cembre 1881, portant notamment prolongation de la durée de la concession, la Société Lyonnaise prend l'engagement de faire l'éclairage électrique du boulevard de la Gare pendant 10 mois aux conditions et prix convenus et que, moyennant cet essai, il est entendu que, si la commune d'Hyères se décide à un moment quelconque à adopter l'éclairage électrique, elle donnera à la Société Lyonnaise la préférence à tous autres demandeurs de la concession exclusive de ce mode d'éclairage à conditions égales ;

III. Considérant que l'article 13 précité du traité de 1867 est au nombre de ceux que l'article 10 du traité de 1881 déclare maintenues en ce qu'ils n'ont rien de contraire aux nouvelles conventions ; que du rapprochement des deux traités, il résulte que la ville d'Hyères, au moment où elle accordait à la Société une prolongation de concession, a entendu, tout en maintenant les droits résultant pour elle de l'article 13 du traité de 1867, s'assurer la faculté, en dehors du cas prévu par cet article, d'adopter l'éclairage électrique, sous la seule réserve du droit de préférence à conditions égales pour son concessionnaire du gaz ;

IV. Mais considérant que d'après la commune intention des parties, la préférence à conditions égales suppose nécessairement des propositions offrant des garanties sérieuses et portant sur des clauses pratiquement exécutables et permettant une exploitation normale et rémunératrice ; que l'état de l'instruction ne permet pas de reconnaître si le traité proposé par le sieur Gauthier répond aux conditions indiquées ci-dessus ; qu'il y a donc lieu, avant dire droit, d'ordonner une expertise ; Décide :

Art. 1er. — Il sera, avant dire droit au fond, procédé à une expertise à l'effet de déterminer si le traité offert à la ville par le sieur Gauthier et Cie offre des garanties sérieuses, si les clauses sont pratiquement exécutables et permettent une exploitation normale et rémunératrice ;

Faute par les parties de s'entendre sur le choix d'un expert unique, la ville d'Hyères et la Société Lyonnaise nommeront chacune un expert et le troisième expert sera désigné par le président de la Section du Contentieux du Conseil d'Etat ; le ou les experts prêteront serment entre les mains du vice-président du Conseil de préfecture du Var. Ils déposeront leur rapport au Secrétariat du Contentieux du Conseil d'Etat dans un délai de 3 mois à partir de la prestation de serment ;

Art. 2. — Les dépens sont réservés ; il y sera statué en fin d'instance.

Paul Bougault,
Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

LES TORRENTS DE LA SAVOIE

M. P. Mougin, Inspecteur des Eaux et Forêts, vient de publier un volume grand in-8° de 1 250 pages sur les torrents de la Savoie. C'est la description de tous les cours d'eau de cette région des Alpes et l'historique des travaux entrepris pour la conservation du régime des eaux, la correction du lit des torrents, la défense contre les inondations, etc... La documentation est formidable et d'une valeur sans égale. Ce travail fait le plus grand honneur à M. Mougin, dont nous avons déjà eu souvent l'occasion de citer les travaux dans cette Revue.

Nous mettons sous les yeux de nos lecteurs quelques-unes des pages de ce volume qui pourront le mieux leur donner une idée de l'intérêt qu'il présente.

I. L'ORIGINE DES TORRENTS EN SAVOIE

DESCRIPTION TOPOGRAPHIQUE SOMMAIRE DE LA SAVOIE

L'ancien duché de Savoie, réuni à la France depuis 1860, forme les deux départements de la Savoie et de la Haute-Savoie ; il a une superficie de 10 076 kilomètres carrés. Il est compris entre 45 degrés 05' et 46 degrés 25 de latitude Nord, 3 degrés 17' et 4 degrés 51' de longitude Est.

Du côté de l'Est, cette région confine au royaume d'Italie et à la République Helvétique dont la séparent la chaîne principale et un contrefort des Alpes ; au Nord, le Lac Léman, puis une ligne conventionnelle quittant le lac près d'Hermance et aboutissant à Chancy sur le Rhône constituent la frontière franco-suisse. Partout ailleurs, la Savoie touche au territoire français. A l'Ouest, sa limite suit le Rhône puis son affluent le Guiers ; au Sud, elle est formée par les Alpes de Maurienne se détachant au Thabor de la chaîne frontière, puis par le Bens, affluent du Bréda, qui lui-même se jette dans l'Isère, et enfin par une ligne conventionnelle atteignant les falaises qui terminent le massif de la Charteuse.

Les altitudes extrêmes sont 212 mètres au confluent du Rhône et du Guiers et 4 810 au sommet du Mont-Blanc. Entre ces deux points, la distance n'est que de 100 kilomètres à vol d'oiseau.

En quittant les bords du Rhône et en s'avançant vers l'Italie, on rencontre d'abord des montagnes peu élevées, calcaires ou gréseuses : ce sont les Préalpes et le Jura. Les Voirons (1486m), le Salève (1380m), le Vuache (1111m), la chaîne de la Chambotte (852m), et celle de l'Epine (1497m) leur appartiennent et sont comme les ouvrages avancés, échelonnés tout près du fleuve, qui défendent l'accès du grand massif alpin.

A bonne distance en arrière et séparés par les larges glacis du lac du Bourget, du bas Chéran et de la Fillière, se dressent de hauts remparts calcaires découpés par de profondes cluses. Des vallées ramifiées, souvent étranglées par les rocs, ouvertes vers le Nord-Ouest ont permis d'aborder et de parcourir tous les replis de ces chaînes dites subalpines. Du côté de l'Orient, ces divers groupes de montagnes se terminent par des falaises ou des escarpements que, seuls, de rares passages interrompent. Leur autonomie s'accuse également dans les noms particuliers qu'ils ont reçus.

C'est d'abord le massif des Dranses formant l'arrondissement de Thonon et une très faible partie de celui de Bonneville, au Sud du lac Léman, séparé en deux parties par la Dranse, depuis la Tête de Bostan (2.411m), à la frontière suisse, jusqu'à Bioge et ensuite, de là à son embouchure, dans le lac suivant une dépression orientée S.S.E.-N.N.W.

La région de l'Est est parcourue par la Dranse d'Abondance et celle de l'Ouest par la Dranse de Bellevaux ou Brevon qui se réunissent toutes deux près de Bioge, à 10 kilomètres en amont de Thonon à la Dranse de Morzine. L'ensemble de ces vallées et les bords du Léman constituent le Chablais. Au Sud du massif et orienté sensiblement E.-W. coule le Giffre descendu des glaciers du Mont-Ruan (3 076m) également à la frontière suisse ; il passe à Sixt, à Samoens et à Taninges et se jette dans l'Arve à Marignier.

Sur la rive gauche de cette dernière rivière, artère du Faucigny, se dressent les escarpements du massif des Bornes, compris dans le quadrilatère : Sallanche, Bonneville, Annecy, Ugines. Le principal cours d'eau qui en sort est le Fier qui, né au Mont-Charvin (2 414m), coule du S.-S.-E. au N.-N.-W. jusqu'à la gorge de Saint-Clair et reçoit, à droite, à Thones, le torrent du Nom, venu du col des Aravis (1 498m). Ce col, un des plus beaux de la région, met en communication la vallée du Fier avec celle de l'Arly. Toute la portion septentrionale de cette région verse ses eaux dans le Borne venu de Pointe-Percée (2 752m) et qui a donné son nom au massif.

Article published by SHF and available at http://www.shf-lhb.org or http://dx.doi.org/10.1051/lhb/1914018

Au Sud et au S.-W. des Bornes et les séparant des Beauges se creusent les vallées du lac d'Annecy, de l'Eau-Morte, et de la Chaise se réunissant au col de Faverges, dont l'altitude n'est que de 500 mètres.

C'est le Chéran venant de la pointe Chaurionde (2 297^m) et dont la direction générale est encore du S.-E. au N.-W., qui sert d'émissaire aux eaux de toutes les montagnes des Beauges et les amène au Fier près de Rumilly.

Le bassin de Chambéry, qui n'est autre que celui du lac du Bourget et de son affluent, le torrent de Leysse, descendu des pentes S.-W. des Bauges, fait communiquer le Rhône avec l'Isère par le seuil peu élevé de Chignin (301^m). Dominé à l'Est par les Beauges, il l'est au S.-W. par les cimes septentrionales de la Chartreuse, dont le point culminant dans la région est le Mont-Granier (1 938^m), à la limite de la Savoie et du Dauphiné.

