Le bassin du Saint-Laurent dépasse 1 300 000 kilomètres carrés. Les pluies qui tombent sur une partie de cette surface, alimentent d'abord les cinq grands lacs dont le Saint-Laurent est le déversoir. Voici les dimensions de ces lacs, véritables mers d'eau douce.

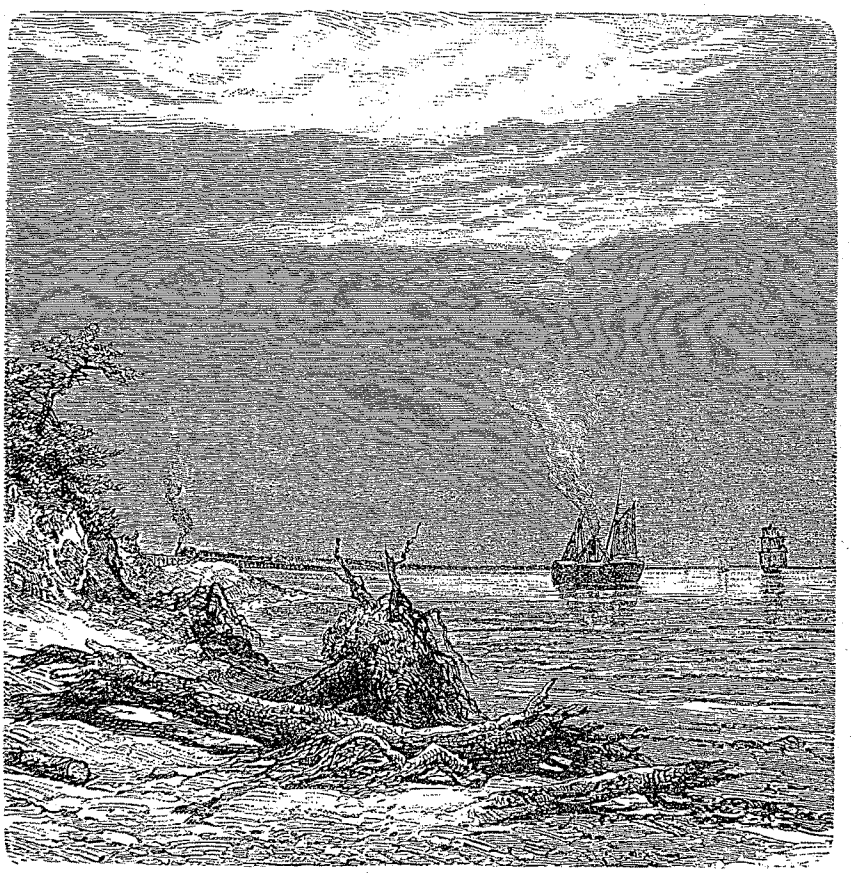
GRANDS LACS AMÉRICAINS	ALTITUDE au-dessus du NIVEAU DE LA MER	PROFONDEUR EXTRÊME	PROFONDEUR MOYENNE	LONGUEUR	LARGEUR	SUPERFICIE
	MÈTRES	MÈTRES	MÈTRES	KILOMÈT.	KILOMÈT.	KIL CARRÉS
Lac Supérieur.	182	313	220	675	250	81000
Lac Michigan.	176	265	90	580	150	57000
Lac Huron.	176	215	75	400	250	52000
Lac Érié.	171	62	15	400	105	24600
Lac Ontario	70	185	120	290	75	16200

Pour juger de l'immensité des lacs américains, il suffit de les comparer à notre *grand* lac de Genève. Avec ses 80 kilomètres de long, ses 10 à 12 kilomètres dans la plus grande largeur et ses 578 kilomètres carrés de surface, il représente à peine la cent cinquantième partie du lac Supérieur. Maury estime que les lacs américains contiennent les deux tiers de l'eau douce du globe. Cette évaluation est exagérée; mais la masse d'eau accumulée dans ces lacs suffirait néanmoins pour alimenter, pendant plus de 30 ans, un fleuve aussi puissant que l'Amazone, débitant 70 000 mètres cubes d'eau par seconde.

Le lac Huron communique largement avec le lac Michigan, dont le niveau est le même; il reçoit les eaux du lac Supérieur par la rivière Sainte-Marie et se déverse lui-même dans le lac Érié

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

par la rivière et le petit lac Sainte-Claire. Quant aux lacs Érié et Ontario, dont la différence de niveau est de 100 mètres, ils communiquent ensemble par le célèbre Niagara; celui-ci apporte à l'Ontario, et par suite au Saint-Laurent, les eaux des quatre



LAC MICHIGAN.

grands lacs dont le niveau est plus élevé. Cette différence de niveau a donné naissance à l'une des merveilles du monde, la chute du Niagara.

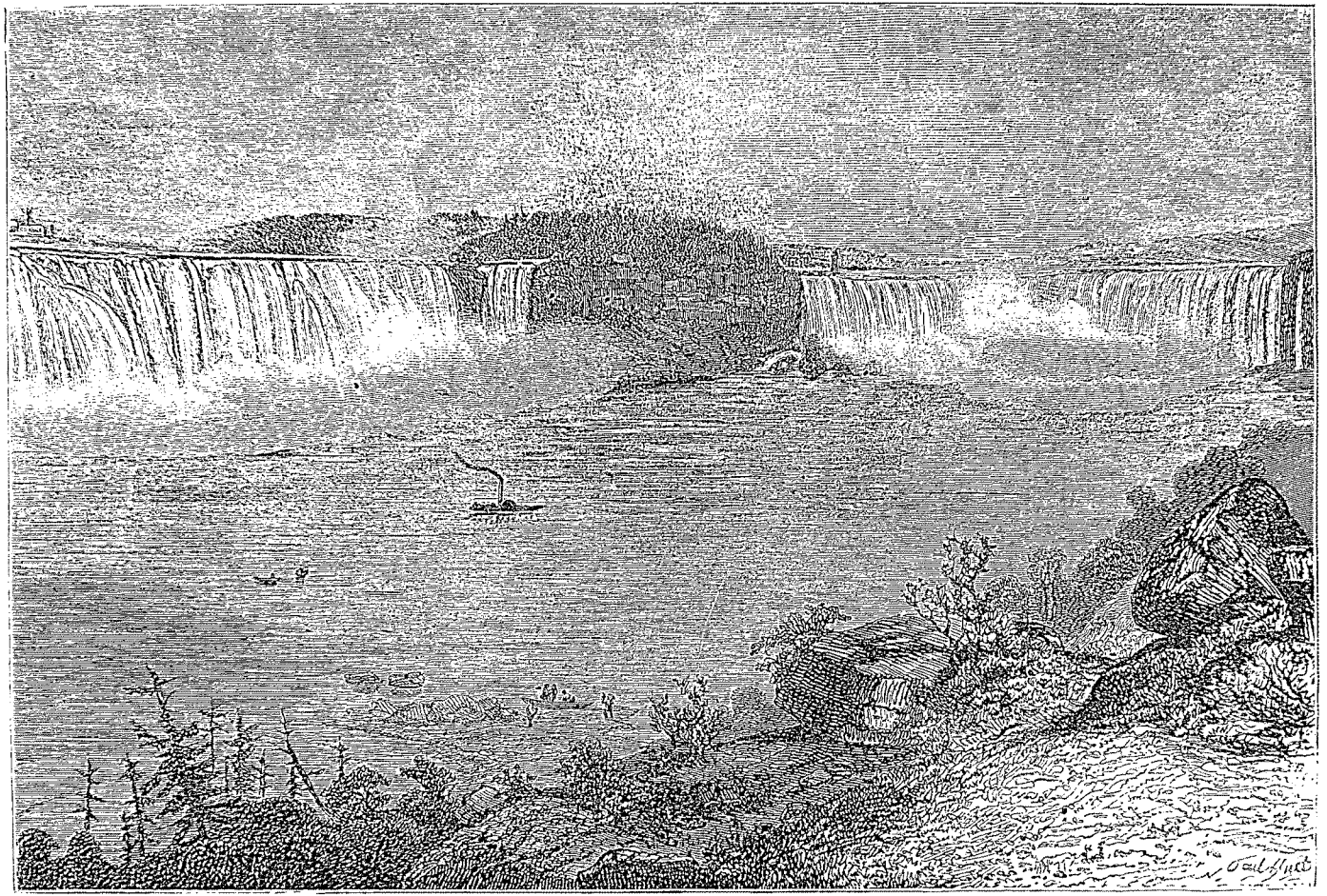
Au sortir du lac Érié, le Niagara coule à pleins bords, dans un large lit : après avoir contourné une grande île, la rivière se heurte contre une île plus petite, l'île de la Chèvre, de chaque côté de laquelle elle se précipite, en une double cataracte d'une hau-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

teur de 50 mètres environ. Comme le Niagara forme la séparation des États-Unis et du Canada, la chute de la rive gauche (à droite de la gravure) est la chute canadienne : c'est la plus importante; sur la rive droite est la chute américaine. La masse des eaux du Niagara est très diversement estimée : certains auteurs ne l'évaluent qu'à 1000 ou 1100 mètres cubes par seconde; d'autres vont jusqu'à 7000 et même 11 000 mètres cubes. La première évaluation paraît bien modérée; mais la seconde est certainement trop forte, eu égard au débit du Saint-Laurent au sortir de l'Ontario. Cette masse, en tombant dans le bassin inférieur, produit un bruit assourdissant, qui a valu à la rivière son nom de Niagara, ou *tonnerre des eaux :* du fond de l'abîme s'élève une épaisse buée, une poussière aqueuse, dans laquelle les rayons du soleil produisent de nombreux fragments d'arc-en-ciel. En hiver, l'aspect des chutes n'est pas moins curieux : on entend bien le grondement des cascades, mais elles disparaissent derrière des murailles de glace et des milliers de stalactites scintillantes.

L'une des descriptions les plus connues du Niagara est celle qu'en a donnée Chateaubriand; elle brille surtout par la richesse d'imagination dont le poétique écrivain a fait preuve. C'est lui qui a vu ou cru voir « les aigles, entraînés par le courant d'air, descendre en tournoyant au fond du gouffre, et les carcajoux se suspendre par leurs longues queues au bout d'une branche abaissée, pour saisir dans l'abîme les cadavres brisés des élans et des ours ». Le Niagara de nos jours n'a plus cette sauvage grandeur; il a beaucoup perdu en devenant trop civilisé. Partout des maisons, des hôtels, des cafés, des magasins : on ne peut plus tourner la tête sans être assailli par une armée de guides. Une partie, minime il est vrai, de l'eau des chutes a été détournée pour faire mouvoir des usines : des barrières ont été dressées, de sorte que chaque coup d'œil jeté sur la cataracte a son tarif spécial. La plus belle vue est celle dont on jouit du haut du *Pont suspendu* (prix : 1 fr. 25) : moyennant 2 fr. 50, on descend en chemin de fer jusqu'au pied de la chute américaine et une barque vous transporte, à travers les brisants et les remous, sur la rive canadienne.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

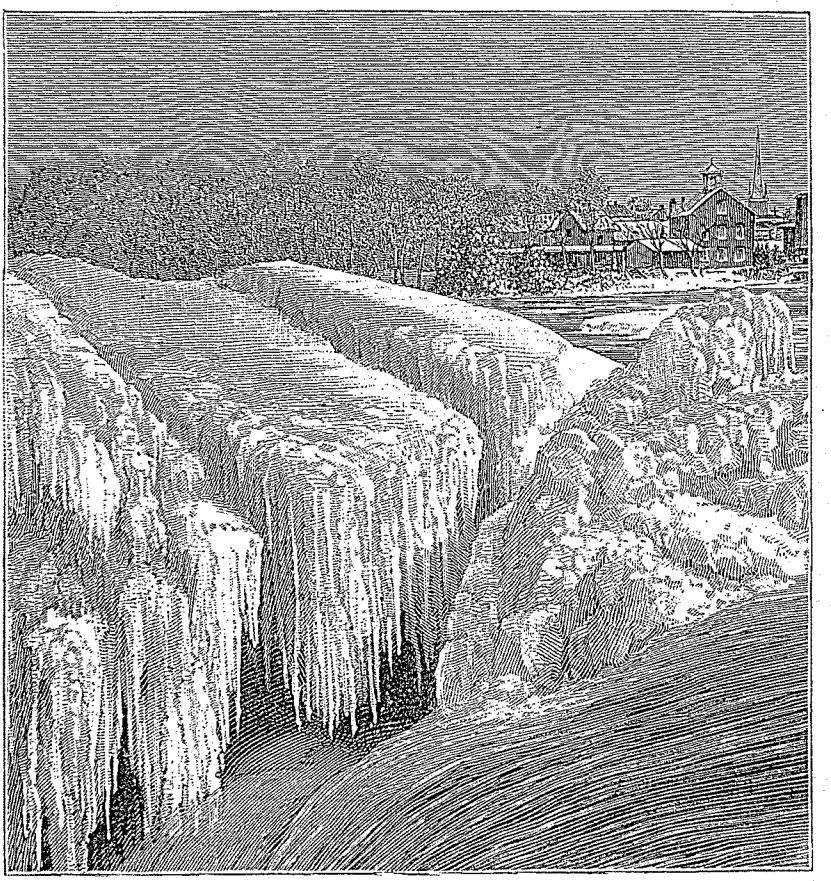
C'est d'ailleurs un spectacle splendide que celui de ces roches glissantes, à travers lesquelles sont jetées des passerelles : on approche assez près du torrent pour être assourdi, aveuglé et mouillé de pied en cap. Mais ce n'est pas tout : le visiteur revêtu d'un costume de toile cirée peut s'avancer sous la cascade (prix : 1 dollar, 5 francs). Le rocher, d'où le flot se précipite, forme une sorte de voûte au-dessus de la tête; on avance, en se collant à la paroi, sur un sentier qui se rétrécit de plus en plus : à deux pas, la masse liquide se précipite en mugissant. C'est un antre, un enfer aquatique dont on ne sort pas sans une certaine satisfaction, car ce rocher qui protège votre tête est destiné à tomber quelque jour.

Le seuil de la cascade est formé, en effet, par un banc de calcaire sur lequel coule le Niagara : au-dessous est une couche de marnes de 25 mètres d'épaisseur, reposant elle-même sur des grès tendres. Les marnes et les grès qui constituent la paroi verticale sont constamment minés par l'eau qui rejaillit après sa chute; ils se délayent peu à peu, et le banc de calcaire forme une sorte de corniche qui surplombe et s'allonge de plus en plus : c'est sous cette voûte que l'on s'avance, entre la paroi de grès et le mur liquide de la cataracte. De temps en temps, la corniche calcaire, pressée par le poids de la nappe d'eau supérieure, s'écroule par portions, de sorte que la chute recule progressivement et change peu à peu d'aspect et de forme. Ce mouvement de recul est en moyenne de 20 à 30 centimètres par an.

Au-dessous de la cascade, sur une longueur de 11 kilomètres, le Niagara coule, jusqu'à Queenstown, dans un lit étroit et profondément encaissé : les parois de cette gorge, analogue aux *cañons* du Colorado, ont de 60 à 75 mètres de hauteur; c'est une véritable brèche ouverte par l'eau dans un escarpement au pied duquel s'étend le lac Ontario. Il est évident que la chute primitive était au bord de l'escarpement; elle a reculé jusqu'à la place actuelle, en creusant la gorge qui forme maintenant le cours inférieur du Niagara; dans quelque temps, l'île de la Chèvre aura disparu, la cascade se rapprochant de plus en plus du lac Érié.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Au milieu du continent africain, dans le voisinage de l'équateur, existe une autre région couverte de lacs comparables par leur étendue aux grands lacs américains. Les principaux sont le Victoria-Nyanza, le Tanganika et l'Albert-Nyanza, appelé par les indigènes Mwoutan-Nzigé, ou Mer des Sauterelles. La plus grande



LE NIAGARA EN HIVER.

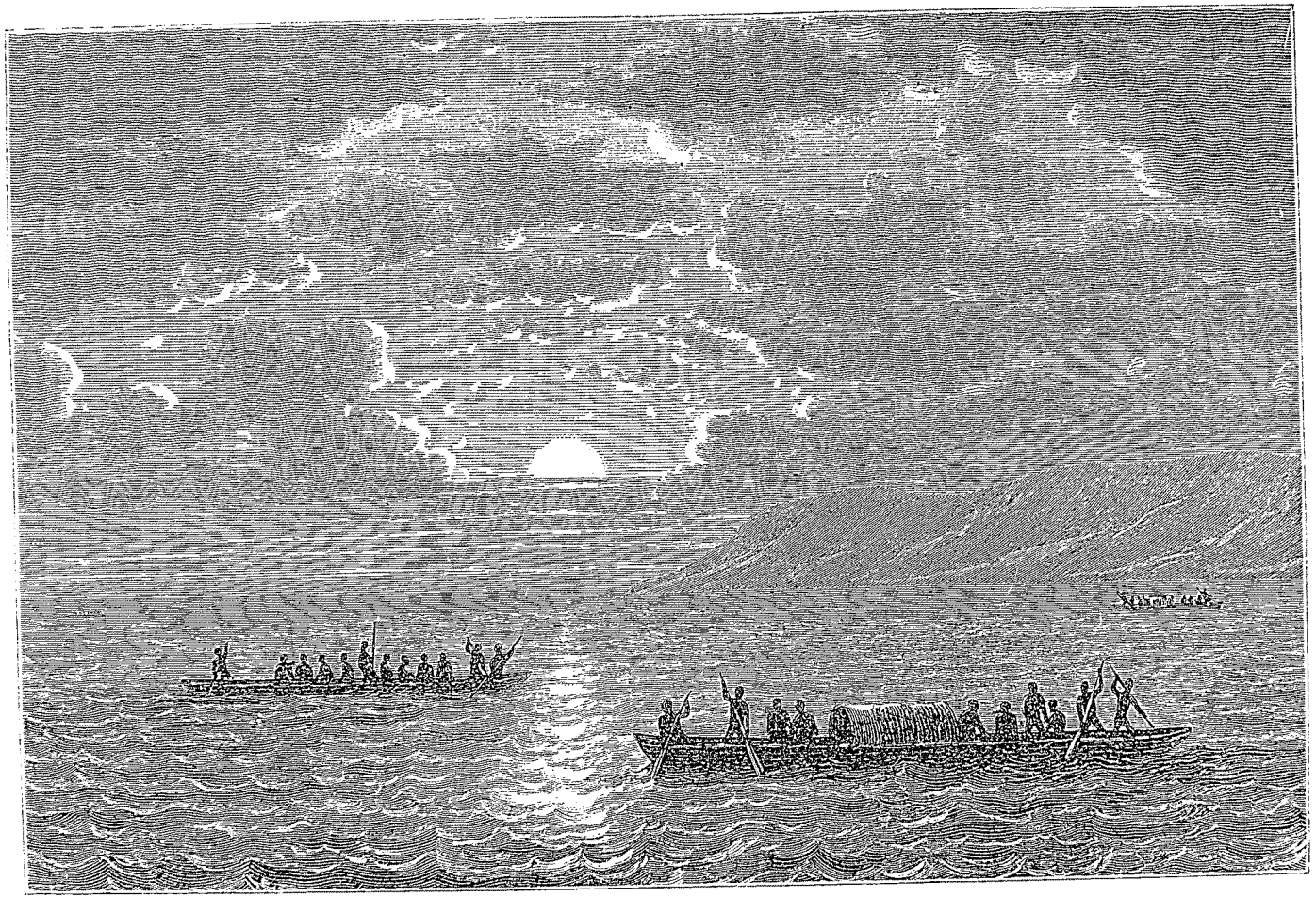
de ces mers d'eau douce est le lac Nyanza, auquel Speke, qui le découvrit, donna, suivant l'habitude anglaise, le nom de la souveraine de la Grande-Bretagne. Le Victoria-Nyanza, dont la surface est de 65 000 à 70 000 kilomètres carrés, n'est surpassé en étendue que par le lac Supérieur; mais comme sa profondeur paraît être plus considérable, ce serait la plus grande masse d'eau douce de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

tout le globe. Il est situé sur un plateau à 1000 ou 1200 mètres d'altitude et à 500 kilomètres seulement de l'océan Indien. Ce n'est pourtant ni vers celui-ci, ni vers l'Atlantique que se dirigent ses eaux : le Nil sort en effet du Nyanza et, après un parcours de 6500 kilomètres, le fait communiquer avec la Méditerranée.

Parmi les nombreux affluents qui jettent leurs eaux dans le Nyanza, le plus important est le Tangouré, auquel les explorateurs ont donné le nom de Nil d'Alexandra. Il prend sa source dans une région montueuse, à une centaine de kilomètres au sud de l'équateur, et à 5900 kilomètres en ligne droite de la Méditerranée. Cette source peut donc être regardée comme celle du Nil, dont l'origine a été si longtemps inconnue. Le fleuve, sorti du Nyanza, arrive après une première cascade (*chute de Ripon*) au petit lac Gita-Nzigé. Après l'avoir traversé, le Nil, large de 400 mètres environ, descend par une série de rapides jusqu'aux *chutes de Murchison* et pénètre ensuite dans l'Albert-Nyanza. Ce lac est plus petit que le Victoria-Nyanza : il a cependant 150 kilomètres de longueur et 50 de largeur. Son altitude n'est que de 700 mètres au-dessus du niveau de la mer, et, par conséquent, à son arrivée dans le lac Albert, le Nil est déjà descendu de la moitié de la hauteur comprise entre la Méditerranée et le plateau où il prend naissance. Son cours devient alors moins rapide, sans cependant être navigable : jusqu'aux îles de Philæ et d'Éléphantine, il franchit une série de rapides encombrés de roches; ce sont les sept fameuses cataractes du Nil. Aussi lorsque le vice-roi d'Égypte voulut amener des bateaux à vapeur jusqu'à l'Albert-Nyanza, il fallut les démonter et les porter par morceaux à travers les marais, les broussailles et les rochers. C'est dans cette partie de son cours que le Nil reçoit ses principaux affluents, le *fleuve des Girafes*, le *fleuve des Gazelles* et surtout le *Nil Bleu*, venu des montagnes de l'Abyssinie. A la première cataracte, le Nil pénètre dans cette longue vallée qui s'appelle l'Égypte, vallée qu'il a créée et qu'il nourrit. Depuis les sources du Tangouré jusqu'à la Méditerranée, le Nil aurait plus de 7000 kilomètres : ce serait donc, après le Missouri-Mississipi, le plus long fleuve du monde. Mais,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

venu des régions équatoriales et traversant des pays brûlants où l'évaporation est des plus actives, il ne roule, en temps ordinaire, qu'un volume d'eau bien inférieur à celui de la plupart des grands fleuves.

Pendant longtemps on a cru que le Tanganika, le second des lacs africains par ses dimensions, communiquait avec l'Albert-Nyanza et qu'il déversait aussi ses eaux dans le Nil. Mais les explorations les plus récentes ont montré que les deux lacs n'avaient aucune communication. Le Tanganika est un affluent du Congo et envoie, par conséquent, ses eaux directement à l'Atlantique.

II. — DÉBIT DES FLEUVES. — CRUES ET INONDATIONS. — EMBACLES ET DÉBACLES DES GLACES.

La quantité d'eau qu'un fleuve porte à la mer est très variable : elle dépend, en effet, de l'abondance des pluies tombées dans son bassin; or rien n'est moins uniformément distribué que les chutes d'eau atmosphérique. Chaque série de grandes pluies devient pour les rivières une cause de gonflement des eaux, de sorte que leur état oscille entre deux extrêmes : l'*étiage*, période tranquille, où le débit s'abaisse quelquefois à tel point que le lit reste à sec; les *crues*, dont l'importance dépend non seulement de la quantité d'eau tombée du ciel, mais de la nature plus ou moins perméable du terrain, et de la richesse de végétation qui le recouvre. Les eaux qui ruissellent sur un sol imperméable arrivent, en effet, presque immédiatement aux rivières; elles produisent des crues abondantes et rapides : celles qui pénètrent dans un sol perméable et sont en partie absorbées par les plantes, n'occasionnent que des crues lentes et progressives. Il en résulte qu'une rivière offre à la fois un *lit majeur*, recouvert seulement en temps de grandes crues, et un *lit mineur*, dont la rivière se contente le plus ordinairement.

La surface de la France (519 000 kilomètres carrés) est divisée

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

en un assez grand nombre de bassins fluviaux : les pluies n'y sont pas fort abondantes, puisqu'elles représentent une moyenne de 77 centimètres d'eau seulement; enfin, plus de la moitié de l'eau de pluie retourne directement à l'atmosphère par l'évaporation. Pour toutes ces raisons, nos fleuves ne sont que de faibles ruisseaux, lorsqu'on les compare à des cours d'eau ayant, comme l'Amazone, un bassin de 7 millions de kilomètres carrés, quatorze fois la surface totale de la France. Le tableau suivant donne une idée de l'importance de nos quatre principaux fleuves.

FLEUVES	LONGUEUR	BASSINS	MOYENNE DES PLUIES	DÉBIT moyen PAR SECONDE
	KILOMÈTRES	KILOM. CARRÉS	MÈTRES	MÈTRES CUBES
Seine.	776	77 511	0,631	694
Loire.	980	115 146	0,691	985
Gironde-Garonne.	992	90 550	0,823	1178
Rhône, Saône, Doubs.	1025	98 667	0,950	1718

Le Rhône est donc celui dont le débit est le plus considérable : c'est aussi celui dont les crues sont les plus abondantes. Trois de ses affluents venus des Cévennes, l'Ardèche, l'Érieux et le Doux, ne lui apportaient, en 1857, pas moins de 14 000 mètres cubes d'eau par seconde. Aussi le débit du Rhône, lors des grandes crues, peut-il atteindre vingt-huit fois celui de l'étiage.

La Seine, *à Paris*, offre un débit d'étiage de 75 mètres cubes environ, qui descend à 40 lors de certaines sécheresses exceptionnelles : il est en moyenne de 130 mètres cubes. Par les grandes crues, il s'élève à 1400 mètres cubes, soit vingt fois plus qu'à l'étiage. La crue de 1802 s'est élevée à 2000 mètres cubes et celle de 1658 à 2400, d'après les calculs de M. Belgrand.

La Somme est, en France, le type de la rivière stable; le débit des crues ne dépasse pas quatre fois celui de l'étiage. La Loire est, au contraire, un type de fleuve variable. A Orléans, elle débite

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

25 mètres cubes à l'étiage, 130 mètres cubes à l'état moyen et 10 000 mètres cubes pendant les crues; la masse d'eau roulée par ce fleuve est alors *quatre cents fois* plus grande qu'à l'étiage. C'est qu'en effet la Loire est alimentée par de nombreux torrents descendus des montagnes de l'Auvergne et du Forez. De plus, tandis que dans le bassin de la Seine les terrains perméables forment les trois quarts de la surface totale, l'inverse a lieu dans le bassin de la Loire, où les conditions favorables au ruissellement se trouvent ainsi réunies.

Le plus grand fleuve d'Europe est le Danube, que l'on a bien mal à propos qualifié de *Danube bleu*, car il est peu de rivières dont les eaux soient aussi jaunes et limoneuses. Moins long que le Volga, le Danube n'a que 2900 kilomètres de cours; mais son débit est presque double et s'élève à 10 000 mètres cubes par seconde. C'est déjà un grand fleuve, surtout si l'on tient compte de la faible étendue de l'Europe : les cours d'eau les plus importants doivent en effet se rencontrer dans les vastes surfaces continentales. Les plus longs sont les suivants :

	Longueur
Missouri-Mississipi	7050 kilomètres.
Nil (avec le Tangourè)	7000 »
Nil (à partir du Victoria-Nyanza)	6270 »
Amazone avec l'Apourimac	6000 »
Irtisch-Obi	5685 »
Angara-Iénisséi	5500 »
Vitim-Lena	5465 »
Yang-tzé-kiang	4650 »

Les bassins fluviaux les plus étendus du globe sont :

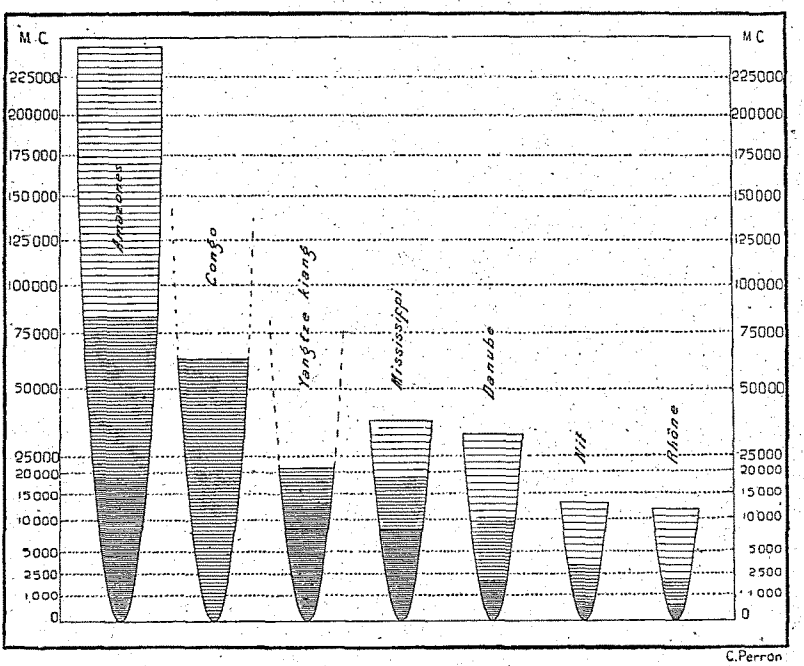
Le bassin	de l'Amazone	7 000 000	kilomètres carrés.
»	du Mississipi	3 496 000	» »
»	du Nil	3 350 000	» »
»	du Congo	3 200 000	» »

Mais le débit d'un fleuve n'est pas toujours en raison de sa longueur, ni même de l'étendue de son bassin : nous l'avons déjà

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

vu pour le Nil. Il en est de même pour les fleuves de l'Asie septentrionale, Obi, Iénisséi, Lena : traversant des territoires glacés où les pluies sont peu abondantes, ils ne portent à la mer qu'une masse d'eau relativement faible (10 000 mètres cubes chacun).