Toutes ces cluses transversales qui entaillent si profondément les falaises calcaires semblent être des canaux d'écoulement ménagés par la nature aux eaux de fusion des glaciers des hautes régions situées plus à l'Est. Et, en effet, on trouve sur les terrasses qui bordent ces vallées la preuve indiscutable qu'autrefois l'Isère et le Doron de Beaufort gagnaient directement le Rhône, l'une par le lac du Bourget et l'autre par le lac d'Annecy, comme aujourd'hui encore l'Arve par le défilé de Magland.

Il a fallu des phénomènes de capture pour donner au Doron et à l'Isère leur direction actuelle au travers de la large et superbe vallée que l'on nomme d'abord le Grésivaudan, puis la Combe de Savoie. La vallée de l'Isère continuée par celle de l'Arly, le col largement échancré de Mégève, la vallée de l'Arve après celle de la Diosaz, le col d'Anterne et le Haut-Giffre, telle est la ligne de démarcation entre les chaînes subalpines et les Alpes proprement dites.

D'une façon générale, les Alpes occupent en Savoie une surface triangulaire affectant la forme d'un secteur circulaire dont le sommet serait au Mont-Blanc (4 810^m), dont les lignes joignant cette sommité à la Levanna (3 619^m) en suivant la frontière franco-italienne d'une part, au Puy-Gris (2 960^m) à la limite du département de l'Isère, d'autre part, seraient les rayons extrêmes.

Entre la chaîne frontière et celle qui, parallèlement à la dépression de l'Isère, relie le Mont-Blanc à Belledonne s'insère une série d'autres chaînons disposés en éventail et orientés entre N.-S. et N.E.-S.W. D'importantes vallées, presque parallèles, concentriques, incurvées vers le Sud, coupent successivement ces divers ressauts et atteignent jusqu'aux extrémités mêmes du territoire.

Au Nord, on trouve d'abord l'Arve, sortie du col de Balme (2 202^m), qui longe la chaîne du Mont-Blanc, rassemble les eaux de nombreux torrents glaciaires parmi lesquels il faut citer l'Arveyron et le nant de la Griaz ; elle tourne ensuite à l'Ouest à partir des Houches, reçoit à droite la Diosaz descendue du Buet (3 109^m), le nant Noir sorti des éboulis du Dérochoir ; à gauche, le nant Nalien, venu du col de Voza (1 675^m) et, au Fayet, le Bonnant, issu du col de Bonhomme (2 340^m), qui parcourt le val de Montjoie en recueillant les torrents des glaciers du Sud du Mont-Blanc, ainsi que le nant Borrant et le nant Rouge, plaies vives ouvertes dans le flanc oriental du Mont-Joly. A partir de Domancy, l'Arve quitte la zone alpine et remonte vers le Nord.

A 40 kilomètres plus au Midi, s'ouvre une longue vallée, la plus importante de la Savoie, celle de l'Isère qui, depuis son origine au glacier de la Galise jusqu'à Bourg-Saint-Maurice, court en remontant vers le Nord parallèlement à la frontière franco-italienne.

De Bourg-Saint-Maurice (815^m) à Albertville (340^m), l'Isère s'infléchit d'abord vers le S.-W. jusqu'à Moutiers (402^m) d'où elle rebrousse brusquement vers le N.-W. pour venir déboucher sous la terrasse de Conflans, à l'origine de la Combe de Savoie. De nombreux cours d'eau viennent dans tout ce long trajet se jeter dans l'Isère. Parmi les plus importants on peut citer : à droite, le Versoyen grossi du torrent des Glaciers, dont le bassin, par le col de la Seigne (2 512^m) et le col du Bonhomme (2 340^m) communique avec le Val Veni et la vallée de Montjoie.

A gauche, à Moutiers, l'Isère est presque doublée par le Doron. Le Doron, appelé aussi Doron de Bozel ou de Pralognan, a un bassin très considérable couronné au Sud et à l'Est par les importantes nappes glaciaires de Polset et de la Vanoise ; il est grossi à droite par le Doron de Champagny, à gauche par le Doron de Belleville accru du ruisseau des Encombres dont l'origine est au col de même nom (2 421^m) qui mène dans la vallée de l'Arc.

Tout le bassin de l'Isère et de ses affluents compris dans la région alpine a reçu le nom de Tarentaise. La Tarentaise englobait aussi tout le bassin du Doron de Beaufort. Cette rivière, affluent de gauche de l'Arly, qui lui-même rejoint l'Isère sous Albertville, a une direction générale E.-W. Elle naît près du col de Roselend qui conduit dans la vallée des Glaciers, reçoit à gauche le nant de Treicol, puis, à Beaufort, l'Argentine ou ruisseau d'Arèches, dont la vallée correspond avec celle de l'Ormente par le Cormet d'Arèches (1944^m) et avec celle du nant Bénétant par le col de la Bathie (1906^m).

De même que les bassins des Dranses, de l'Arve et de l'Isère, celui de l'Arc a reçu un nom spécial : il forme à lui seul la Maurienne.

Mais à la différence de l'Isère et de l'Arve, tout le cours de l'Arc se trouve dans la zone alpine. L'Arc sort du glacier des sources de l'Arc, à 2 810 mètres, au pied de la Levanna (3 619^m) ; il doit son nom à la courbe qu'il décrit, dont la concavité est dirigée du côté du Nord et dont le point le plus méridional est au village des Fourneaux. Il est, à son origine, puissamment alimenté par les importants glaciers de plateaux qui marquent la frontière franco-italienne, jusqu'à Bessans (1 799^m). En aval de cette localité, il reçoit à droite : le Doron de Termignon (1 280^m) qui se forme à Entre-deux-Eaux, au pied du col de la Vanoise (2 473^m) des deux torrents la Leysse et la Rocheure, émissaires des produits de la fusion d'un cirque de petits glaciers.

En aval de Modane, le Poussel, la Grollaz, le torrent de Saint-Martin, le Rieu Sec, le Claret et le Saint-Julien sont les affluents de droite les plus importants. On trouve ensuite, en descendant la vallée, les ruisseaux d'Hermillon, et de Pontamafrey, le Bugeon qui prend sa source au col de la Madeleine (1 984^m), les ravins de la Chapelle, des Moulins d'Epierre, de la Balme et de Montartier, le ruisseau de la Roche venant du col de Basmont (1 600^m) et enfin le Vorgeray qui longe le versant occidental du Grand Arc (2 489^m).

A gauche, l'Arc reçoit aussi, depuis Lanslebourg, un nombre considérable de tributaires, parmi lesquels il faut mentionner les torrents de l'Envers, du nant et de Saint-Antoine, le Charmaix, la Neuvache et la Valloirette qui descend du massif du Galibier, le Rieu-Bel à Villargondran et, à St-Jean-de-Maurienne (533^m), le boueux Arvan, grossi du Merderel de Villarembert, du Merderel des Albiez et du Bon-Rieu de Jarrier ; puis, à Saint-Etienne-de-Cuines (455^m),

le Glandon venu du col de ce nom (1 951^m), accru des eaux du ravin de Niolan, enfin le torrent de la Corbière à Saint-Pierre-de-Belleville et le ruisseau de la Croix-d'Aiguebelle.

De ce que les trois grandes vallées de l'Arve, de l'Isère et de l'Arc, coupent plus ou moins obliquement les chaînes alpines résulte cette conséquence que les lignes de faîte qui les séparent ont un relief très irrégulier ; elles atteignent une altitude considérable, lorsqu'elles arrivent au sommet d'un des plissements pour retomber à un niveau souvent assez bas, immédiatement en avant ou en arrière.

Entre le bassin de l'Arve et celui de l'Isère, l'arête de partage des eaux part de l'Aiguille des Glaciers (3 634^m), au Sud du massif du Mont-Blanc, gagne la pointe des Fours (2 761^m), le col du Bonhomme (2 340^m), la pointe de Rosellette (2 690^m), le col du Joly (1 999^m), les Aiguilles du Joly (2 487^m) et le col de Mégève (1 121^m) qui sert de démarcation entre les zones alpine et subalpine.

La crête qui court entre le Doron de Beaufort et l'Isère se soude à la précédente à la pointe des Fours, descend au Cormet de Roselend (1 922^m), remonte à la Grande Parei (2 731^m) et continue à osciller, en passant par le Cormet d'Arèches (1 944^m), le Cret du Rey (2 689^m), le col de la Louze (2 125^m), le Grand-Mont (2 698^m), le col de la Bathie (1 906^m) et le Mirantin (2 465^m).