Le fleuve d'Afrique dont le débit est le plus considérable est le Congo : par sa masse de 60 000 mètres cubes d'eau à la seconde, il arrive au second rang des fleuves terrestres. Après le Congo,



CRUES, DÉBITS MOYENS ET ÉTIAGES DE QUELQUES FLEUVES.

viennent, en Afrique, le Niger, le Zambèze et le Nil, remarquables par leur longueur, leurs cataractes et l'abondance de leurs eaux. L'Afrique n'est donc pas, comme on l'a cru longtemps, complètement dépourvue d'eau. Tous ses fleuves ne ressemblent pas aux cours d'eau de la grande Kabylie, où l'on finit presque toujours, en cherchant bien, par trouver un gué, et que l'on peut traverser alors en ayant de l'eau jusqu'au genou ou jusqu'à la ceinture. C'est un spectacle curieux que ces traversées : le chef de famille marche en avant, tirant son âne, sur lequel la femme a bien rare-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

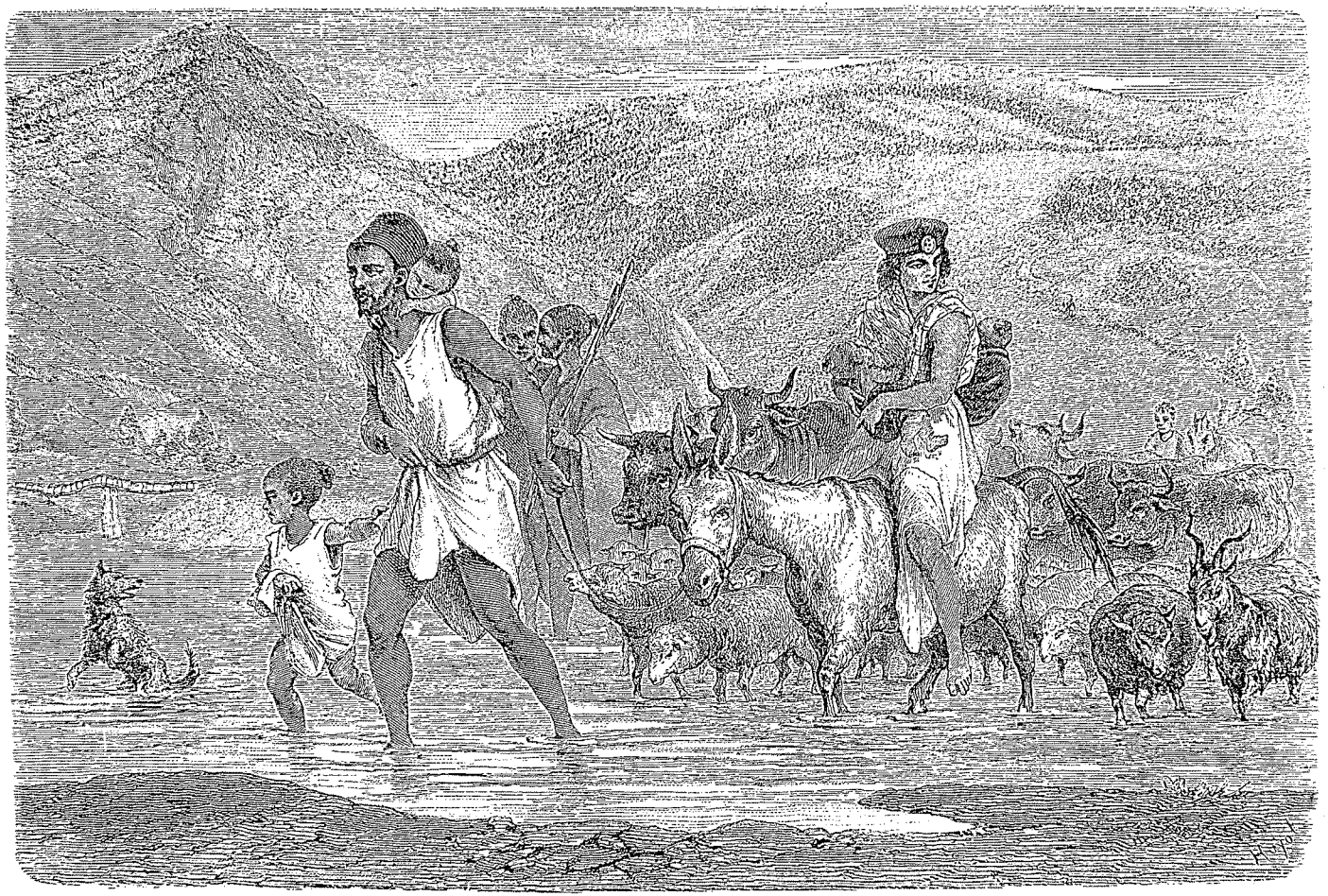
ment la permission de monter; les enfants sont portés sur le dos ou sur les épaules; le troupeau suit l'âne, dès que l'on est parvenu à décider celui-ci à se mouiller les pieds.

En Asie, le Yang-tzé-kiang et le Mékong sont les fleuves dont le débit moyen est le plus considérable. On regarde généralement le premier comme le plus important et le plus régulier : aussi lui donne-t-on souvent le troisième rang parmi les fleuves de la terre. Les cours d'eau de l'Inde sont remarquables par leur variabilité : ainsi la portée moyenne du Gange est de 12 à 15 000 mètres cubes; mais son débit peut se réduire à 600 mètres cubes pendant les sécheresses, ou s'élever à 50 000 pendant la saison pluvieuse. La Sone, un des affluents du Gange, n'est pendant la sécheresse qu'un simple filet d'eau de 15 à 20 mètres cubes; mais, après les averses, son courant est parfois aussi fort que celui du Gange et roule jusqu'à 45 000 mètres cubes d'eau. Son lit est une sorte de plaine de sable que les chariots mettent plusieurs heures à traverser : on y a jeté pour le chemin de fer un pont de 1280 mètres de longueur, composé de vingt-huit travées, l'une des plus merveilleuses des constructions modernes.

On ne trouve pas partout des moyens aussi commodes de franchir les barrières que les fleuves opposent aux communications. Les populations voisines du Tigre le traversent à la nage : hommes et femmes, constamment à l'eau, ont quelque rapport avec les amphibies. Les nageurs, il est vrai, s'aident d'une outre gonflée d'air, sur laquelle ils s'appuient et qui remplace les vessies des élèves en natation. Des laitières viennent à la nage offrir leur denrée aux voyageurs : ces naïades portent deux jattes de lait, l'une sur la tête, l'autre à plat sur la paume de la main gauche renversée et relevée au-dessus de l'eau. Brunes comme les femmes arabes du Nil Blanc, elles ont alors une attitude qui rappelle celle des sphinx. Une mince draperie jetée négligemment autour d'elles enveloppe leur corps, sans gêner leurs mouvements.

L'Amérique du Nord renferme le plus long fleuve du globe, le Mississipi, et l'Amérique du Sud le plus important par la masse des eaux, le fleuve des Amazones. De sa source, au lac Itosca,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



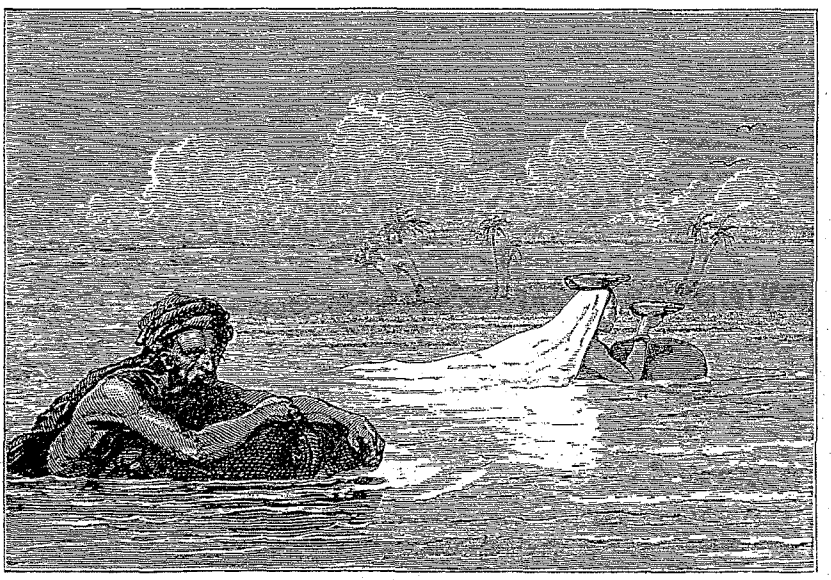
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

jusqu'à son embouchure, le Mississipi n'a guère plus de 5000 kilomètres; mais si l'on ajoute au cours inférieur du Mississipi la longueur de son principal affluent, le Missouri, on arrive à un développement de plus de 7000 kilomètres. A 30 kilomètres environ au-dessus de la ville de Saint-Louis, est le confluent des deux grands cours d'eau. C'est un magnifique spectacle, pendant les crues, alors que les deux courants, larges de plus d'un kilomètre chacun, viennent se heurter l'un contre l'autre. Une ligne ondulée sépare l'eau jaune du Missouri de l'eau bleue du Mississipi. Là se rencontrent ces radeaux, formés de troncs d'arbres enchevêtrés, que le Missouri a arrachés de ces rives et emportés dans ses eaux limoneuses. Longtemps les deux fleuves roulent côte à côte, et l'on voit sur la rive gauche le courant limpide du Mississipi; mais enfin le mélange s'opère et le courant roule vers la mer, comme une masse de boue liquide.

Le Mississipi est la grande artère fluviale de l'Amérique du Nord. Il est constamment sillonné par de grands navires à vapeur, à deux étages de cabines, surmontés d'une terrasse élevée de près de 15 mètres au-dessus de la surface du fleuve. Pendant les dix ou quinze jours qu'ils mettent à remonter de la Nouvelle-Orléans à Saint-Louis ou à Cincinnati, les passagers ont tout le temps d'admirer le paysage, peu varié d'ailleurs, et d'alterner leurs visites entre la salle à manger, la buvette et la tabagie. Un des passe-temps favoris de ces longs voyages est la lutte de vitesse avec les bateaux que l'on rencontre marchant dans la même direction : lutte passionnée, pour laquelle on chauffe les chaudières jusqu'à les faire éclater. Cette circulation continuelle a quelque peu dérangé les crocodiles, jadis si nombreux dans les eaux du Mississipi : aujourd'hui ils habitent surtout les marécages voisins de l'embouchure du fleuve. Ces voraces animaux y trouvent une abondance de gibier : aussi ne s'attaquent-ils pas ordinairement à l'homme; cependant il arrive qu'ils le happent au passage, surtout si c'est un nègre. Le moyen le plus employé pour s'en débarrasser consiste à enfoncer, dans la gueule horriblement ouverte du caïman, une grosse bûche que l'on tient à bout de bras.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Le fleuve des Amazones doit son nom aux tribus d'Indiennes guerrières qui, dit-on, habitaient autrefois sur ses bords. Il prend sa source dans les montagnes voisines de l'océan Pacifique, et apporte à l'Atlantique le drainage de 7 millions de kilomètres carrés. Coulant dans la direction de l'équateur, il sépare les deux hémisphères et débouche dans la mer par un estuaire de 300 kilomètres de largeur. En y comprenant ses affluents, ses fausses rivières, ses *igarapés* ou bras latéraux, il est navigable sur plus



NAGEUR ET LAITIÈRE DU TIGRE.

de 50 000 kilomètres! Sa profondeur dépasse souvent 50 et quelquefois 100 mètres; sa largeur est telle, qu'aux confluents du Madeira, du Tapajoz, du Rio Negro, on voit l'horizon reposer sur les eaux comme en pleine mer. Son étiage est de 70 000 mètres cubes par seconde; mais, pendant les crues, le débit à Obidos, c'est-à-dire à plus de 500 kilomètres de l'embouchure, dépasse déjà 250 000 mètres cubes.

Tout le cours du fleuve, tous les canaux tortueux circulant à travers les îlots de ses milliers d'archipels, sont bordés d'une inextricable forêt. Les arbres les plus divers s'y pressent en foule : on

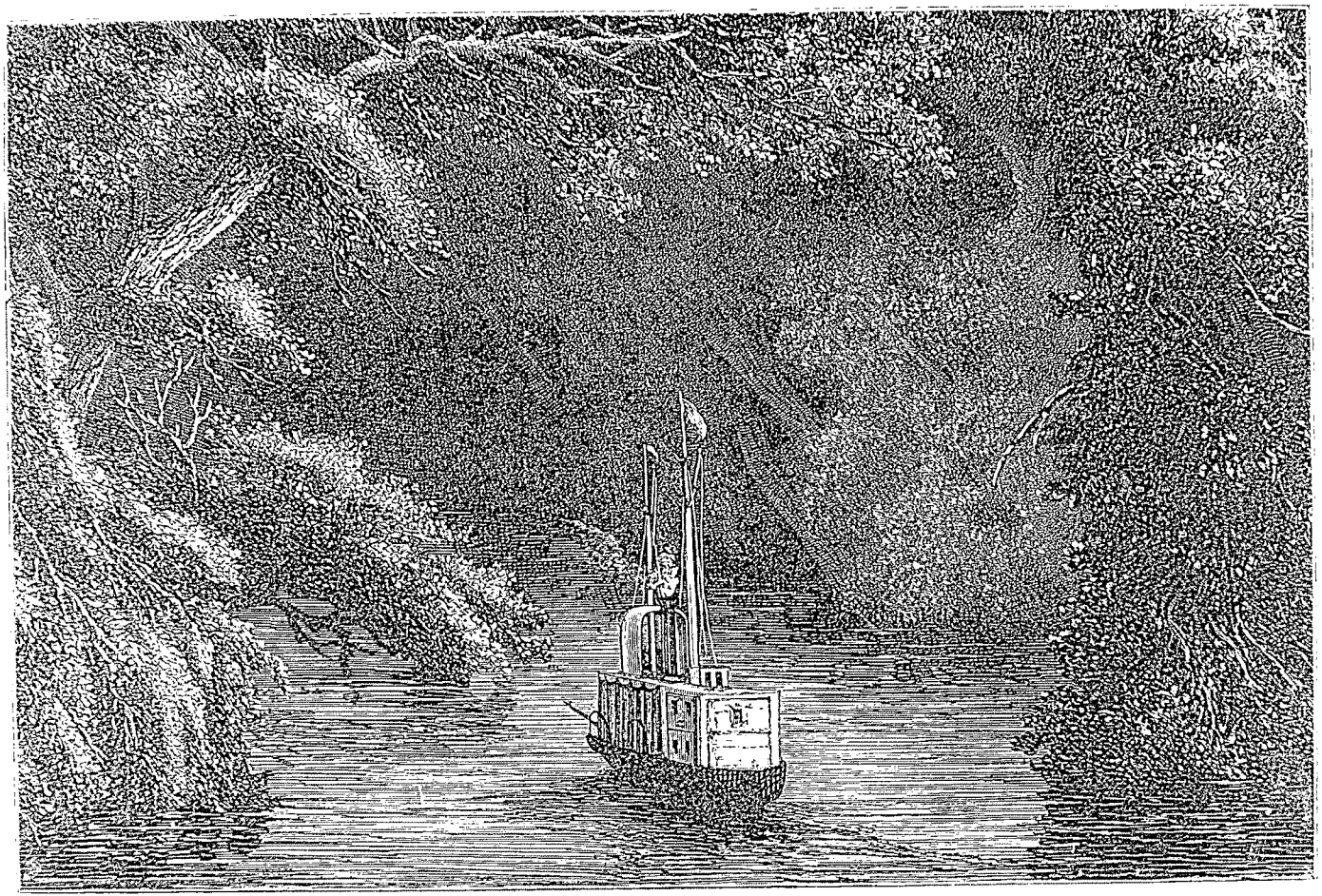
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

y trouve plus de vingt espèces de palmiers; puis viennent le cacaoyer, le caféier, le cotonnier, l'oranger, l'arbre à pain, le bois de brésil, le cèdre, le rocou, l'arbre à caoutchouc, la salsepareille, etc., etc. Et cependant ce bassin si fertile est le plus désert de l'Amérique : les bêtes sauvages, les reptiles, les moustiques en rendent le séjour intolérable; la végétation y est tellement active, la fertilité du sol y est telle, que les cultures y sont étouffées par les plantes spontanées. Pendant les crues, le niveau de l'eau s'élève de plus de 12 mètres; tout est submergé, renversé; on voit passer au fil de l'eau d'énormes radeaux formés de troncs entrelacés; ailleurs une immense étendue est couverte d'herbes et fait ressembler la surface de l'Amazone à une vaste prairie. « Pour le colon, le fleuve est trop large et trop rapide, la terre trop fertile, la pluie trop abondante, la chaleur trop forte. »

Les crues des rivières et les inondations qu'elles occasionnent sont tantôt accidentelles, tantôt régulières et périodiques. Les premières sont produites par une abondance exceptionnelle de pluies tombant sur la totalité ou sur une partie du bassin, ordinairement la plus élevée. Les crues de la Garonne, par exemple, prennent naissance dans les Pyrénées, et peuvent être prédites au moyen des observations faites au Pic du Midi. Souvent le débit des grands fleuves se trouve régularisé par suite d'une sorte de compensation entre l'état des divers affluents. C'est ce qui arrive pour le Rhône : son cours supérieur, alimenté par la fusion des glaciers, entre en crue pendant l'été, tandis qu'à cette époque le débit de la Saône est d'ordinaire trois ou quatre fois moindre qu'en hiver ou au printemps.