Si l'on examine le massif montagneux entre la Tarentaise et la Maurienne, on voit que les deux versants se coupent suivant une ligne brisée qui se détache à la cime d'Oin (3 514^m) de la frontière italienne et atteint successivement le col du Mont-Iseran (2 769^m), la pointe de Méan Martin (3 337^m), la pointe de la Sana (3 450^m), le col de la Leysse (2 780^m), l'Aiguille de la Grande-Motte (3 663^m), le col de la Vanoise (2 473^m), la Dent-Parrachée (3 712^m), le col de Chavière (2 806^m), l'Aiguille de Polset (3 558^m), le Mont-Brequin (3 194^m), le col des Encombres (2 337^m), le Grand Perron des Encombres (2 828^m), le Grand Coin (2 717^m), le Cheval Noir (2 834^m), le col de la Madeleine (1 984^m), le Gros Villan (2 688^m), le Bellachat (2 488^m), le col de Basmont (1 807^m) et le Grand Arc (2 489^m).

Du côté du Sud, la Maurienne se termine par une nouvelle série de montagnes qui la sépare du Dauphiné. Cette limite part de la ligne frontière d'Italie au pic du Thabor (3 205^m) pour arriver à la cime de Montgilbert (1 476^m) par la roche du Grand Galibier (3 242^m), le col du Galibier (2 658^m), le pic des Trois-Evêchés (3 120^m), le pic de l'Etendard (3 473^m), le col de la Croix de Fer (2 088^m), la pointe de l'Ouillon (2 436^m), le col du Glandon (1 951^m), les rochers d'Argentiers (2 917^m), le col du Merlet (2 294^m), le pic du Frêne (2 808^m), la pointe du Rognier (2 346^m) et le col du Grand Cucheron (1 202^m).

Si l'on observe que la zone subalpine présente de nombreuses falaises calcaires dominant les pentes inférieures, que dans la région alpine des Aiguilles, des pointes rocheuses s'élancent fréquemment à plus de 3 000 mètres, on peut en conclure que le ruissellement doit s'exercer avec intensité et qu'outre les agents naturels de désagrégation, les actions érosives énergiques contribuent puissamment à modifier sans cesse le relief du sol. Comme il n'est pas rare de trouver dans les montagnes savoisiennes des versants dont l'inclinaison atteint et dépasse 100 p. 100, il se produira donc des phénomènes torrentiels chaque fois que les conditions nécessaires pour leur donner naissance se trouveront réunies.

DES CAUSES DE LA TORRENTIALITÉ. — DÉFINITIONS.

Dans le langage courant, on désigne par torrent tout cours d'eau descendant des montagnes. Combien de poètes ont chanté le murmure ou la plainte du ruisselet limpide ! Qui n'a entendu célébrer les heurts, les violences contre les rochers de sombres gorges d'une eau rugissante, écumeuse qui semble vouloir ébranler les falaises d'alentour et se précipite par de prestigieuses cascades dans les plaines qu'elle anime et féconde ! Les torrents dont il sera ici question n'ont rien du charme qui a inspiré tant de gracieuses idylles ou de romantiques descriptions : ce sont des cours d'eau à crues subites et violentes, à pentes fortes et irrégulières. Ils affouillent, le plus ordinairement dans la montagne, déposent dans la plaine leurs matériaux de charriage en exhaussant leur lit, ce qui a pour conséquence le déversement des filets liquides au moment des crues.

D'ordinaire, un torrent comprend trois parties bien distinctes :

1° Le bassin de réception où se rassemblent les eaux qui constituent le torrent et où elles arrachent une grande partie des matériaux de charriage ;

2° Le canal d'écoulement par où descendent vers la vallée principale les eaux venues des régions supérieures ;

3° Le cône ou lit de déjections, à l'issue du canal d'écoulement sur la plaine et où se forment des dépôts. Les matières transportées proviennent ou bien du décapage par les agents atmosphériques (pluie, grêle, neige) de surfaces dénudées, ou bien des érosions des eaux dans les thalwegs, ou bien encore de glissements de berges ou de versants entiers, causés par affouillements ou excès d'humidité.

Depuis le milieu du XIXe siècle surtout, de nombreuses personnes ont recherché les causes de ces érosions et de ces affouillements : parmi ces observateurs, il faut citer Alexandre SURELL, ingénieur des Ponts et Chaussées, qui, en 1841, a publié une magistrale *Etude sur les torrents des Hautes-Alpes*, qui fait encore autorité, et P. DEMONTZEY, inspecteur général des Forêts, dont l'*Etude sur les travaux de reboisement et de gazonnement des Montagnes* a été le guide des forestiers des Alpes.

Combien d'autres administrateurs, ingénieurs ou forestiers se sont occupés, tant en France qu'à l'Etranger, des graves problèmes que soulève la lutte contre les torrents !

Il résulte de l'expérience de près d'un siècle que les causes de la formation des torrents sont au nombre de trois qui sont plus loin étudiées en détail :

1° *La nature géologique du sol.*

Tout le monde sait que les divers terrains sont inégalement résistants. Alors que des roches cristallines ou sédimentaires sont très compactes, il se trouve des couches argileuses, gypseuses ou schisteuses très tendres, s'effritant à l'air, facilement attaquables par la gelée, le soleil et l'humidité. Il est clair qu'un courant d'eau, même très faible, aura vite fait de raviner un sol nu, formé des produits de désagrégation de ces dernières roches, tandis qu'il arrivera à peine à entamer, au bout d'un temps très long, les affleurements granitiques ou calcaires sur lesquels il s'écoule. De même, les matériaux meubles, de faibles dimensions, cailloutis, alluvions, sables, dépôts fluviaux ou glaciaires se trouveront entraînés par le ruissellement, si rien ne vient réduire la vitesse et la force de propulsion des filets liquides.

2° *Le climat.*

C'est un fait d'expérience que les désastres causés par les torrents ne se produisent qu'à la fonte des neiges ou à la

suite de pluies d'orage. Dans la Savoie, où les montagnes atteignent des altitudes considérables, il n'est pas rare de voir les pentes couvertes de neige fort tard se dépouiller en quelques jours de leur manteau hivernal. Souvent en une semaine, soleil et vent du Sud délivrent les eaux immobiles, font verdir les pelouses et s'épanouir les fleurs des Alpes. C'est encore le soleil qui dans les longs jours d'été aspire l'humidité du sol que condensent en nuages et pluies les cimes élevées, les arêtes rocheuses et les aiguilles. L'orage alors déverse ses flots qui, suivant l'état du sol, s'écoulent lentement, inoffensifs, utiles même à la pérennité des sources ou se précipitent en *mascaret* terrible qui ravage tout sur son passage ; seule, en effet, la végétation ligneuse peut ralentir sur les pentes le ruissellement et en supprimer les fâcheuses conséquences.

3° *Le déboisement et les abus de jouissance.*

Il n'est personne aujourd'hui pour mettre en doute les effets de la forêt que Surell a résumés dans les quatre propositions suivantes devenues de véritables axiomes :

a) La présence d'une forêt sur un sol empêche la formation des torrents ; *b)* La destruction d'une forêt livre le sol en proie aux torrents ; *c)* Le développement des forêts provoque l'extinction des torrents ; *d)* La chute des forêts revivifie les torrents éteints.

DE LA FORÊT, DE SON ACTION

Depuis l'époque où le grand ingénieur condensait ainsi en formules le résultat de nombreuses observations, dans plusieurs pays d'Europe et notamment en France, en Allemagne, en Autriche et en Russie, des savants, des forestiers, des agronomes étudiaient minutieusement l'influence sur les eaux superficielles ou souterraines des massifs boisés dont ils expliquaient ainsi scientifiquement l'action protectrice et bienfaisante.

Le feuillage persistant des essences résineuses retient du cinquième au tiers de la lame d'eau qui tombe annuellement. Si la pluie est de peu de durée, il peut fort bien arriver qu'aucune partie n'en arrive au sol. Toute cette eau, interceptée par le couvert des arbres qui a aussi l'avantage de protéger le sol contre le choc mécanique des gouttes d'eau ou de la grêle, est rendue à l'atmosphère par évaporation.

Dans les forêts feuillues de Lorraine, la proportion de pluie retenue par les cimes ne serait environ que le neuvième de la précipitation totale.