Les crues régulières s'observent surtout pour les fleuves venant des régions tropicales : dans ces climats, on voit, à des époques fixes, des pluies extraordinaires succéder à une sécheresse absolue. La plus célèbre de ces inondations périodiques est celle du Nil. C'est vers le 10 juin que le fleuve commence à monter. La crue, d'abord lente, augmente rapidement à partir du 15 juillet, époque où la montée du Nil Bleu, venant de l'Abyssinie,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

s'ajoute à celle du Nil Blanc, descendu du Nyanza. Vers la fin d'août, le Nil est dans son plein ; cependant l'inondation augmente encore légèrement jusqu'au 7 octobre, où les eaux atteignent leur point culminant. A partir de ce moment, la descente se fait régulièrement. C'est dans la partie supérieure de la vallée que la hauteur des eaux est le plus grande : elle atteint 16 à 17 mètres à Assouan, tandis qu'elle ne dépasse pas 6 à 7 mètres au Caire.

Les inondations produisent des effets désastreux dans les pays habités, ou même dans les campagnes, lorsque les eaux, se précipitant en masse furieuse, emportent les récoltes et ravinent le terrain ; mais il ne faut pas oublier que les débordements des rivières sont pour les terres inondées une source de fertilité : quand l'eau boueuse a séjourné pendant quelque temps sur le sol, elle laisse déposer le limon qu'elle contenait et enrichit ainsi la couche de terre arable. Dans les campagnes égyptiennes, le limon noirâtre du Nil est le seul engrais employé ; il n'est pas composé seulement d'argile, il contient aussi un véritable terreau, formé par la décomposition des plantes et des animaux entraînés dans les eaux du fleuve. Grâce aux inondations périodiques du Nil, les fonds sableux qui le bordent sont aujourd'hui recouverts d'une couche terreuse ayant 10 à 12 mètres d'épaisseur, et suffisante pour fertiliser une surface vingt fois plus grande : le désert est devenu cette belle vallée qui s'appelle l'Égypte. Elle n'est que le lit majeur du fleuve : il la recouvre chaque année pendant plusieurs mois, et se retire dans son lit mineur à l'époque des basses eaux. Non seulement les habitants profitent du limon déposé, mais la surélévation des eaux permet de les faire arriver dans des canaux ménagés à diverses hauteurs ; on les retient au moyen de barrages au moment de la baisse du Nil, et on les distribue ensuite par des rigoles d'irrigation. Aussi, plus la crue a été forte, plus l'étendue de terres cultivables augmente. Malheureusement les impôts à payer par les pauvres fellahs sont établis d'après la hauteur des eaux, évaluée souvent d'une façon exagérée par les agents du fisc.

On a proposé, pour remédier aux inondations accidentelles, la

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

création de grands réservoirs. Celui des Settons, sur la Cure, couvre 400 hectares et peut renfermer 22 millions de mètres cubes. Mais il en faudrait dix semblables, si l'on voulait être certain de maîtriser toutes les crues de la Seine. Ce procédé dispendieux serait en outre inefficace lors de plusieurs crues successives, les réservoirs étant déjà remplis quand arriveraient les dernières. Cependant les réservoirs de crue ont leur utilité : ils peuvent rendre de grands services à l'industrie pour la création de forces motrices, ou à l'agriculture pour les irrigations. Sur les plateaux du Dekkan et sur le versant de la côte de Coromandel, les Hindous ont établi plus de quatre mille réservoirs, destinés à emmagasiner l'eau pendant la saison des pluies et à la distribuer lors des sécheresses. Quelques-uns ont des centaines de kilomètres carrés : aussi la rupture de leurs digues a-t-elle souvent occasionné de terribles inondations.

L'emploi des digues élevées, insubmersibles même par les fortes crues, et retenant le cours d'eau dans son lit mineur, semble au premier abord réunir tous les avantages. Elles s'opposent aux inondations et permettent de profiter de la fertilité donnée au lit majeur par les anciennes crues. Mais les ruptures de digues sont fréquentes et d'autant plus désastreuses que l'inondation prend alors le caractère torrentueux. En outre, les matières apportées par les crues, forcées de se déposer sur la surface restreinte du lit mineur, l'exhaussent progressivement : il faut sans cesse surélever les digues, ce qui augmente les chances et les dangers de rupture. C'est ce mode d'endiguement qui a amené le Pô à couler, en certains points, à plusieurs mètres au-dessus de la plaine environnante.

Le seul parti raisonnable est le suivant : « n'élever de digues insubmersibles qu'auprès des centres de population; protéger le lit majeur par des levées submersibles, assez hautes pour contenir l'eau des crues ordinaires, mais laissant déborder celles des crues exceptionnelles. » Ces inondations tranquilles ne produiront jamais de grands ravages : s'il y a perte d'une récolte, elle sera compensée par l'accroissement de fertilité dû au limon déposé;

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

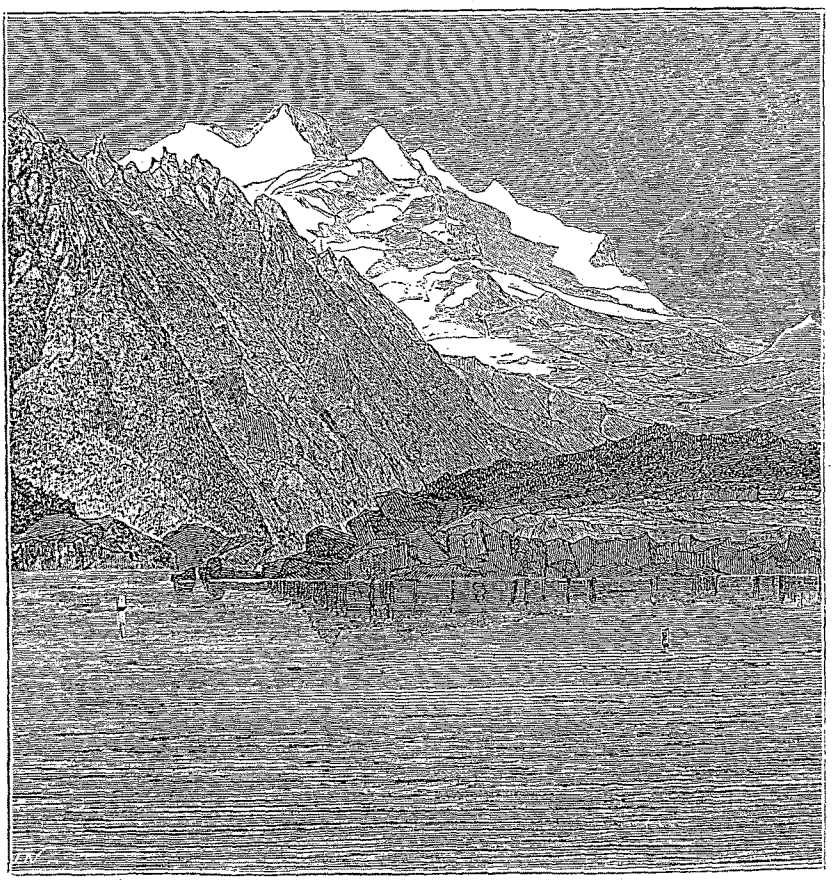
sans compter que ce dépôt exhausse le lit majeur et le rend de moins en moins accessible aux inondations ultérieures.

Les froids de l'hiver, en amenant la congélation de l'eau, jouent un rôle important dans les conditions d'existence des lacs et des rivières. L'eau se gèle à 0° : aussi voit-on la glace apparaître sur les étangs et les mares d'eau stagnantes dès que la température s'abaisse au-dessous de ce point. Mais il n'en est plus de même pour les lacs d'une vaste étendue et d'une grande profondeur. Sur ces mers d'eau douce, l'agitation des flots opère le mélange des couches superficielles de l'eau et s'oppose à la congélation. Elle commence sur les bords; de légères pellicules s'attachent aux pierres du rivage, et gagnent peu à peu en épaisseur et en étendue; grâce aux glaçons apportés, en général, par les affluents, la couche augmente en surface et s'étend bientôt d'une rive à l'autre. La surface des lacs de nos montagnes se prend complètement pendant les hivers rigoureux : ceux de l'Amérique du Nord, de la Suède, de la Finlande sont gelés, chaque année, pendant un temps plus ou moins long; enfin le grand lac sibérien, le Baïkal, cette mer d'eau douce de 55 000 kilomètres carrés, que l'on a cru longtemps le plus grand lac du monde, reste couvert de glaces pendant cinq ou six mois de l'année. Mais alors même que la croûte solide y atteint 2 mètres et même 2 mètres et demi d'épaisseur, elle ne reste pas continue. On entend le bruit sourd de l'eau qui roule sous la voûte solide et la fait largement onduler : celle-ci se rompt fréquemment avec une sorte de gémissement. Ces crevasses, aux lèvres d'inégale hauteur, n'arrêtent pas les voyageurs : chevaux et traîneaux les franchissent d'un bond. D'ailleurs elles ne restent pas longtemps béantes; par un froid de 30 et 40 degrés au-dessous de 0°, l'eau se gèle presque immédiatement, à tel point que l'on remarque des nappes d'écume solidifiée, restes de vagues de tempête congelées en plein élan.

Les rivières et les fleuves exigent pour se geler une température inférieure à 0° : la Seine, à Paris, ne se prend complètement

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

qu'après un froid prolongé et quand la température descend au moins à — 15 degrés. Ce n'est pas seulement sur les rives que se forment d'ordinaire les glaces des rivières : elles prennent naissance au fond même de l'eau, au contact de cailloux anguleux, grossissent et viennent flotter à la surface. Aussi, bien avant

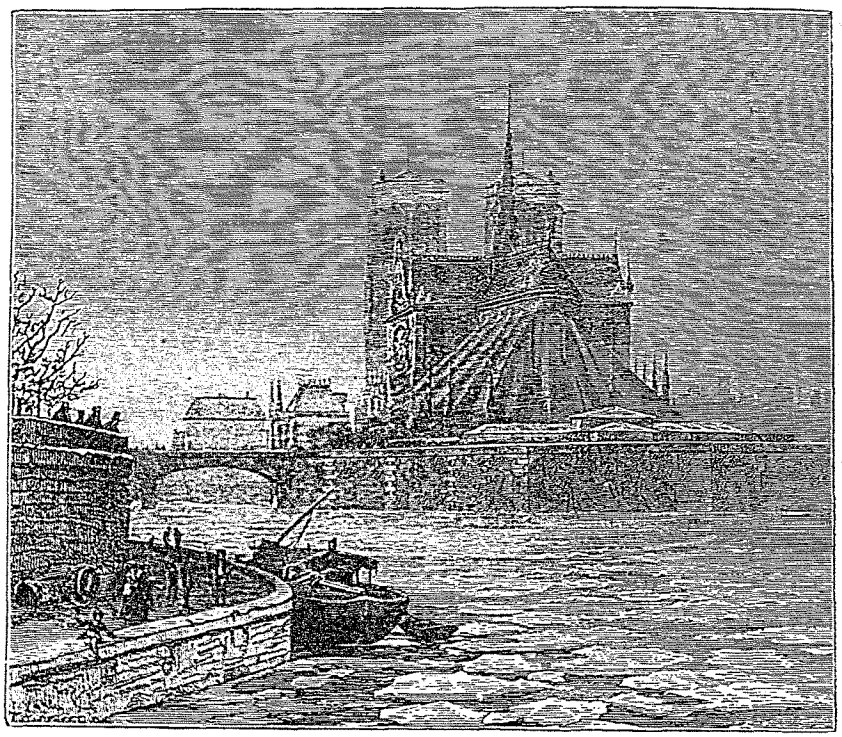


BORDS DU LAC BAIKAL.

que la rivière soit prise, elle *charrie* : sa surface est couverte de glaces flottantes, emportées par le courant. Lorsqu'elles se multiplient par trop, elles peuvent être arrêtées par un obstacle, une pointe du rivage, un coude brusque de la rivière. Souvent la résistance est vaincue par la pression de la masse qui va sans cesse en augmentant; mais quelquefois aussi le barrage devient

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

complet, les glaçons nouveaux ne font que s'accumuler sur les premiers : c'est ce qu'on appelle une *embâcle*. En janvier 1880, il s'en forma plusieurs sur la Seine, la Saône, la Loire. Celle des environs de Saumur est restée célèbre : tandis que l'eau coulait librement sous les ponts de cette ville, une embâcle ayant 9 kilomètres de longueur s'était formée en amont. Les blocs étaient

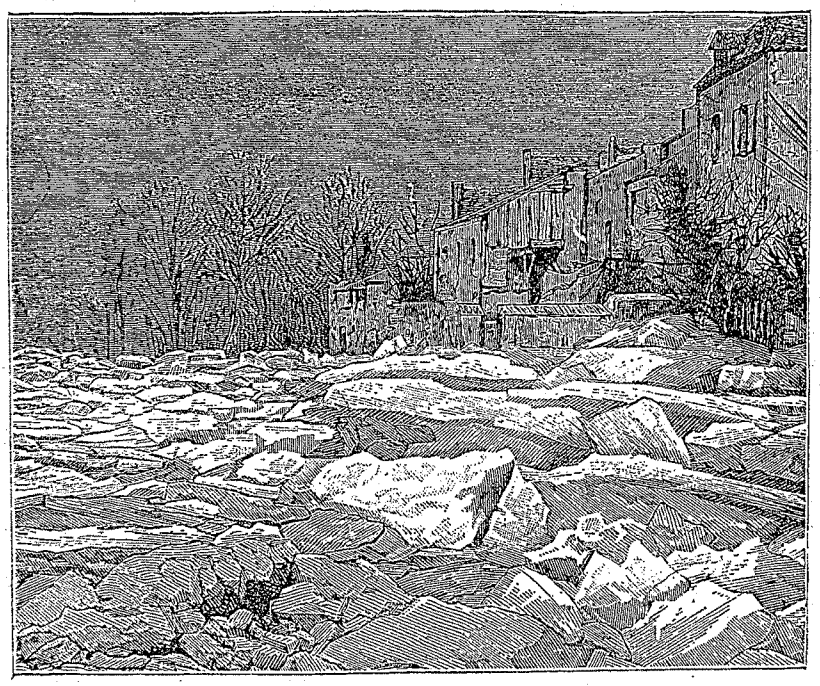


LA SEINE CHARRIE.

montés les uns sur les autres, à la hauteur d'un premier étage, et s'étaient soudés sous l'action du froid. Lorsqu'une rivière est complètement prise ou qu'une embâcle s'est produite, le grand danger est de voir, au moment du dégel, la masse entière emportée par une crue : c'est, en un mot, la *débâcle* des glaces qui est surtout à craindre. A Saumur, il fallut, avec la dynamite, ouvrir un canal dans l'amas de glace, afin de laisser passer le courant : celui-ci emporta petit à petit les glaçons détachés par un dégel, qui heureusement ne fut pas trop brusque.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Des effets analogues se produisent, sur une grande échelle, dans les cours d'eau de la Sibérie. Les rivières y sont, chaque hiver, gelées jusqu'au fond : la surface se prend d'abord et se soulève ensuite en forme de voûte, sous l'action des sources souterraines qui cherchent une issue. Mais comme leurs eaux se congèlent dès qu'elles arrivent à l'extérieur, la masse glacée finit par atteindre une hauteur de plusieurs mètres. Dans les grands



EMBACLE DE LA LOIRE A SAUMUR EN 1880.

fleuves seulement, Obi, Iénisséi, Lena, il reste sous la glace une sorte de canal dans lequel l'eau continue à couler. Ces fleuves sont tous dirigés du sud au nord; aussi la débâcle des glaces a lieu dans le cours supérieur, avant que le dégel ait commencé pour les parties basses du fleuve. Les glaces apportées par le courant, trouvant le chemin barré, plongent sous la couche solide, obstruent le canal resté libre et s'accumulent en formant de formidables embâcles. L'eau, arrivant toujours, sort du lit et coule de chaque côté; peu à peu les glaçons se détachent de la masse;

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

entraînés par l'eau, ils labourent les rives du fleuve, y creusent de profonds sillons, et tracent un nouveau lit, qui sera lui-même modifié l'année suivante. Il arrive enfin un moment où l'embâcle se désagrège, et l'inondation, qu'elle retenait prisonnière, la balaye et l'emporte à l'océan polaire.