M. le professeur Henry, de l'Ecole forestière de Nancy, estime toutefois qu'elle pourrait atteindre les trois dixièmes de cette précipitation, tandis que dans les futaies résineuses elle monterait jusqu'à la moitié.

De la pluie qui, au travers des branches et des feuilles ou des aiguilles, parvient jusqu'au terrain, une nouvelle quantité retourne encore à l'atmosphère par évaporation.

La couverture de feuilles mortes est une véritable éponge qui peut retenir par hygroscopéité une tranche pluviale de 74 millimètres avant de rien laisser écouler par ruissellement. On peut dire que le ruissellement est à peu près complètement supprimé sur les versants couverts de forêts en bon état, où la couverture est respectée.

En forêt, la neige s'amoncelle mieux, fond plus tardivement et plus lentement en imprégnant le sol. Une fois la couche humique saturée, une portion de liquide pénètre dans les profondeurs du terrain et va, soit alimenter les sources, soit humecter les racines des arbres qui la renvoient dans l'air par respiration. D'après M. Von Höhnel, naturaliste allemand, un hectare de forêt de 100 ans peut exiger journellement de 25 à 30 tonnes d'eau, ce qui correspond à une hauteur de 2 mm. 5 à 3 millimètres de pluie.

Il n'y aura donc que le surplus de la pluie qui n'aura pas été évaporé ou absorbé qui pourra ruisseler sur la pente, et ces filets liquides superficiels, arrêtés à chaque pas par le réseau des radicelles ,ne gagnent que lentement les thalwegs sans pouvoir engendrer de crues dangereuses. Cependant il faut se garder d'attribuer à la forêt un pouvoir de rétention indéfini : sa puissance absorbante a une limite et lorsque le feuillage, la couverture morte, le sol, sont saturés d'humidité, il faut bien que l'eau en excès s'écoule ; mais à ce moment encore, la forêt, si elle n'agit plus guère au point de vue hydrologique, n'en joue pas moins un rôle de première importance pour le maintien des terres sur les pentes. A la suite de grandes pluies prolongées, il y aura inondation, mais pas de déchirures en montagne et partant pas de laves torrentielles.

Au point de vue climatérique, la forêt exerce également une influence non moins nette, dans les régions boisées ; en effet, 1° les maxima de température sont très atténués et les minima moins prononcés ; la résultante est un abaissement de température moyenne annuelle ; 2° la pluviosité augmente.

L'importance de ces actions diverses dépend de la nature des essences, et des méthodes culturales appliquées.

Comme on peut traiter les massifs boisés de diverses manières, en taillis simples ou composés, en futaie régulière ou jardinée, les exploiter à blanc étoc, en jardinant, en furetant, en éclaircissant, il convient de rechercher quelle sorte de forêt convient le mieux.

Le taillis se coupe d'ordinaire par grandes surfaces et à intervalles très rapprochés : 30 ans, 35 ans au plus. Trop souvent découvert, le sol reste exposé aux chocs des pluies et des grêles ; l'humus s'oxyde rapidement et ne joue plus, pendant un certain nombre d'années, le rôle d'éponge qui prévenait le ruissellement et partant les érosions. Pour les futaies, la coupe blanche présente les mêmes inconvénients, et si elle a lieu en montagne, elle risque encore d'engendrer de dangereuses avalanches.

Sans présenter de ces périodes critiques, les taillis furetés n'ont ni un couvert assez épais ni un humus assez abondant pour exercer une action protectrice très énergique. D'ailleurs ils ne dépassent guère l'altitude de 1 500 mètres en Savoie et il ne saurait en être question dans les régions plus élevées.

Dans les futaies résineuses, le mode de traitement peut varier énormément ; le plus rudimentaire est la coupe blanche. Mais, alors que le feuillu donne d'abondants rejets, la souche du résineux demeure stérile et on ne doit attendre la régénération que de l'ensemencement naturel ou artificiel ou de la plantation. De même que dans le taillis, après l'abatage, le sol est vite dépouillé de sa couverture morte et il demeure, chose grave, exposé beaucoup plus longtemps aux actions météorologiques. Le peuplement est, en effet, beaucoup plus lent à se reconstituer, même si l'on plante, et *a fortiori* si on attend la germination des graines que le vent apportera peu à peu, que dans le taillis où il n'est pas rare de voir des rejets vigoureux former un épais fourré en 4 ou 5 ans. Pendant toute cette période, le versant reste exposé aux érosions, aux ravinements, aux glissements de neige. Il faut donc que le massif soit toujours bien complet. C'est un résultat qu'on obtient en traitant la futaie, soit par la méthode du réensemencement naturel et des éclair-

cies (qui a cependant l'inconvénient en montagne, où les vents sont souvent très violents, de donner de nombreux chablis), soit par la méthode du jardinage, c'est-à-dire en enlevant çà et là un ou plusieurs arbres.

La futaie, et surtout la futaie résineuse, jouit au plus haut degré des diverses propriétés de fixer le terrain et d'empêcher le ruissellement par ses racines, de le protéger contre les actions météorologiques, d'absorber par sa couverture morte et ses racines une quantité d'eau considérable. Le commentaire qui précède permet donc de préciser ce qu'il faut entendre par forêt dans les formules de SURELL.

Dans le chapitre suivant M. MOUGIN décrit la nature géologique du sol de la Savoie. Il étudie successivement la chaîne du Jura, les Préalpes, les chaînes subalpines comprenant les massifs du Platé, des Bornes, des Bauges et de la Chartreuse, puis enfin les Alpes et les terrains éruptifs. Dans chaque chaîne et chaque massif l'auteur décrit méthodiquement l'ère secondaire, l'ère tertiaire et l'ère quaternaire en y étudiant les systèmes jurassique, crétacé et liasique et triasique.

Ce chapitre se termine par les « TERRAINS TORRENTIELS » que nous citons en entier.

LES TERRAINS TORRENTIELS

D'après l'exposé qui précède, on peut indiquer quels étages géologiques sont le plus favorables au développement de l'action torrentielle en Savoie.

Les roches éruptives, granits, protogynes, etc..., d'une façon générale, sont peu exposées au ravinement, non plus que les gneiss et terrains primitifs. Mais dans les schistes cristallins, on commence à trouver quelques couches plus tendres. Certains schistes à séricites se désagrègent assez aisément et il pourra y naître des ravins (la Corbière à Saint-Alban-d'Hurtières, le Nant Cortet à Cohennoz).

Dans les formations permo-carbonifères, les schistes et grès houillers donnant, par leur décomposition, des sols très meubles et très perméables, perdant leur cohésion par suite d'un excès d'humidité, arrivent à engendrer, sous l'action érosive des eaux, de très dangereux torrents. (Le Poussot à Orelle, la Grollaz à Beaune).

Mais ce sont surtout les gypses tendres, solubles, du trias qui sont le plus exposés aux affouillements. Sous l'action des eaux souterraines, il se produit des galeries, des cavernes qui, tôt ou tard, s'effondrent ; il peut arriver qu'aucune fracture ne se manifeste à la superficie, mais généralement ces tassements se produisent à la surface par des entonnoirs très caractéristiques. Un ruisseau s'engouffre-t-il dans ces dépressions, il reparaît rarement et on ne peut prévoir ni l'ampleur, ni l'endroit des débâcles qui s'y produiront tôt ou tard (Arbonne à Bourg-Saint-Maurice ; Merderel de Fontcouverte).

Pour n'être pas cachée comme dans les gypses, l'action des eaux n'est pas moins redoutable lorsqu'elle s'exerce sur les schistes et les marnes noirs du lias. Même sur des pentes très faibles, ces terres argileuses, sous l'influence d'une humidité persistante, se mettent à fluer en coulées pâteuses : il suffit donc d'un ruisselet pour y creuser un sillon profond qui va sans cesse s'agrandissant aux dépens des rives. Mille filets d'eau, dont l'origine est le plus souvent un léger pli du sol ou une déchirure de la berge, gagnent de plus en plus au loin, tentacules qui rongent la montagne et en apportent les débris à la pieuvre géante qu'est le torrent principal. Toutes ces particules terreuses glissent en masses boueuses, envahissent la vallée, recouvrent les cultures, menacent les voies de communication et les villages (Rieu Bel à Villargondran, Bon Rieu de Jarrier).

Dans le système jurassique, le dogger (bathonien et bajocien) avec ses couches marneuses est également très affouillable. Aussi y rencontre-t-on des torrents et des ravins (le Nant Trouble à Ugine, le Brevon à Vailly).

Les schistes et calcaires marneux du berriasien et du valanginien (système crétacé), très tendres, sont aussi fréquemment décapés et érodés (torrent de Reninges à Passy, torrent de Mafond à Sixt).

De l'ère tertiaire, on ne trouve guère que des grès, des conglomérats et des schistes ardoisiers, en général, assez résistants. Aussi n'y voit-on guère de déchirures torrentielles. Cependant on peut citer le grand glissement de Mont-Denis dans un sol produit par la désagrégation de ces couches et le ravin du Bouchet où menacent de se produire des glissements de fond.

Au fond des vallées, il n'est pas rare de voir les rivières remanier les alluvions anciennes ou récentes, ronger le pied de terrasses glaciaires qui se décapent peu à peu et s'éboulent dans le thalweg, faute de cohésion entre les divers éléments dont elles sont composées.

Mais à côté de la nature même du sol, il est encore un autre élément qui favorise ou contrarie l'action torrentielle, c'est la disposition des couches. Il est clair que si les roches présentent une texture imbriquée, les eaux, les neiges glisseront à leur surface sans y causer grand dégât. Mais si les diverses assises se présentent normalement à la pente, l'humidité pénètre mieux dans leurs interstices, la gelée les disloque et, au dégel, des masses de matériaux vont s'effondrer dans le thalweg voisin. Survienne un orage ou une brusque fonte de neige, et voilà tous ces débris entraînés d'un seul coup jusque dans la plaine (La Gruvaz à Cevins).

Enfin, il est certains cours d'eau qui ne peuvent qu'avoir un caractère torrentiel : ce sont ceux qui sortent des glaciers. Les glaciers charrient et déposent à leurs fronts une quantité de boues et de pierres qu'ils ont reçues dans leur parcours, par suite de la désagrégation des roches supérieures, ou que, par suite des frictions énergiques exercées, ils ont arrachées aux parois encaissantes. Chaque crue aura donc pour conséquence la reprise et le remaniement de ces moraines (torrent des Pellerins à Chamonix) et il est clair que ce processus continuera tant qu'il y aura des glaciers.

II. — LE CLIMAT DE LA SAVOIE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La Savoie se trouvant sous le 46e de latitude Nord devrait jouir d'un climat tempéré ; mais la présence de massifs montagneux puissants atteignant l'altitude la plus grande de toute l'Europe (4 810 mètres au Mont-Blanc), à côté de vallées basses (212 mètres sur le Rhône) font que l'on y rencontre les climats les plus divers.

A elle seule, la succession des végétaux suffirait à indiquer aux esprits les moins observateurs les différences climatériques des diverses régions savoisiennes. Alors que, dans la Combe de Savoie, on rencontre le figuier, l'amandier et autres fruitiers, plus en amont, le noyer, le châtaignier, la vigne subsistent. Ces essences disparaissent ainsi que le chêne et sont remplacées par les résineux, le pin sylvestre et le sapin d'abord, le mélèze, l'épicéa, le pin cembro ensuite. L'arolle finit même par devenir rare et par céder la place aux pelouses au-dessus desquelles règne l'éternelle stérilité.

C'est devenu une banalité que de dire que la température s'abaisse au fur et à mesure qu'augmente l'altitude et que

plus on se trouve haut au-dessus du niveau de la mer, plus les précipitations affectent la forme solide. En continuant à s'élever, on trouve une zone où les condensations ne sont plus que neige, grêle ou grésil, une région où le sol demeure constamment couvert de frimas. On sait maintenant que les massifs montagneux favorisent les précipitations, principalement lorsqu'ils sont boisés et, par conséquent, on peut prévoir qu'en Savoie le régime pluvial pourra différer suivant les vallées, d'après la hauteur et le taux de boisement des versants qui les constituent comme aussi suivant les saisons. L'importance des pluies est un facteur très important de l'action torrentielle. Il est d'observation, en effet, que les crues brutales n'ont lieu qu'à la suite d'une brusque fonte des neiges ou d'un violent orage, ou encore à la suite d'une pluie très prolongée.

La distribution des précipitations n'a pas moins d'intérêt au point de vue végétal : suivant le cas, le terrain sera desséché la plupart du temps et ensuite inondé, sans être imbibé par de courtes et soudaines averses, et il ne nourrira que des plantes xérophiles, ou bien, mouillé régulièrement, il conservera toujours le taux d'humidité indispensable à la vie du plus grand nombre des espèces herbacées ou ligneuses. Les condensations elles-mêmes dépendent du régime des vents dans la région considérée et, en montagne, il n'est pas rare de voir des courants aériens spéciaux dans chaque vallée. Une longue suite d'observations poursuivies à Annecy depuis 1773 par le Docteur Despine et le chanoine Vaullet ; à Chambéry, depuis 1786, par Dacquin, par le chanoine (depuis Cardinal) Billiet et par les professeurs du grand Séminaire et enfin, après l'annexion, les bulletins et carnets des commissions de météorologie et les observations faites par l'administration des Ponts et Chaussées fournissent une quantité de documents précieux pour l'histoire météorologique de la Savoie. Combien peu de départements pourraient en offrir autant ?

LES VENTS

La Savoie, au point de vue des vents, subit l'influence de l'Océan Atlantique et les dépressions constatées à l'Ouest de la France y arrivent environ de 24 à 36 heures après avoir été observées à Paris.

Mais, par sa situation au milieu du bassin du Rhône, la Savoie est encore soumise aux perturbations atmosphériques de la Méditerranée. Ce sont les vents chauds et humides du Sud, qui souvent, en hiver ou au printemps, amènent la fusion brusque des neiges et des inondations soudaines. Au contraire, les vents du N., du N.-E. et du N.-W. sont froids et secs.

Venant du golfe de Gascogne, les vents de S.-W. sont chauds, chargés de vapeur d'eau, amènent la pluie et fréquemment, en été, des orages. Plusieurs de ces vents ont reçu des noms spéciaux dans la région. Ainsi le vent du Nord s'appelle bise ; la bise noire est un vent d'entre Nord et Nord-Est, très froid, qui chasse les nuages le long des crêtes et finit par les dissiper : on aurait remarqué que la bise noire souffle périodiquement pendant trois ou neuf jours.

On désigne simplement, sous le nom de vent, le vent du Sud : le vent d'Ouest est connu à Chambéry sous le nom de Traverse, parce qu'il franchit la chaîne de l'Epine, et celui d'Est sous le nom de Matinière, parce qu'il souffle surtout au lever du soleil. Le vent d'Est est froid, un peu humide, car il passe par dessus les Alpes toujours plus ou moins enneigées : aussi, en hiver, amène-t-il fréquemment la neige. A côté de ces grands courants d'air qui s'étendent sur toute la Savoie, il y a dans le fond de certaines vallées des vents spéciaux qui n'ont lieu qu'en été.

Le régime des vents n'est pas demeuré constant et ce sont tantôt les vents d'entre N.-E. et N.-W., tantôt les vents d'W. et S.-W qui dominent.

Sont qualifiés vents du Nord les vents soufflant du N.-N.-E. au N.-N.-W.; vents d'Ouest, ceux soufflant du N.-W. à l'W.; vents du S.-W., ceux venant d'entre le W.-S.-W. et le S.-S.-W. ; vents du Sud, ceux soufflant du S. au S.-E., et vents d'Est, ceux soufflant de l'E.-S.-E. au N.-E.

Aussi bien à Annecy qu'à Chambéry, depuis 1890, ce sont les vents chauds et humides d'entre N.-W. et S.-E. qui dominent de beaucoup : ils soufflent ici pendant 84 et là pendant 85 pour 100 des jours de l'année, soit les 5/6 du temps. On peut donc *a priori* affirmer que les précipitations seront plus fréquentes avec ces vents.

La comparaison des tableaux des vents à Annecy et à Chambéry fait ressortir la plus grande fréquence des vents du Nord à Annecy, des vents d'Est à Chambéry. Bien que situées dans des vallées largement ouvertes, ces villes se trouvent néanmoins à proximité de massifs montagneux importants qui modifient profondément la direction générale des courants d'air.

Mais dans l'ensemble, Chambéry et Annecy ont bien le même régime des vents.

Si l'on s'enfonce dans la région alpine. on constate au contraire que les vallées souvent étroites, resserrées, dominées par des cimes très élevées, sont parcourues par des vents qui semblent n'avoir aucun rapport avec ceux qui soufflent de l'Océan ou de la Méditerranée. Des arbres penchés du côté d'amont montrent par leur inclinaison la constance et la force de ces courants : ce phénomène est général et peut s'observer dans les vallées de l'Isère, de l'Arve et de l'Arc.