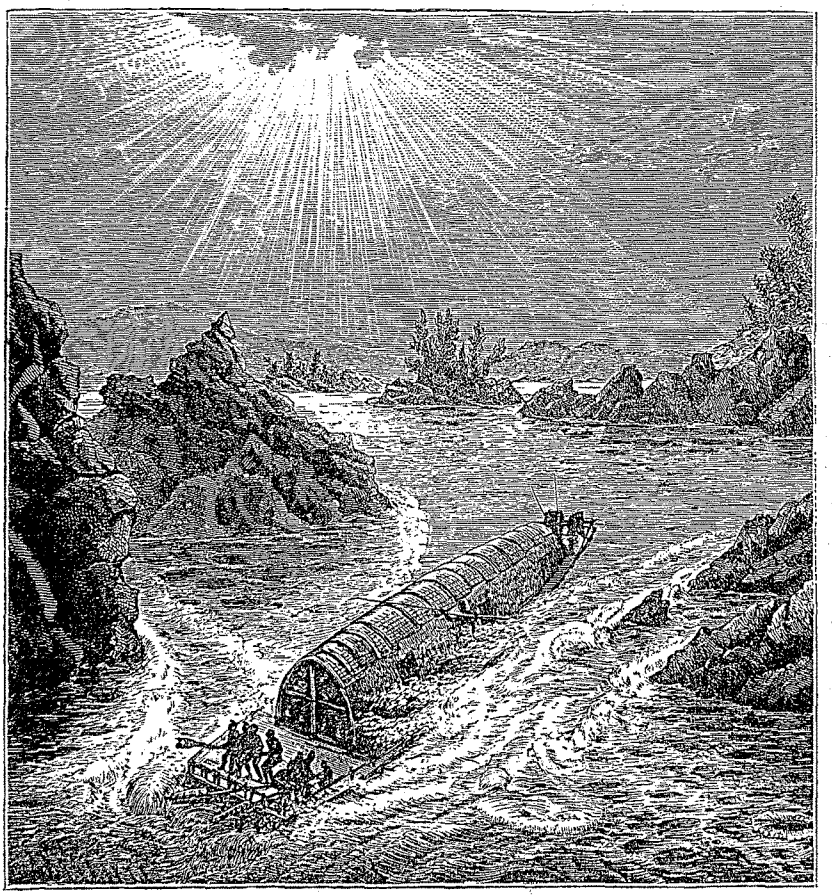
III. — PENTE ET TRAVAIL DES COURS D'EAU. — RAPIDES. — CASCADES. LACS RÉGULATEURS. — DELTAS.

Le cours d'un fleuve, depuis sa source jusqu'à son embouchure, présente une inclinaison, tantôt plus forte, tantôt plus faible, mais toujours dirigée dans le même sens. L'eau suit la pente et descend, en vertu de son poids, comme une boule sur un plan incliné, jusqu'au moment où elle arrive au niveau de la mer. Elle coule avec facilité sur une pente de $\frac{1}{10000}$, c'est-à-dire quand le niveau s'abaisse d'un décimètre par kilomètre de parcours. C'est à peu près l'état de la Seine à Paris. Mais on observe des pentes plus faibles, surtout quand les fleuves approchent de l'embouchure. Le Pô n'a plus alors qu'une pente de $\frac{3,3}{100\,000}$; celle du Rhin est de $\frac{4}{100\,000}$; celle du Mississipi, de l'Ohio à la mer, $\frac{4,75}{100\,000}$; celle du Rhône, au-dessous d'Arles, $\frac{5,3}{100\,000}$. D'un autre côté, beaucoup de rivières ont des pentes bien plus fortes : celle du Doubs, à Besançon, atteint $\frac{1}{1000}$; c'est la limite à partir de laquelle les rivières cessent d'être navigables. La pente de la Durance s'élève à $\frac{2}{1000}$; au delà de ce chiffre, on n'a plus que des rivières torrentueuses.

La vitesse d'un cours d'eau est d'autant plus grande que la pente est plus rapide; mais elle n'est pas la même aux différents points du courant. Sur les bords et près du fond, elle est ralentie par le frottement de l'eau contre les parois. L'air oppose aussi une certaine résistance au mouvement de l'eau : aussi la plus plus grande vitesse s'observe-t-elle un peu au-dessous de la surface, à l'endroit où le lit est le plus profond; dans les tournants, le filet le plus rapide se rapproche de la rive concave. La vitesse

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

moyenne de toute la masse est à peu près double de celle du fond, et égale aux quatre cinquièmes de la vitesse à la surface. En temps ordinaire, la vitesse moyenne de la Seine à Paris est de 50 centimètres. Les grands fleuves, le Nil, le Gange, le Mississipi, le Rhin, de Strasbourg à Cologne, ont des vitesses de 1^{m},50 envi-



UN RAPIDE SUR LE MÉKONG.

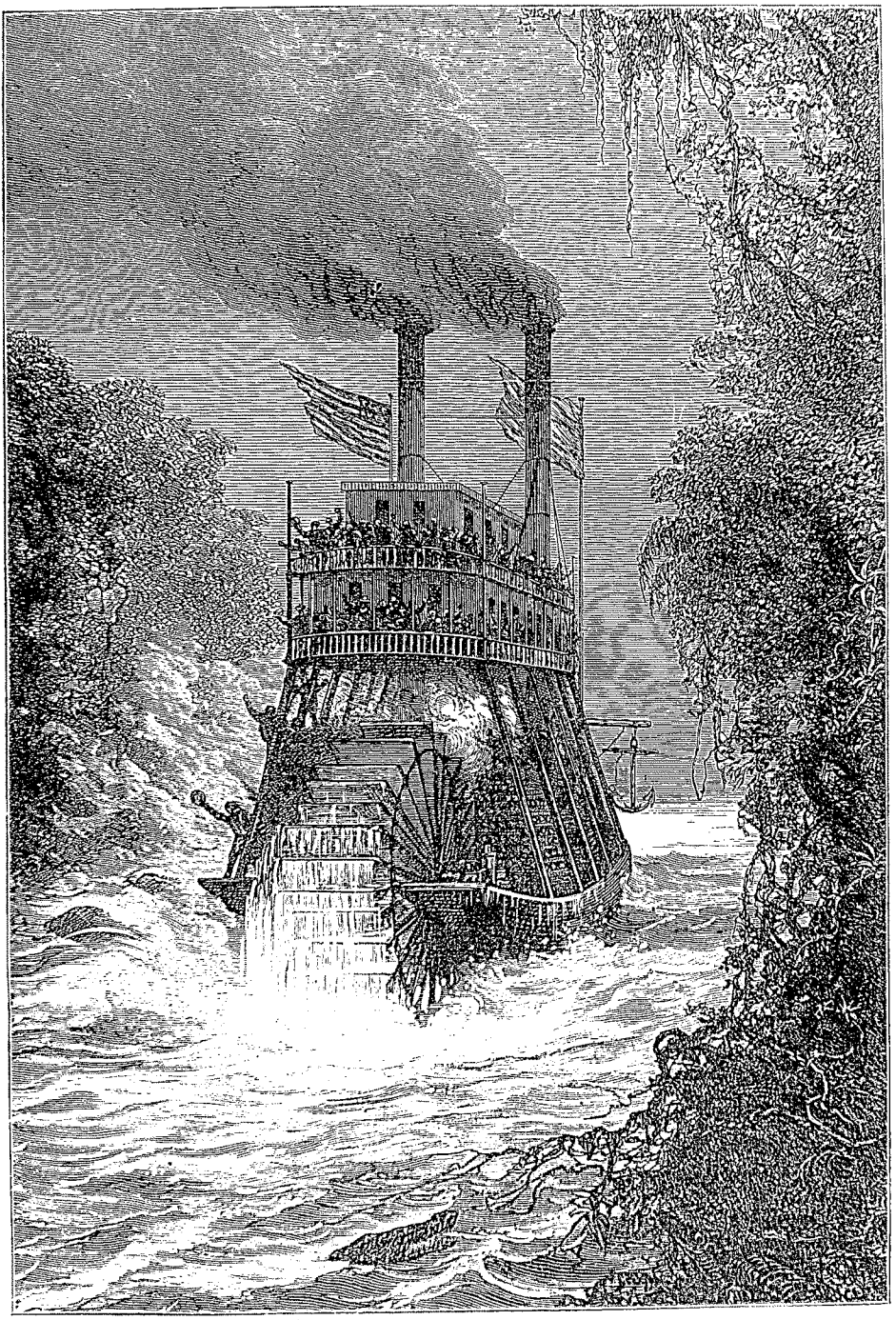
ron : c'est celle d'un bon marcheur, ou bien encore, chose remarquable, celle des grands courants marins. La vitesse du Rhône est très variable : de 0^{m},40 à 1^{m},50 en temps ordinaire, elle peut s'élever, pendant les crues, à 4 et 5 mètres. En général, l'effet d'une crue est de doubler, rarement de tripler la vitesse du courant.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

La pente d'un fleuve vient-elle à augmenter sur un certain parcours, il se forme un *rapide*. La vitesse de l'eau devient considérable; mais comme elle ne change pas sensiblement au-dessus et au-dessous du rapide, le courant se rétrécit, puisqu'il n'y passe pas plus d'eau dans un temps égal. Pour la même raison, tout étranglement, tout rétrécissement brusque du lit donne également naissance à un rapide. Il en existe un terrible, de cette espèce, sur le Mékong, au-dessus de Ban-Kum. Le fleuve, dont le lit normal a plus d'un kilomètre de largeur, se trouve rétréci par des roches et des bancs de sable, de manière à n'avoir plus qu'une cinquantaine de mètres. Toutes les eaux convergent vers cette passe étroite; c'est une masse écumante où les lames s'entrechoquent, un courant vertigineux dans lequel d'énormes tourbillons se creusent, s'engouffrent et disparaissent avec fracas. Il est franchi seulement par les radeaux qui descendent le fleuve. On les laisse dériver librement : une fois lancés, rien ne peut les arrêter. Très lourds, ils offrent une grande résistance au mouvement : aussi sont-ils souvent recouverts par les lames et, pour ainsi dire, enfouis sous l'eau. Quand les bambous avec lesquels ils sont construits ne sont pas bien attachés, ou bien s'ils viennent à heurter quelque roche, le courant les démolit en quelques instants.

L'existence de rapides rend la navigation d'un fleuve fort difficile. Les descendre est un jeu pour les capitaines américains; les remonter est plus difficile : cependant, à force d'audace, on y arrive. Le passage de l'Angostura, sur le Rio de Magdalena, en est une preuve. « Après avoir rencontré plusieurs rapides assez effrayants, dit un témoin oculaire, nous approchions de Honda. Il s'agit de savoir si le navire franchira le dernier rapide. Des bateaux de la compagnie, un seul, la *Confianza*, a pu jusqu'ici remonter ce terrible courant. Un conseil s'assemble : on tentera l'aventure. Tout le monde est sur la dunette. Les feux sont augmentés; la vapeur siffle, la roue bat l'eau avec force. Vain espoir, la machine refuse; on recule. Le mécanicien vient demander au capitaine s'il faut battre en retraite et jeter l'ancre; on ira à Honda sur des radeaux. — Jamais! s'écrie le capitaine Duncan.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



RAPIDE DE L'ANGOSTURA SUR LE RIO MAGDALÉNA.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

L'équipage veut passer, moi aussi. — Mais, capitaine, nous sauterons. — Ça m'est bien égal! j'ai déjà sauté deux fois! je sauterai bien une troisième. Prends une goutte et charge les soupapes de 180 livres. — Les soupapes sont chargées. Les visages de l'équipage sont écarlates. Le bateau reprend son élan : on dépasse la première limite. La vapeur fait rage et fuse par les soupapes. Nous avançons cependant; mais, à un moment donné, nous redescendons de plusieurs mètres. — Liez les soupapes, s'écrie le sauvage Yankee, et en avant! Sautons plutôt! Il ne sera pas dit que le *Simon Bolivar* aura reculé. — L'ordre est exécuté. Quelques passagers deviennent très pâles. Des flots d'écume se soulèvent sous la roue. Nous sommes passés. — Hurrah Columbia! s'écrie l'équipage en se livrant à une danse frénétique. »

Élever l'eau d'un puits est un travail fatigant, surtout si le seau est grand et si le puits est profond. On mesure le travail au moyen d'une unité particulière, appelée *kilogrammètre :* c'est le travail nécessaire pour élever un kilogramme à un mètre de hauteur. Plus une force est grande, plus elle fait de travail en peu de temps, on appelle *force d'un cheval*, ou simplement *cheval-vapeur*, la force capable de produire un travail de 75 kilogrammètres en une seconde. Elle est beaucoup plus grande que celle d'un cheval vivant, car celui-ci ne produit en un jour que 1400000 kilogrammètres, soit 16 ou 17 kilogrammètres par seconde. Un homme, travaillant dans les meilleures conditions, développe 280000 kilogrammètres dans sa journée. Si l'on songe qu'un mètre cube d'eau pèse 1000 kilogrammes, et que les montagnes ont 3, 4 ou même 6 et 8000 mètres de hauteur, on se demande quelle force est capable de prendre l'eau à la mer et de l'élever jusqu'aux sources et aux glaciers des montagnes. Ce puissant moteur, c'est le soleil : c'est lui qui vaporise l'eau des océans, met l'atmosphère en mouvement et produit les vents qui transportent la vapeur dans les froides régions où elle se condense. Chaque mètre cube d'eau, pris à la mer et porté seulement à 2800 mètres de hauteur, représente le travail journalier de deux chevaux ou

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

de dix hommes. En réalité, le travail effectué par les rayons solaires à la surface du globe terrestre, travail dont une faible partie seulement est employée à élever l'eau de la mer, équivaut à celui de 300 millions de millions de chevaux-vapeur, travaillant nuit et jour, sans interruption.

Mais l'eau soulevée à une certaine hauteur peut, en redescendant à son niveau primitif, restituer tout le travail dépensé pour son élévation. Si les seaux attachés à la corde d'un puits sont tous deux remplis, celui qui descend fera le travail nécessaire pour remonter l'autre. Dans les pays de montagnes, on utilise ce travail de l'eau qui descend : les chutes d'eau remplacent les hommes, les animaux, les machines à vapeur; on les fait travailler et le profit que l'on en tire augmente avec la hauteur de la chute et la masse de l'eau. Les chutes du Niagara représentent une force disponible de 15 ou 20 millions de chevaux-vapeur; les Américains en utilisent déjà une partie. Mais alors même que la force de l'eau qui descend n'est pas employée, elle n'est pas perdue pour cela. Rien ne se perd dans la nature : le plus petit atome de matière est éternel; il peut se transformer, jamais il ne disparaît. La plus petite force fait son travail, à moins qu'elle ne change de forme : disparaissant quelquefois à l'état de force, elle renaît sous forme de chaleur. L'eau des cascades du Niagara a perdu sa force en arrivant dans l'Ontario; mais elle s'est légèrement échauffée. Une chute de 425 mètres de hauteur, dont la puissance n'est pas utilisée, élève la température de l'eau de 1 degré.

Les torrents, les rivières et les fleuves travaillent tous : ils transportent des pierres et des terres; ils ont fait leur lit et le modifient constamment; ils ont creusé les grottes et les vallées; après avoir donné sa forme à la surface terrestre, les eaux courantes la renouvellent sans cesse. Tout ce travail n'est que la restitution de la force dépensée par le soleil en élevant les eaux de l'océan au-dessus du niveau de la mer.

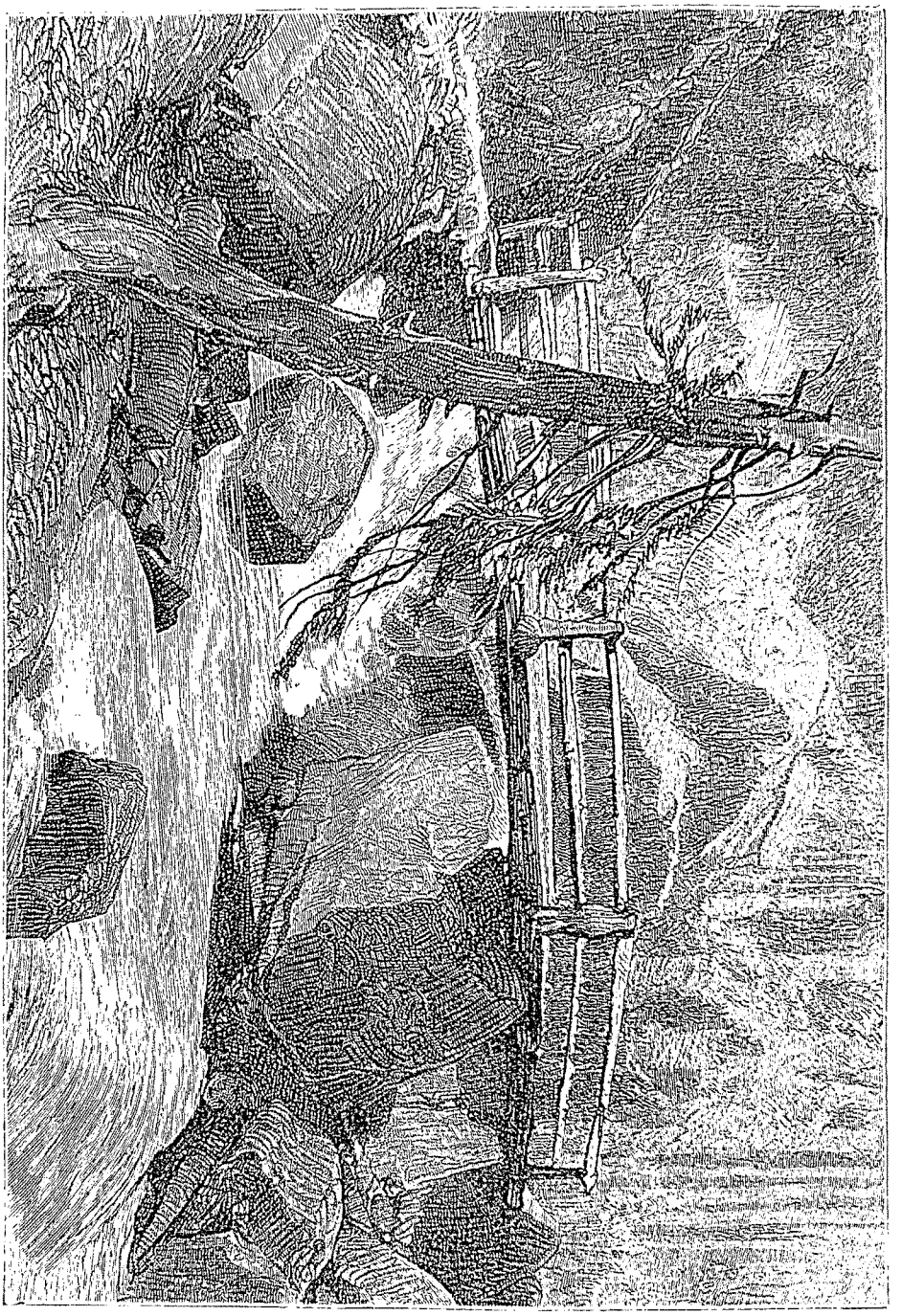
Le travail d'un cours d'eau consiste d'abord à creuser son lit : il dégrade le sol avec une énergie qui dépend de la masse de

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

l'eau et de sa vitesse; il entraîne dans les parties basses les matériaux provenant du creusement des parties supérieures et les transporte, suivant leurs dimensions, à une plus ou moins grande distance. Dans le cours supérieur, les pentes sont rapides, au moins de 2 à 2,5 pour 1000; la rivière est torrentueuse; elle creuse encore son lit et charrie une masse de débris souvent considérable. La Linth, par exemple, entraîne chaque année, dans le lac de Wallenstadt, une masse de 60 000 mètres cubes; de 1851 à 1878, la Reuss a déposé à son embouchure, dans le lac des Quatre-Cantons, un cône d'alluvion de 4 millions de mètres cubes. La rivière torrentueuse n'est pas cependant un véritable torrent. Celui-ci coule sur un lit fortement, mais uniformément incliné; il acquiert une énorme vitesse et devient capable des plus puissantes érosions. En raison même de leur grande vitesse, ses eaux s'épuisent rapidement et leur cours est intermittent. La rivière torrentueuse perd une grande partie de sa force dans des chutes successives; ses cascades écumantes tombent dans des bassins relativement calmes. Elle descend les marches d'un escalier, tandis que le torrent roule avec une vitesse vertigineuse le long d'un plan incliné. Le Giessbach, en Suisse (page 18), descend des hauteurs du Schwarzhorn dans le lac de Brienz; après avoir dépensé sa force en treize chutes étagées, il arrive dans le lac avec une allure relativement calme. Au lieu d'un torrent dévastateur, c'est un des cours d'eau les plus pittoresques et les plus charmants de la chaîne des Alpes. Le touriste peut même s'y donner les émotions d'un petit Niagara, en passant, le long du rocher, derrière la sixième chute. On trouve du reste, en Suisse, presque à chaque pas, de ces rivières torrentueuses aux bruyantes cascades : l'une des plus belles est la cascade de la Handeck (page 15), haute de 70 mètres et formée par l'Aar.

Dans la partie inférieure de leur cours, les rivières, sorties des montagnes, ne rencontrent plus de pentes aussi fortes. Elles deviennent plus calmes et tendent vers un certain état d'équilibre. Pour y arriver, la rivière allonge son cours : elle dépose des alluvions sur les rives convexes, où le courant est moins rapide;

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



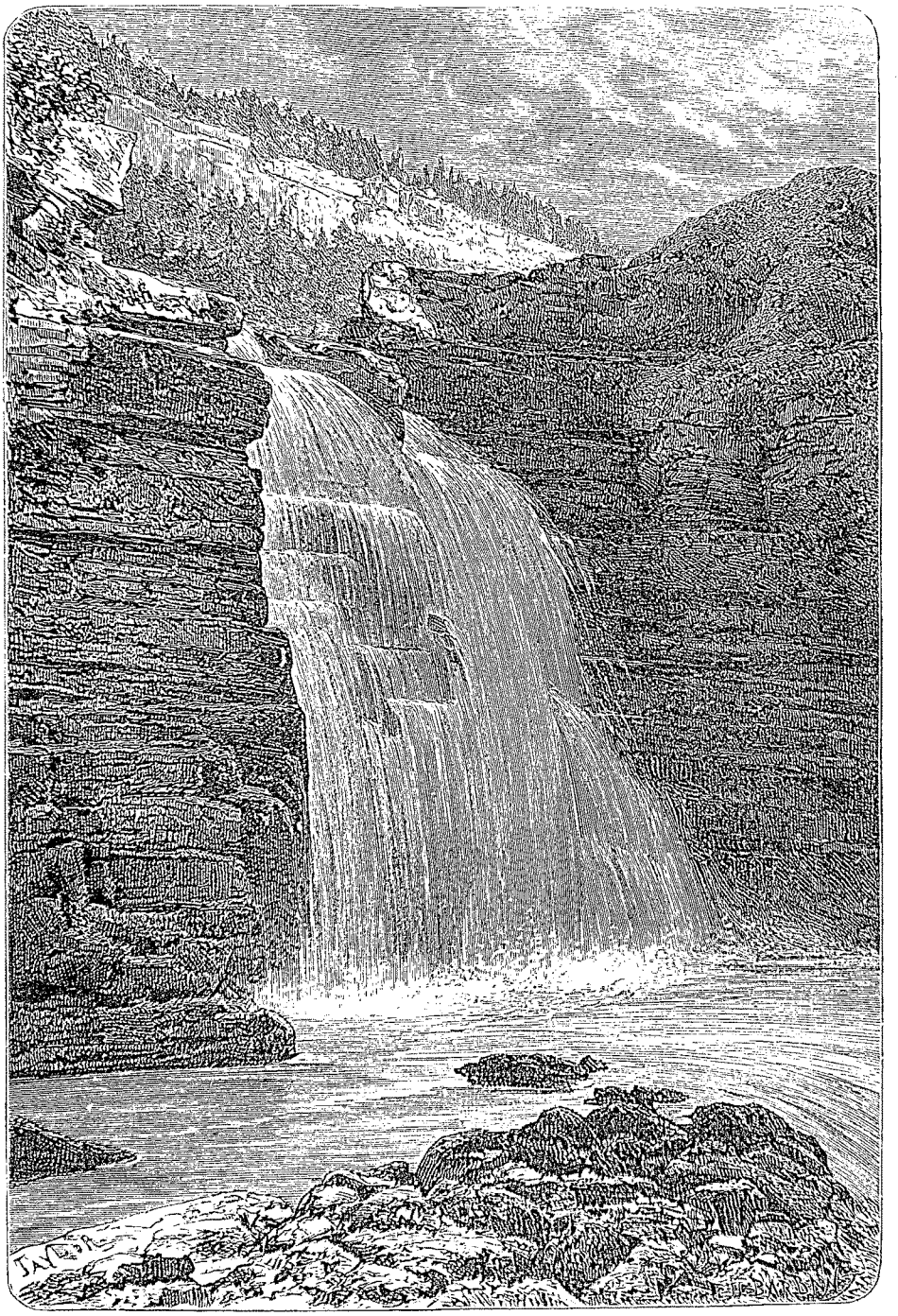
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

elle creuse, au contraire, et affouille ses rives concaves. Il se forme ainsi des sinuosités, des méandres, qui augmentent la longueur du lit et en diminuent la pente. Lorsque le cours est assez long et la pente assez faible, le travail de l'eau qui descend s'épuise contre la résistance opposée par le lit; il se dépense tout entier dans le frottement des eaux contre le fond et les rives. A ce moment, le rivière a atteint son état d'équilibre : elle n'entame plus sensiblement ses berges principales, et se borne à déplacer ses alluvions de proche en proche.

En général, une rivière ne traverse pas partout des terrains de même nature : les résistances que ses eaux rencontrent varient aux différents points de leur parcours. Un cours d'eau est donc souvent partagé en tronçons, dont quelques-uns seulement sont arrivés à l'état d'équilibre. Certaines rivières sont ainsi formées de parties tranquilles, séparées les unes des autres par des rapides, des cataractes, des lacs. Il arrive, en effet, qu'au milieu de terrains d'une faible consistance il se trouve des roches qui résistent à l'action des eaux courantes et forment un barrage en travers de leur lit.

Le Doubs, à son entrée en France, rencontre un obstacle de cette nature; il le franchit par un déversoir et produit la belle cascade, de 27 mètres de hauteur, connue sous le nom de *Saut du Doubs*. En haut, tout au bord, une pierre étroite couverte d'herbes domine la chute; à droite et à gauche, c'est l'abîme; en face est la nappe de cristal dont le pied se perd dans des tourbillons d'écume. On voit l'eau arriver, courir sur la pente, tourbillonner autour de rochers noirs entassés pêle-mêle. Tout à coup le sol lui manque : elle plonge dans un gouffre qui se perd dans les entrailles de la terre. Quand les eaux sont hautes, tout disparaît dans une lame vitreuse; sont-elles basses, la chute n'a plus qu'un filet d'eau : elle est alors coupée par les rochers en deux portions qui se rejoignent dans le gouffre. On peut y descendre par un chemin tracé pour des chèvres : en sautant de roche en roche, on a le plaisir d'arriver au bas de la cataracte, qui fait entendre un bruit de tonnerre.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LE SAUT DU DOUBS