Ces brises ont des caractères spéciaux, faciles à distinguer : elles n'existent pas durant la mauvaise saison ; mais c'est de mai à septembre qu'elles se font sentir, lorsqu'il fait beau, car elles cessent par la pluie ou les temps couverts. C'est vers 8 ou 9 heures du matin que ces vents se lèvent, remontent les vallées, croissent en intensité jusque vers 4 heures, puis diminuent peu à peu vers 7 ou 8 heures du soir ; ce sont des vents inférieurs, qu'on ne trouve plus à quelques centaines de mètres au-dessus du thalweg.

Après un moment de calme, vers 9 heures du soir, il se lève un autre vent moins violent qui descend la vallée jusqu'à l'apparition du soleil.

Ces brises périodiques ont été étudiées en Maurienne par le Cardinal Billiet, à Moutiers par M. Roche, Directeur des Royales-Salines. Dans cette localité, la brise diurne remonte le cours de l'Isère et vient du défilé d'Aigueblanche. La nocturne arive par les vallées du Doron de Bozel et de l'Isère du côté d'Aime.

En Tarentaise, comme en Maurienne, il souffle aussi même dans la journée, lors des mauvais temps, un vent, d'une violence extrême qui, après avoir franchi la chaîne frontière, descend la vallée. Ce vent d'Italie s'appelle, dans la région de Bourg-Saint-Maurice, vent du Petit Saint-Bernard, et dans celle de Lans-le-Bourg, la Lombarde. Quand se lève la Lombarde, on voit apparaître sur la cime des montagnes les brouillards, nés sur le versant de la Doire, qui se déversent sur les pentes occidentales des Alpes en nappes continues et amènent la pluie, à moins qu'un autre courant d'air, franchissant le massif de la Vanoise et, pour ce motif, est désigné sous ce nom, ne vienne refouler, après les avoir

mises en lambeaux, les brumes du Piémont, après une lutte souvent prolongée, mais toujours tumultueuse.

L'intensité des vents, les mouvements tourbillonnaires de l'atmosphère qui, ainsi que l'a démontré M. J. Vallot pour le massif du Mont-Blanc, vont en croissant avec l'altitude, sont, notamment vers les crêtes, un obstacle au développement de la végétation forestière et l'origine d'avalanches. A ce point de vue encore, l'influence des vents sur le régime des eaux est loin d'être négligeable. Mais nous ne possédons aucune mensuration sur la puissance et la persistance des violents courants aériens dans les hautes régions.

LA TEMPÉRATURE

Un des plus importants facteurs du climat, au point de vue spécial qui nous occupe et dont la connaissance est du plus haut intérêt, est la température. Pour qu'ils puissent évoluer, grandir, fructifier, les végétaux ont besoin d'une certaine somme de chaleur et dans une station donnée on pourra conclure, toutes choses égales d'ailleurs, que telle espèce ligneuse ne saurait vivre si elle n'y trouve la quantité de calories qui lui est nécessaire annuellement.

On connaît quelques remarques anciennes sur la douceur de certains hivers, ce qui permit aux fleurs de remplacer dans les prés la neige qui normalement eût dû les couvrir, aux moissons de mûrir très tôt. Mais on ne saurait tirer de conclusions de ces faits isolés, anormaux, au sujet du climat de la région savoisienne.

Heureusement on possède une longue série d'observations thermiques faites à Annecy, depuis 1773 jusqu'à nos jours, par le docteur Despine, le chanoine Vaullet et la Commission de Météorologie.

Elles montrent un accroissement continuel de la température moyenne depuis 1773 jusqu'en 1859 : de l'annexion de la Savoie à la France jusqu'à l'époque actuelle, cette température semble s'être légèrement abaissée. Les dates délimitant les diverses périodes de temps n'ont pas été choisies au hasard : 1792 a vu la région savoisienne se donner à la République française et marque donc la fin de l'ancien régime en même temps que l'origine de grands déboisements renouvelés, mais pendant moins longtemps, à la chute de l'Empire ; 1814-1860 le début et la fin de la période Sarde.

Au point de vue torrentiel, il y a à faire des rapprochements entre ces variations de la température moyenne annuelle et l'étendue forestière durant les diverses périodes considérées.

Sauf pour les deux villes d'Annecy et de Chambéry, on ne trouve guère de documents relatifs à la température. Dans la Haute-Savoie, il existe actuellement dix stations où se font journellement des observations thermiques.

Il serait intéressant de connaître les températures dans chacune des grandes vallées de Savoie, en divers points ; mais à part la vallée de l'Arve qui possède trois stations, Annemasse, Bonneville et Chamonix, ailleurs on est réduit à calculer la température moyenne d'après l'altitude du lieu au-dessus d'une localité où la température moyenne annuelle est connue, en diminuant de 1° cette température par 180 m. de différence de niveau. Comme on ne tient compte ni des courants d'air dominants, ni du relief, de la configuration et de la nature du sol, ni de l'exposition, il est évident qu'on n'obtient par cette méthode qu'une approximation très insuffisante pour déterminer si une plante peut recevoir la quantité de chaleur qui est indispensable à son existence en un endroit donné. C'est d'ailleurs ce qu'a fait ressortir M. J. Vallot (*Annales de l'Observatoire Météorologique du Mont-Blanc*, tome I, p. 31).

LES PRÉCIPITATIONS ATMOSPHÉRIQUES

Pour évoluer, les plantes n'ont pas seulement besoin de chaleur, il leur faut aussi une certaine quantité d'eau : il est donc nécessaire de connaître le régime pluvial de la région car, suivant que l'humidité sera abondante ou non, la flore pourra présenter des caractères fort différents.

La manière dont se répartit la lame d'eau qui tombe annuellement n'est pas non plus sans influence sur la végétation et surtout sur le régime des cours d'eau. Si les pluies se produisent d'une manière uniforme pendant toute l'année, il est certain que le débit des rivières et ruisseaux ne variera que dans de faibles proportions et il ne saurait y amener des érosions bien importantes : il n'en est pas de même, si les précipitations sont rares, mais extrêmement brusques et abondantes. Par conséquent, à côté de la lame d'eau qui tombe annuellement, il faut tenir compte du nombre de jours pendant lesquels se font les condensations atmosphériques.

Malheureusement les observations faites à Annecy par le docteur Despine et le chanoine Vaullet n'ont pas porté sur la lame d'eau annuelle.

A Chambéry, Dacquin, médecin en chef des hôpitaux, fait des mensurations pluviométriques de 1786 à 1812 environ, mais l'on ne connaît que celles de 1786 à 1802.

D'autres observations ont été exécutées au Grand Séminaire à Chambéry, au milieu du XIXe siècle ; à partir de 1839 le pluviomètre était placé dans le jardin de cet établissement à 1^m30 au-dessus du sol ; mais on n'en trouve que ce qui a été communiqué aux journaux de l'époque, c'est-à-dire assez peu.

Ce n'est que depuis 1862 à Chambéry et, depuis 1870, à Annecy, que des précipitations ont été notées d'une façon suivie : les résultats constatés ont été publiés dans les bulletins des commissions météorologiques des deux départements savoisiens et dans le *Bulletin Central Météorologique* en France.

Diverses stations ont été créées, munies de pluviomètres et dont les observations consignées dans les bulletins météorologiques annuels permettent de se faire une idée de la répartition des pluies dans les diverses vallées.

Enfin le service du reboisement de la 5e Conservation a organisé diverses expériences pour déterminer l'importance des précipitations suivant l'altitude en un certain nombre de points étagés sur le même flanc d'une montagne.

Des Variations des Précipitations annuelles à Chambéry et Annecy

Comme pour les températures, il convient de rechercher d'abord les variations qu'a pu subir la pluviosité dans les mêmes stations depuis les premières observations faites et d'en faire ressortir le caractère.

On ne connaît pas, sauf pour les années 1839-1840-1841-1843, la valeur des précipitations constatées au pluviomètre du Grand Séminaire de Chambéry. Mais dans la *Revue Savoisienne* (1858, tome III, p. 38), on lit que la lame d'eau moyenne annuelle observée à Chambéry est de 0^m930. Ce chiffre serait la moyenne soit de la période 1839-1857, soit de la dernière décennie 1848-1857. Il est d'ailleurs corroboré par la valeur de la lame d'eau moyenne annuelle donnée par les premières observations faites par le service des

Ponts et Chaussées, de 1863 à 1870, qui est en effet égale à 959 millimètres.

A Annecy, on voit que la moyenne annuelle du nombre des jours de pluie ou de neige qui était, avant l'annexion de 1792, de 134, tombe à 125 pendant la Révolution et l'Empire ; elle se relève sous la Restauration Sarde pour diminuer ensuite. Le chiffre de 137 qui s'applique à l'intervalle 1815-1824 n'est qu'un accident venant de ce que la période envisagée est trop courte, 10 ans. Si on joint à la période suivante, de manière à comprendre les années de 1815 à 1859, on reste au-dessous du chiffre moyen de 133 jours pluvieux par an.

Dans l'ensemble, il y a donc bien une diminution du nombre des jours de pluie ou de neige à Annecy.

A Chambéry, si on n'a pas de tels renseignements, on possède cependant des données partielles sur la lame d'eau annuelle.

D'après le docteur Dacquin, de 1786 à 1802, il serait tombé en moyenne à Chambéry $1^{m}122$ d'eau ; il faut observer que cette moyenne comprend dix années de l'époque révolutionnaire et six ans seulement de l'ancien régime.

Au milieu du XIXe siècle, la précipitation moyenne annuelle n'est plus que de 930 millimètres.

Mais à partir de l'annexion à la France, l'importance des condensations augmente.

Si on rapproche de ces observations la diminution de l'étendue et de la densité des massifs boisés pendant le même temps, on verra aisément que les variations de la température et des pluies sont intimément liées à la déforestation du sol de la Savoie et, depuis 1860, à la conservation plus efficace de ce qui restait des grandes étendues sylvestres d'autrefois et qu'elles n'en sont que les conséquences naturelles.

Importance des précipitations atmosphériques annuelles en différentes stations de Savoie

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, les mensurations pluviométriques les plus anciennes, en dehors de celles faites à Chambéry et à Annecy, ne remontent guère au delà de 35 ans.

Les tableaux qui résument d'un coup d'œil les observations faites dans les divers bassins des plus importantes rivières de la Savoie conduisent à faire les remarques suivantes :

Remarque I. — Bien qu'on ne puisse comparer mathématiquement les quantités d'eau tombées dans les différentes stations et qui sont les moyennes fournies par des séries d'années très différentes, dont l'origine n'est pas identique, les résultats donnés permettent néanmoins de se faire une idée de la répartition des pluies dans toute l'étendue de la Savoie. D'une façon générale, l'importance de la lame d'eau annuelle diminue à mesure que l'on descend vers le Sud.

Les vallées de Dranses, de l'Arve, du Fier, de la Leysse et la Combe-de-Savoie reçoivent des précipitations abondantes qui arrivent ordinairement à dépasser 1 mètre par an.

Dans le bassin de la Haute-Isère, les bessins secondaires de l'Arly et du Doron de Beaufort participent à ce même régime, tandis que la vallée de Tarentaise se fait remarquer par un climat plus sec.

La Maurienne offre le même caractère, mais beaucoup plus accentué et il faut noter que les deux seules stations où la lame d'eau annuelle dépasse 1 mètre sont : 1° le Mont-Cenis à plus de 2 000 mètres d'altitude ; 2° le fort de Montgilbert sis sur la crête qui sépare la Moyenne-Isère de la Basse-Maurienne et qui, par suite, pourrait être compris dans la Combe-de-Savoie.

Remarque II. — Il convient aussi d'observer que la zone de grande pluviosité n'englobe que les préalpes et les chaînes subalpines. Au fur et à mesure que l'on s'enfonce dans les Alpes, on voit diminuer l'importance des précipitations. Les observations faites dans le département de la Savoie ne datent, en effet, que de 1890 et il faut considérer la même période dans la Haute-Savoie.

Ainsi, dans la partie de la vallée de l'Arve comprise dans le massif alpin, à Chamonix, la lame d'eau moyenne annuelle est moindre que dans le reste du Faucigny.

Quand on pénètre en Tarentaise, on voit également les précipitations perdre de leur fréquence et de leur abondance ; elles présentent, à Moutiers, un minimum bien accusé, puis elles décroissent jusqu'à Val-d'Isère à partir de Bourg-Saint-Maurice, où la situation de cette localité au débouché des vallées de Tignes, du Reclus et des Chapieux favorise très probablement les condensations.

En Maurienne, le nombre des jours pluvieux ou neigeux, aussi bien que l'épaisseur de la lame d'eau annuelle, décroît depuis Chamousset jusqu'à Modane qui semble bien être le point le plus sec des deux départements. Cette diversité de climats allant depuis le régime brumeux et humide du Nord jusqu'à la sécheresse lumineuse des Hautes-Alpes démontre surabondamment que la Savoie est bien le trait d'union entre le Nord et le Midi, entre la Bourgogne et la Franche-Comté d'une part et la Provence de l'autre.

Remarque III. — Les notations pluviométriques faites dans les vallées de l'Arc et de l'Isère sont trop peu anciennes (1890) pour qu'il soit possible d'affirmer que ce phénomène de réduction des précipitations atmosphériques, au fur et à mesure que l'on remonte le cours des rivières alpines, a toujours existé.

Il semble, à considérer ce qui s'est passé sur l'Arve, que cette inversion soit de date récente. Jusqu'à Sallanche, c'est-à-dire dans toute la zone subalpine, la pluviosité croît avec l'altitude, que l'on considère la période 1891-1905 ou la période antérieure.

A Chamonix, au contraire, pour la période 1891-1905, la lame d'eau moyenne annuelle n'est que de $785^{mm}06$, inférieure à celles constatées dans le même temps à Annemasse ($795^{mm}02$), à Bonneville ($941^{mm}06$), à Sallanche ($1103^{mm}06$). Pour la période antérieure 1876-1890, on a observé à Chamonix une précipitation moyenne annuelle de $1398^{mm}02$, supérieure à toutes celles observées dans les autres stations.

De ce fait, il semble que l'on doive en rapprocher un autre : 1892 a marqué le maximum de la crue glaciaire de la fin du XIXe siècle dans le massif du Mont-Blanc. A ce moment, en effet, le front du glacier des Bossons n'était plus qu'à 318 mètres de la croix plantée en 1818 à l'extrémité de la moraine, alors qu'aujourd'hui la langue terminale de ce glacier est à 300 mètres plus amont. Depuis quinze ans, les glaciers ont fondu énormément, des surfaces de roche et de terre considérables ont apparu dépouillées de neige, réduisant ainsi la superficie glacée qui favorise certainement les condensations. Cette fusion intense s'est fait également sentir sur les glaciers de la Haute-Tarentaise et de la Haute-Maurienne et certains petits glaciers suspendus ont même complètement disparu. Les plus grands des glaciers ont rétrogradé et se sont affaissés, par exemple le glacier des sources de l'Arc et celui de la Galise,

pour ne prendre que ceux qui engendrent deux des plus importantes rivières de la Savoie.

La diminution de la pluviosité est-elle la conséquence de la régression des appareils glaciaires ou celle-ci résulte-t-elle de la rareté et de la pauvreté des précipitations ?

Avant 1890, la température moyenne annuelle était, à Chamonix, de +6°39 (période 1880-1887) ; après la période 1899-1905, elle n'est plus que de +4°29. Par conséquent, l'intensité de la fusion des glaciers du massif du Mont-Blanc était plus considérable avant 1890.

Les éléments météorologiques, actuellement connus, ne permettent guère de résoudre d'une façon certaine ce problème de climatologie des régions alpines qui mérite de fixer l'attention.

Remarque IV. — Il n'était pas moins intéressant de vérifier si les précipitations atmosphériques qui, d'une façon générale, d'après les tableaux, semblent croître avec l'altitude, vont en augmentant sur un même versant de montagne, à mesure qu'on s'élève, d'une manière continue ou si, au contraire, elles passent par un maximum.

L'Administration des Eaux et Forêts a fait établir entre les Houches (Haute-Savoie) et le glacier de Tête-Rousse, au Sud-Ouest du massif du Mont-Blanc, six tubes Vallot de 2 mètres de hauteur et dont l'ouverture a 0^m08 de diamètre. Comme ces récepteurs, par la forme de leurs dimensions, ne permettent qu'à une partie seulement des pluies ou des neiges de parvenir jusqu'à la cuvette où on les recueille, on ne saurait comparer les résultats obtenus avec les données du pluviomètre.