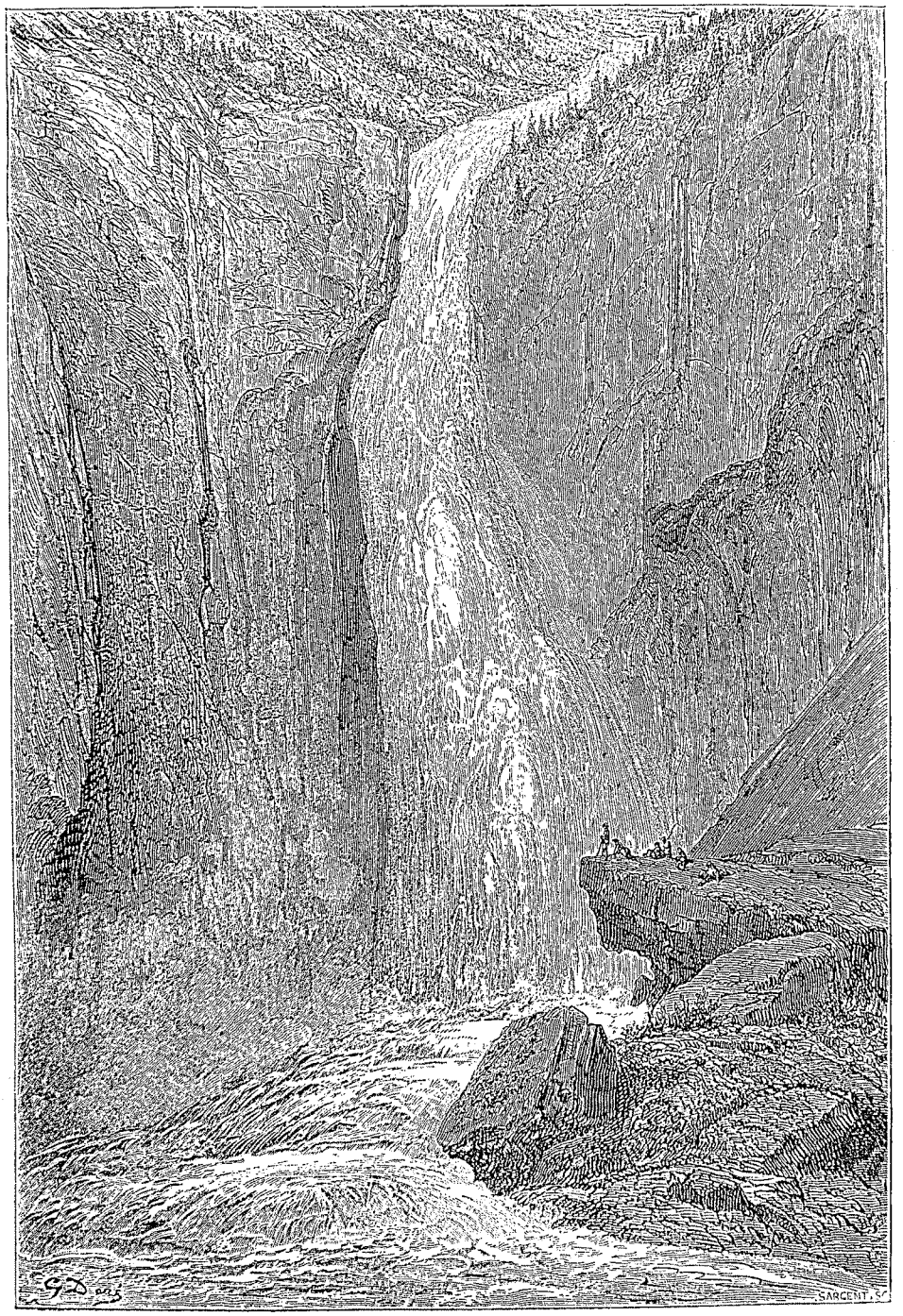
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

La chute du Rhin, près de Schaffhouse, est une des plus visitées; mais c'est dans la Scandinavie que doivent se rendre les amateurs de cascades. Sur le versant norvégien, tous les ruisseaux se précipitent plutôt qu'ils ne descendent vers la mer; les rivières elles-mêmes font des cascades (*foss* ou *fossen*, en norvégien) de quelques centaines de mètres de hauteur. La chute la plus élevée de l'Europe, et peut-être du monde entier, est le *Keelfoss*, qui d'un seul jet tombe de 1000 mètres sur un rocher où il s'éparpille en gouttes. Le Ryukanfoss, formé par un affluent du Skien-elv, est une des merveilles de la Norvège méridionale pour la masse de ses eaux et pour sa hauteur de 245 mètres.

Pour jouir de toute la grandeur du spectacle, il faut suivre, le long de la paroi de la montagne, une sorte de cran à peine accessible, désigné dans le pays sous le nom de *passe de Marie*. C'est là que, suivant la légende, la belle Marie du Westfjordal vint errer pendant toute sa vie à la recherche de son bien-aimé, Ejstein, emporté sous ses yeux dans les tourbillons de la cascade. Sur la muraille verticale de roches, haute de plus de 500 mètres, qui forme la rive du Westfjordal, on voit deux espèces de puits gigantesques. Le premier sert d'antichambre à la chute : elle l'a abandonné et s'est reculée un peu, en creusant le second. Elle remplit complètement ce dernier de la masse énorme de ses eaux; des nuages d'écume s'échappent du gouffre, accompagnés d'un bruit régulier. Il se compose de six coups bien distincts, suivis d'un septième plus fort que les autres; en même temps la masse d'eau paraît rebondir jusqu'à moitié de la hauteur. Ces particularités, et surtout le site étrange qui l'encadre, font du Ryukanfoss la reine des chutes du Nord. Mais ce n'est pas la plus abondante, car le Sarp-Foss débite en moyenne 800 mètres cubes d'eau par seconde, plus du double de la quantité d'eau emportée par le Rhin à Schaffhouse; la hauteur de cette énorme cascade ne dépasse pas une vingtaine de mètres.

Les fleuves d'Afrique sont justement célèbres par leurs cataractes; mais, entre tous, c'est le Zambèze qui présente les plus remarquables. Livingstone, qui connaissait les chutes du Niagara,

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



LE RUYKANFOSS.

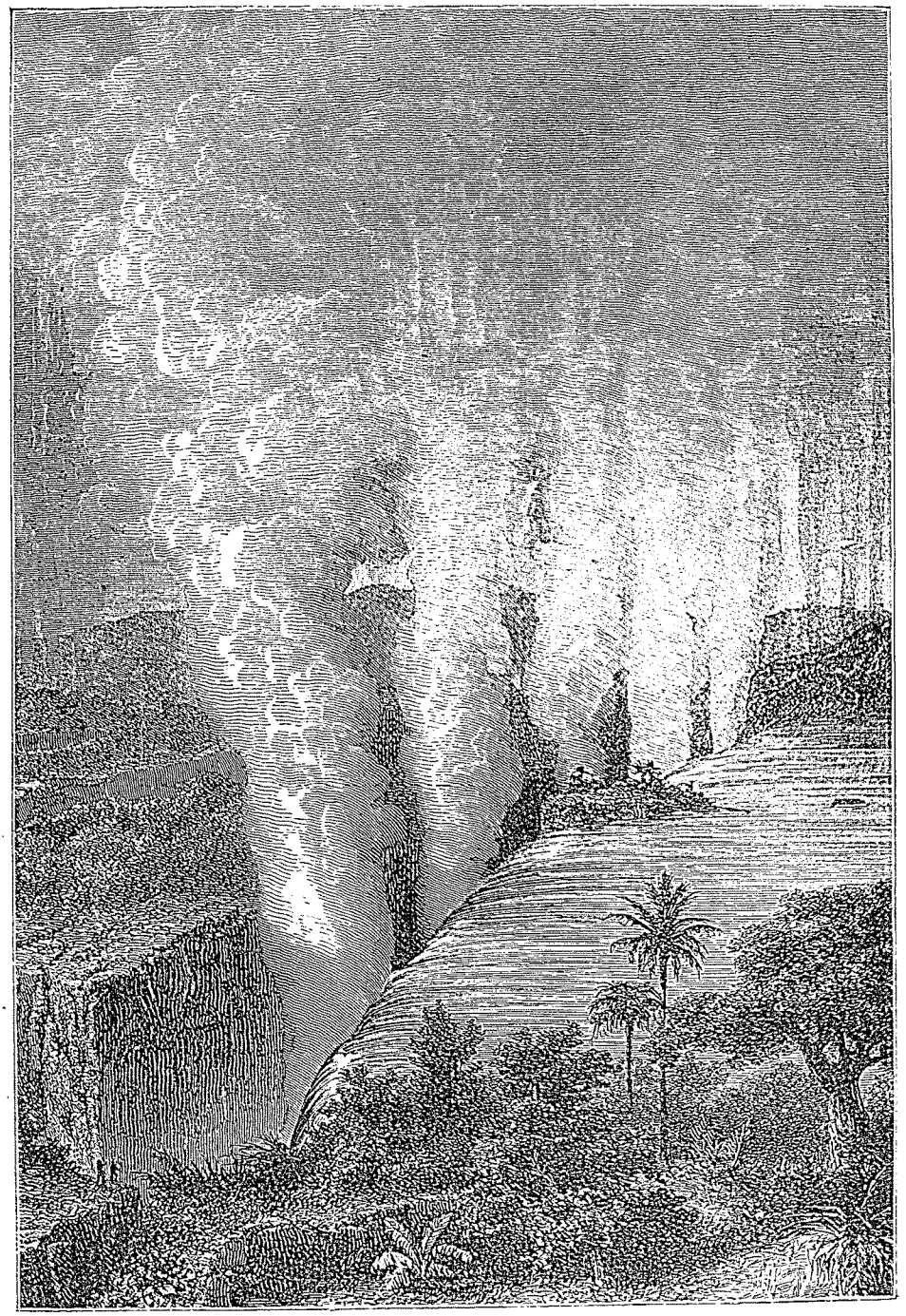
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

prétend même que celles du Zambèze sont plus magnifiques encore : aussi leur a-t-il donné le nom de *Chutes Victoria*. Dans le pays elles portent celui de *Mosi-oa-tounya*, qui veut dire « fumée retentissante ». Le bruit des chutes, qui s'entend à une distance considérable, et les épaisses colonnes de brouillard qui s'en dégagent, expliquent suffisamment la dénomination donnée par les indigènes. En tout cas, les cataractes du Zambèze ne ressemblent pas à celles des autres fleuves. Ordinairement les eaux d'une cataracte se précipitent en cascade du haut d'une falaise abrupte dans un bassin découvert : il n'en est plus de même ici. Qu'on s'imagine un fleuve, de plus d'un kilomètre de largeur, disparaissant tout à coup dans une véritable fosse de 140 mètres de profondeur, et l'on aura une idée de ce spectacle unique dans le monde.

Le terrain environnant est formé de basalte, roche volcanique, de couleur brune, compacte et très dure. Par suite d'un phénomène géologique qui n'est probablement pas très ancien, une rupture produite dans la roche a formé une tranchée qui se prolonge vers le nord, à travers les montagnes, sur une longueur de 30 à 40 kilomètres; les parois de cette gigantesque crevasse sont verticales et distantes l'une de l'autre d'environ 70 mètres. Le fleuve, coulant sur la chaussée de basalte, vient rencontrer la fente de la roche et se précipite dans cet abîme, limité en avant et en arrière par de hautes murailles. La hauteur de la chute est à peu près double de celle du Niagara; mais, à cause de la disposition particulière du gouffre où le fleuve disparaît, la chute est difficilement visible. Il faut, suivant Livingstone, suivre en barque le courant du fleuve et se laisser emporter par les rapides jusqu'à une petite île, où l'on prend terre : le regard peut alors plonger dans la fosse où tombe la cataracte.

On est pris de vertige et l'on se sent défaillir, en voyant l'énorme masse d'eau s'abîmer dans le gouffre béant. La hauteur de la chute et le refoulement résultant de la compression de l'air par la masse liquide amènent bientôt la division de celle-ci en fines gouttelettes : l'eau se transforme, avant d'arriver au tiers de la chute, en une nappe aussi blanche que la neige. En même

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



CATARACTES DU ZAMBÈZE.

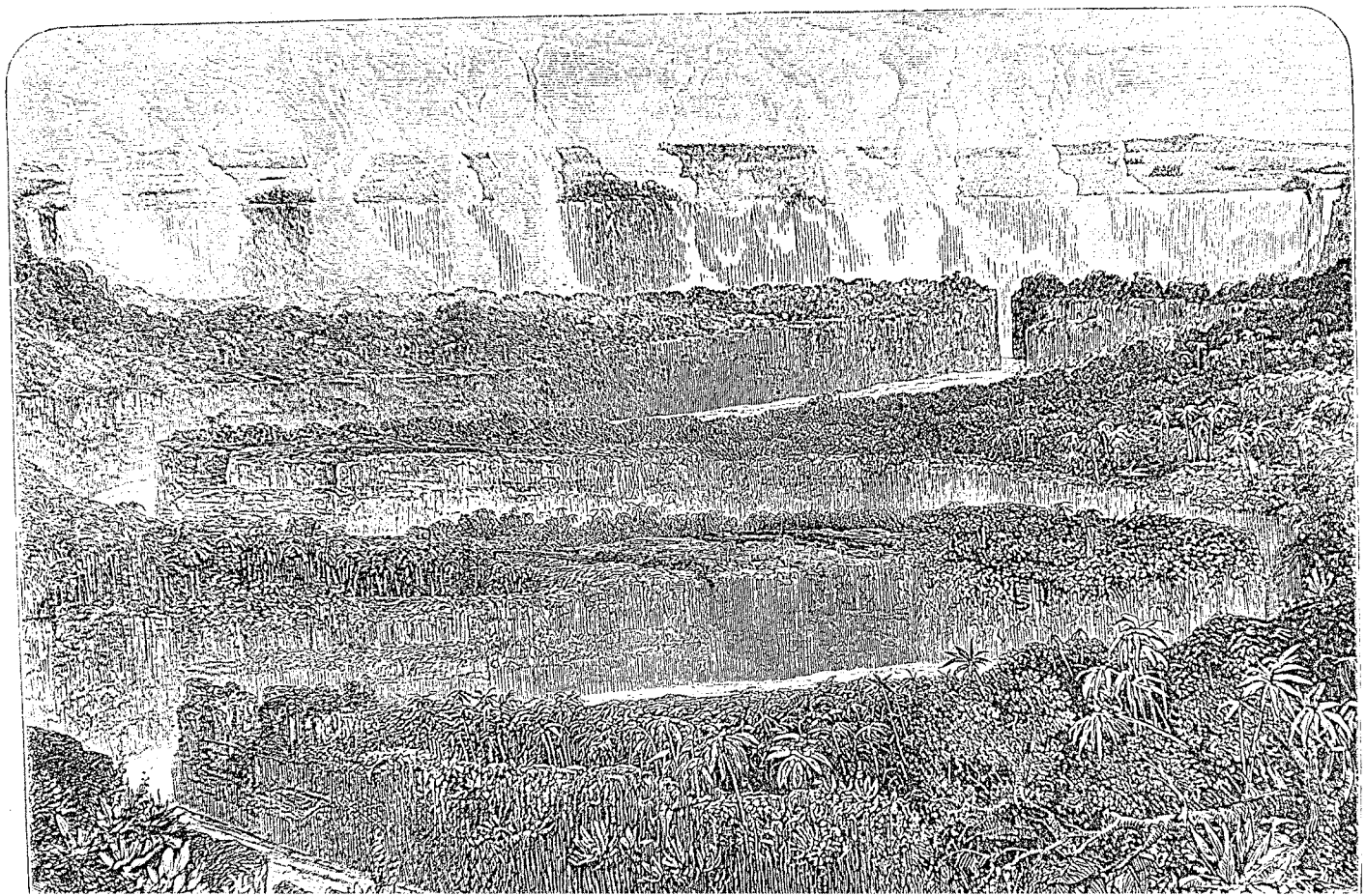
© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

temps, cinq énormes colonnes de brouillard sortent de l'abîme et feraient croire, aperçues de loin, à un de ces vastes incendies de pâturages, comme on en voit souvent en Afrique. Ces colonnes se perdent dans les nuages et arrosent d'une pluie continuelle tout le terrain environnant. Blanches à la base, elles s'assombrissent dans le haut, ce qui augmente leur ressemblance avec la fumée. Ce ne sont d'ailleurs ni des vapeurs, ni des brouillards : elles sont formées de véritables gouttes d'eau projetées par le courant d'air qui sort du gouffre; car on peut voir chacune de ces colonnes surmontée d'un triple arc-en-ciel, lorsque le soleil envoie ses rayons dans la direction convenable.

Cette mystérieuse cataracte, en partie cachée aux regards, a fait dire par les naturels du pays en parlant du Zambèze : « Nul ne sait d'où il vient, nul ne sait où il va. » Au sortir de la fosse où il s'est précipité, le fleuve suit un profond canal, large d'une vingtaine de mètres, et décrit de longues sinuosités, entre des murailles de basalte couronnées d'arbres et de verdure.

Les barrages formés en travers des cours d'eau par des massifs de rochers ont souvent un autre effet. Retenues par l'obstacle, les eaux s'accumulent, remplissent le fond de la vallée et forment un lac plus ou moins étendu. Elles en sortent, soit en passant par-dessus la barrière de roche, soit en y creusant une sorte de couloir. Dans ce cas, il n'est pas rare de voir le niveau du lac s'abaisser, à mesure que le cours d'eau entame et creuse le massif de sortie. Le lac de Genève a certainement subi des changements de niveau considérables, attestés par les terrasses d'alluvions étagées sur ses rives : depuis l'époque romaine, il s'est abaissé d'environ 2 mètres. Des terrasses analogues se rencontrent sur les bords du grand lac Baïkal, traversé par l'Angara, et de presque tous les lacs de barrages. Il peut même arriver que le lac se vide complètement, quand l'érosion du couloir de sortie a fait assez de progrès. On en trouverait aisément de nombreux exemples : ainsi la vallée d'Andermatt, au Saint-Gothard, était autrefois un

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -



© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

lac : la Reuss, en creusant le trou d'Uri, a permis l'écoulement des eaux et la transformation du lac en une prairie traversée par un ruisseau.

La présence d'un lac exerce une influence considérable sur le régime du cours d'eau qui le traverse. Il lui sert d'abord de régulateur : survient-il une crue subite dans la partie supérieure de la rivière, le niveau du lac s'élève légèrement; l'eau de la crue s'y emmagasine et met un temps assez long à s'écouler par le cours inférieur. Le Rhône, rivière torrentueuse à son entrée dans le lac de Genève, est à sa sortie un cours d'eau des plus réguliers; mais il perd cette qualité à mesure qu'il reçoit des affluents à régime variable. De toutes les rivières à régulateurs, la mieux caractérisée est le Saint-Laurent, sorti des grands lacs américains et dont les principaux affluents sont eux-mêmes des émissaires de lacs.

Un accident assez fréquent se produit quand, presque au sortir du lac, la rivière principale reçoit un affluent torrentueux. Les alluvions et les débris apportés par ce dernier encombrent le confluent, s'opposent au libre écoulement du lac, et le font déborder sur ses rives : on voit alors des vallées très saines devenir infectes et marécageuses. Le remède à cet état de choses a été trouvé, au treizième siècle, par les moines d'Interlaken : il consiste à détourner l'affluent de son cours naturel et à le jeter dans le lac, au moyen d'un canal artificiel. Les alluvions se forment alors dans le lac : ce qui n'offre aucun inconvénient; mais, en outre, l'émissaire du lac, devenu plus important, peut creuser son couloir de sortie et amener un abaissement général de niveau. Ce procédé a été fréquemment employé en Suisse; il a d'abord été appliqué à la dérivation de la Lütschinen dans le lac de Brienz; en 1714, la Kander fut jetée dans le lac de Thoune; récemment enfin, on a amené l'Aar dans le lac de Bienne, et assaini toute une région remplie d'eaux stagnantes : ce travail a fait baisser, en outre, de près de 2 mètres le niveau des lacs de Morat, de Neuchâtel et de Bienne.

Un lac est, pour le cours d'eau qui le traverse, un véritable

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

bassin de décantation. Toutes les impuretés contenues dans ses eaux immobiles et généralement profondes ont le temps de se déposer : aussi les eaux qui sortent d'un lac sont-elles généralement d'une limpidité parfaite. A l'entrée, elles sont, au contraire, plus ou moins chargées. Elles roulent des pierres quand leur vitesse est de 2 mètres par seconde; avec une vitesse de $1^m,50$, elles n'entraînent que du gravier; une vitesse de 50 centimètres suffit pour le sable fin; au-dessous de 30 centimètres, les eaux ne charrient plus que du limon. Quelle que soit leur vitesse primitive, les eaux, en arrivant dans un lac, sont réduites à l'immobilité; les matières qu'elles entraînaient se déposent à l'entrée du lac et y forment une plaine d'alluvion, comme celle que l'on trouve à l'entrée du Rhône dans le lac de Genève, ou de la Reuss dans le lac des Quatre-Cantons. Ces dépôts, empiétant peu à peu sur le lac, finissent avec le temps par le combler.

Ce qui se produit pour les rivières, à l'entrée des lacs régulateurs, a lieu pour les fleuves à leur embouchure. Chaque fleuve débouche à la mer par une large échancrure de la côte, qui porte le nom d'*estuaire*. Les plus beaux sont ceux du Saint-Laurent, de l'Amazone, du Rio de la Plata; les embouchures de la Gironde, de la Seine, de la Tamise présentent, avec de moindres proportions, une forme analogue. Un estuaire est une région où la vitesse du courant s'amortit, parce que l'eau s'étale de plus en plus et que chaque jour, à l'heure de la marée, la mer vient lui disputer la place et la refoule. C'est là que se déposent les matières terreuses apportées par le fleuve. La proportion en est considérable, surtout à l'époque des crues : l'eau du Danube contient alors $\frac{1}{2100}$ de terre; celle du Mississipi, $\frac{1}{1500}$; dans les grandes crues, la terre charriée par le Gange s'élève à $\frac{1}{400}$ du poids de l'eau. On comprend alors qu'il doit se produire, à la rencontre des eaux marines, un dépôt ou *barre*, de forme, de position et de hauteur variables avec la force de la marée et des vagues. La barre oppose à la navigation un obstacle sérieux, bien qu'elle soit surtout formée de matières terreuses; le sable et le gravier se déposent dans l'estuaire, en

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

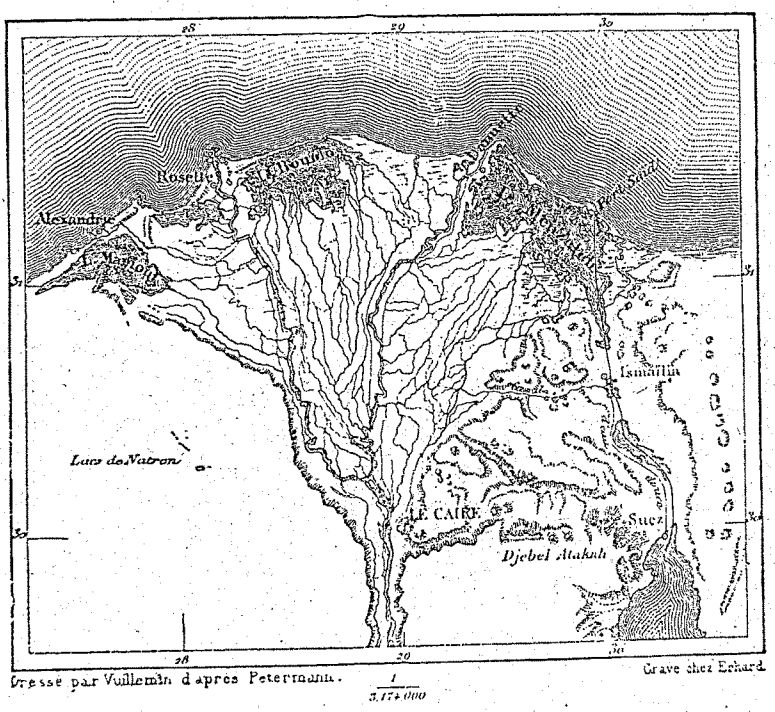
arrière de la barre; quant aux dépôts qui se forment en avant, ils sont balayés par la mer.

Lorsque les troubles charriés par le fleuve sont abondants et la marée peu considérable, l'estuaire se comble peu à peu; les sédiments apportés par les crues le transforment alors en une large surface d'alluvion, à laquelle sa forme triangulaire a valu le nom de *delta*. (Le delta Δ est la quatrième lettre de l'alphabet grec.) L'ancien débouché du fleuve s'obstrue par des dépôts de sable et de limon; il n'y reste plus que des filets d'eau. Le sommet de l'estuaire comblé devient un centre, à partir duquel le fleuve envoie des bras, ayant chacun leur embouchure et qui finissent eux-mêmes par se subdiviser encore. Les fleuves que nous citions tout à l'heure pour leurs eaux limoneuses, Danube, Mississipi, Gange, débouchent dans la mer par des deltas; il en est de même du Rhône et du Nil. Le delta du Nil est même un type de régularité : son sommet est au Caire, à 200 kilomètres de la côte. Les sept bouches par lesquelles le fleuve arrivait autrefois à la mer sont en partie oblitérées par les dépôts; il ne reste plus que la branche de Rosette, à l'ouest, et celle de Damiette, à l'est. La côte du delta ne s'appuie sur les alluvions qu'entre Damiette et le cap Bourlos; sur le reste de son étendue, c'est une bande de terre séparée des alluvions par les lagunes ou lacs Menzaleh, Bourlos, d'Edkou et Maréotis.

Le Mississipi apporte annuellement à la mer 28 millions de mètres cubes de matières terreuses : aussi la surface occupée par les alluvions de son embouchure occupe-t-elle plus de 30 000 kilomètres carrés. Comme la marée est faible dans le golfe du Mexique, le fleuve empiète sur le domaine maritime et envoie dans la mer de longues branches bordées d'alluvions. Vue de la mer, l'embouchure du Mississipi présente un aspect curieux. Une longue ligne noire semble jetée en travers de la mer, comme un immense môle. Par delà cette ligne sombre, on distingue le fleuve, comme un ruban argenté; puis vient une seconde ligne noire et plus loin, jusqu'à l'horizon, s'étendent les eaux bleues de la mer. On dirait un canal s'avançant jusqu'à la haute mer entre deux

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

jetées. Les navires qui veulent entrer dans le fleuve s'engagent avec circonspection dans les premières passes, où les alluvions forment des îlots boueux qui se modifient sans cesse. Quand on a pénétré dans le courant, le Mississipi apparaît comme un fleuve coulant au milieu de la mer. A droite et à gauche, des renflements vaseux étalent sur l'eau leurs contours indécis. Les îlots de boue deviennent ensuite plus nombreux : ils se rapprochent, se soudent

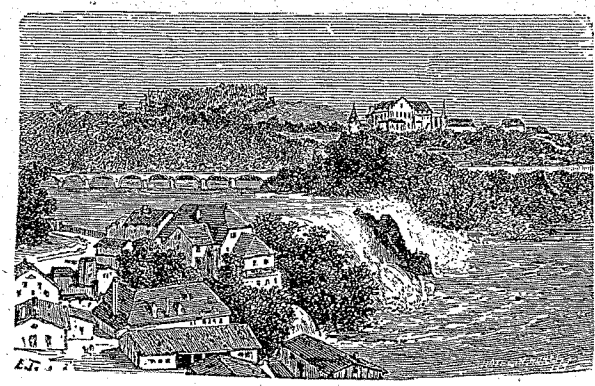


DELTA DU NIL.

et finissent par former un rivage continu. C'est à cet endroit que la barre placée en travers du fleuve atteint la plus grande hauteur. La franchir est une opération délicate, qui exige un pilote habile. On a vu des navires bien conduits, dont la quille était engagée de plus d'un mètre dans la vase, ne pas hésiter à franchir la barre toutes voiles dehors; d'autres, attachés à un remorqueur et passant au milieu du chenal, ont dû à un instant d'indécision d'être pris en travers par le courant et jetés au rivage. L'embou-

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

chure du Père des Eaux n'a, comme on le voit, rien de bien majestueux. Tout son delta est rempli de marécages, où pullulent les crocodiles et autres animaux malfaisants; celui du Gange, la rivière sainte des Hindous, n'est guère mieux habité. Quant à l'homme, il est obligé de fuir le séjour de ces alluvions boueuses, où le soleil des tropiques développe les miasmes les plus terribles, en Asie ceux du choléra, en Amérique ceux de la fièvre jaune.



CHUTE DU RHIN A SCHAFFHOUSE.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.

Les inconvénients de la pluie. — La terre sans eau. — La terre vivifiée par l'eau. — La vie des eaux. 5

CHAPITRE I. — LA MER.

Étendue et distribution des mers. — Les trois océans. — Le fond de l'océan. . 19

Salure de l'eau de mer. — Son origine. — Congélation de l'eau salée. — Banquises. 30

Les vagues. — Leur hauteur, leur largeur, leur profondeur. — Vagues de tempête. — Action de l'huile. 41

Les marées. — Leur cause. — Marée lunaire, marée solaire. — Courants de marée. — Barres et mascarets. 48

Courants marins. — Le Gulf-Stream. — Son influence sur le climat. — Mer des Sargasses. — Les tempêtes du Gulf-Stream. 62

Courants polaires. — Kuro-Sivo. — Courant de Humboldt. 78

CHAPITRE II. — L'EAU DANS L'ATMOSPHÈRE.

Humidité de l'air. — Évaporation de l'océan. — Influence de la vapeur sur le climat. 85

Condensation de la vapeur d'eau. — Rosée. — Gelée blanche. — Brouillards. — Nuages. — Pluie. — Neige. — Verglas. — Grêle. 96

Courants atmosphériques. — Brises. — Alizés et contre-alizés. — Moussons. — Vents locaux. 112

Cyclones. — Leur direction. — Loi des tempêtes. 122

Vents secs. — Vents pluvieux. — Abondance ou rareté des pluies. 127

CHAPITRE III. — LES EAUX SOUTERRAINES.

Évaporation, ruissellement, infiltration. — Nappes souterraines. — Puits et sources. 137

Puits artésiens. 148

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -

Fraîcheur et pureté des sources. — Citernes et aqueducs. 156
Eaux minérales. — Eaux incrustantes. — Stalactites et stalagmites. 166
Sources chaudes. — Geysers. 172
Rivières souterraines. — Foibe. — Grottes. — Grottes d'Osselles, de la Balme, de Han, d'Adelsberg, d'Antiparos, du Mammouth. — Grottes artificielles. . . 178

CHAPITRE IV. — TORRENTS ET GLACIERS.

Les eaux sauvages. — Érosions produites par l'eau. 195
Les torrents. — Leurs caractères. — Torrents de l'Abyssinie. — Torrents des Alpes. — Reboisement des montagnes. 198
Neiges persistantes. — Leurs limites. — Avalanches. 209
Formation des glaciers. — Leur aspect. — Crevasses. — Séracs. — Moulins de glacier. — Puits de glace. — Tables de glacier. — Moraines. 217
Mouvement des glaciers. — Vitesse de progression. — Formation des crevasses et des moraines. 230
Fusion des glaciers. — Rivière sortant du glacier. 241
Progrès et recul des glaciers alpins. — Glaciers des Pyrénées. — Glaciers scandinaves. — Glaciers du Caucase. — Glaciers de l'Himalaya. 246
Glaciers polaires. — Calottes glaciaires. — Formation des icebergs. — Blocs erratiques. 253

CHAPITRE V. — LACS ET COURS D'EAU.

Les grands fleuves de la terre. — Bassins fermés : mer Caspienne; mer Morte; Grand lac Salé; lac Tchad. 265
Grands lacs américains; le Saint-Laurent et le Niagara. — Lacs africains; le Nil. 272
Débit d'un fleuve : étiage et crues. — Le Mississipi. — L'Amazone. — Inondations. 282
Congélation des lacs et des fleuves. — Embâcles et débâcles. 294
Pente des cours d'eau. — Rapides. 298
Travail des cours d'eau. — Cascades. — Le Saut du Doubs. — Le Ryukanfoss. — Chutes du Zambèze. 302
Lacs de barrages. — Estuaires. — Deltas. 312

15241. — Imprimerie Générale A. Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.

© Les Passerelles du Temps - 324 234 426 RCS Lyon - Website: www.exvibris.com - Renseignements : contact@exvibris.com -