Mais comme les récepteurs sont tous identiques, les indications qu'il fournissent sont comparables entre elles.

Il existe un maximum très accusé au plateau des Rognes : c'est d'ailleurs le point où flottent le plus souvent les nuages et les brumes et on pouvait prévoir que les régions situées à un niveau supérieur à 2 550 mètres reçoivent moins de pluie et de neige que celles placées au-dessous.

Une autre série de récepteurs a également été installée en Maurienne entre Modane-Fourneaux ($1\,040^m$) et le sommet de la Belle-Plinier à 3 091 mètres ; on constate également une augmentation des précipitations avec l'altitude, mais le maximum n'est pas très accusé.

Intensité des Précipitations journalières

Il ne suffit pas dans une étude torrentielle de connaître la valeur de la précipitation annuelle et le nombre des journées pluvieuses, il faut aussi savoir comment se répartissent les pluies ; il est clair, en effet, que s'il tombe 20 mm. d'eau en 10 minutes, on observera des érosions et des phénomènes énergiques de décapage qui ne se produiront pas si la chute se produit en 24 heures.

Malheureusement les bulletins météorologiques ne renseignent pas sur la durée des averses, les observateurs n'allant relever leur pluviomètre qu'à heure fixe, tous les jours. Il n'y a guère que dans les établissements météorologiques disposant d'un personnel spécial que l'on note de tels renseignements ; mais parfois certains observateurs les signalent cependant avec détail.

Les précipitations les plus abondantes ont, en général, lieu au moment des orages. C'est ainsi qu'en Maurienne, au poste militaire du Fréjus, à 2 550 mètres d'altitude, on a recueilli, le 23 juillet 1906, 63^{mm} d'eau en 2 heures environ.

De même, à Annecy, le 11 juillet 1904, en 40 minutes, de 8 h. 10 à 8 h. 50 du matin, il tombe $22^{mm}1$ de pluie, et à Thonon, le 11 août suivant, 2^{mm} en 15 minutes à partir de 2 heures du soir.

En 1905, à Annecy, le pluviomètre accuse, le 14 mars, de 9 heures du matin à midi, 14 mm. ; le 19 mai, de 5 h. 45 à 5 h. 52 du soir, $3^{mm}9$; le 14 juin, de 3 h. 15 à 4 heures du soir, $12^{mm}5$; le 17 juin, en 15 minutes, 17 mm. A Chambéry, le 21 août 1888, ainsi que le 7 septembre suivant, il tombe 18 mm. en 15 minutes ; le 31 mai 1889, de 4 h. 25 à 5 heures du soir, la lame d'eau recueillie atteint une épaisseur de 26 millimètres.

En 1890, le 25 mai, une pluie orageuse donne, en un quart d'heure, 12 mm. au pluviomètre ; le 12 juin, une ondée de même durée n'a que 6 mm. et une fournit 11 mm. d'eau en 25 minutes.

Mais si les plus récents bulletins de la Commission météorologique de la Haute-Savoie donnent de semblables indications, il n'en est pas de même des autres documents ; aussi faut-il se borner à un état des précipitations supérieures à 30 millimètres en 24 heures.

Des tableaux dressés à ce sujet il résulte que :

1° Le nombre des journées de grande pluie va, en général, en augmentant avec l'altitude, suivant une même vallée, ainsi que le nombre annuel des jours de pluie (Dranses, Arve, Fier, Leysse, Arc) ;

2° L'augmentation des jours de grande pluie ne varie pas comme celle des jours pluvieux de l'année, elle croît plus vite, comme le fait ressortir le pourcentage calculé d'après les données des tableaux ;

3° Dans la vallée de la Haute-Isère, le nombre des jours de grande pluie et leur fréquence en regard du nombre annuel des jours de pluie, offre les mêmes maxima et minima que l'épaisseur de la lame d'eau moyenne annuelle en Tarentaise ;

4° C'est dans le bassin du Fier que les grandes pluies sont le plus fréquentes et dans celui de l'Arc qu'elles sont le plus rares ;

5° Bien qu'on ne puisse comparer en valeur absolue l'importance des grandes pluies, à cause des différences de longueurs dans les périodes d'observations, c'est en Maurienne que les maxima des précipitations en 24 heures sont le moins élevées ; de même, c'est en Maurienne que le nombre moyen annuel des jours de grandes pluies est le moins fort.

Ces remarques semblent être en opposition absolue avec ce que l'on sait du caractère torrentiel de la vallée de l'Arc. Il suffit de se rappeler, pour faire tomber cette antinomie apparente, que si la torrentialité dépend de la grandeur des pentes et du déboisement elle est aussi la résultante de la violence et de la courte durée des averses. Or, les documents météorologiques ne donnent aucune idée de ces facteurs. Un exemple fera mieux saisir l'importance du temps : le 24 juillet 1906, il a été recueilli du poste militaire de Fréjus, en deux heures, une lame d'eau de 63 millimètres. Le bulletin météorologique indiquera seulement ces 63 millimètres pour l'intervalle compris entre 29 juillet à 9 heures du matin et le 25 juillet à pareille heure, soit une moyenne de $5^{mm}25$ pour deux heures au lieu de 63 millimètres. On sait assez ce qu'ont été les conséquences de ce « sac d'eau » de 63 mm., alors qu'une pluie de $5^{mm}25$ en deux heures n'aurait produit absolument aucun dégât ;

6° Les précipitations atmosphériques supérieures à 100 millimètres en 24 heures ne sont pas très rares ; elles ne causent cependant de sérieux ravages que dans le cas où elles sont précédées ou suivies d'autres pluies assez abondantes et où elles déterminent une brusque fusion des neiges tom-

bées antérieurement (la Dranse, en octobre 1888 ; la Leysse, le 18 janvier 1875 et le 14 janvier 1899).

Ce sont là des cas particuliers qui sont examinés dans l'historique des torrents.

Les chutes de Neiges en Savoie

La connaissance des chutes de neige est également des plus importantes. A maintes reprises, la brusque fusion de masses neigeuses considérables accumulées sur les montagnes amène des inondations dans les vallées principales ou détermine d'énormes érosions dans le fond des ruisseaux et des ravins.

En se précipitant sur les pentes des montagnes, au printemps, sous forme d'avalanches de fond, les nappes de neige exercent sur le sol des frictions énergiques, brisent ou déracinent les arbres, arrachent des pierres, de la terre. Après leur fusion, les cônes d'avalanche laissent sur place, généralement dans des thalwegs, un amas de débris de toute nature, minéraux et végétaux. Survienne une brusque averse et tous ces débris sont charriés vers la plaine sous forme d'une lave qui souvent ne devra rien à l'affouillement du lit ou des berges du cours d'eau.

D'une façon plus indirecte, la neige contribue à créer ou à aggraver l'irrégularité du régime des cours d'eau alpins. Lors des grands froids de l'hiver, elle s'étend sur les versants déboisés en couches pulvérulentes sans cohésion et dont la pente d'équilibre est des plus réduite.

La chute d'une corniche, un ébranlement de l'air ou du sol, le passage d'un animal suffisent à rompre cet état d'équilibre instable : une avalanche de poussière est née. En glissant, la poussière glacée éprouve de la part de l'atmosphère une résistance de plus en plus grande, elle s'étale en nuées dont le poids, croissant à chaque instant, refoule puissamment les couches aériennes. Bientôt c'est un ouragan qui se précipite vers les thalwegs, qui en suit les contours et qui, sous son souffle, renverse, casse les arbres situés sur son parcours ou même sur le versant opposé. On conçoit que la destruction instantanée des cantons entiers de forêts contribue énergiquement à la torrentialité du cours d'eau. dans le bassin duquel ils se trouvaient.

Enfin, la persistance des neiges, conséquence de leur abondance et de la température locale, peut être un obstacle au développement de certaines espèces végétales. On trouve en haute montagne une limite variable, suivant les temps et les localités, au-dessus de laquelle les neiges ne disparaissent plus tous les ans.

A. — Abondance et fréquence des précipitations neigeuses. — Toutes choses égales d'ailleurs, il est évident que les précipitations neigeuses croîtront avec l'altitude ; mais le régime neigeux n'est pas le même pour toutes les vallées savoisiennes, pas plus d'ailleurs que le régime des pluies.

Depuis l'hiver 1899-1900, l'Administration des Eaux et Forêts a organisé dans les deux départements de la Savoie un service d'observations nivométriques. Auparavant, on n'avait de renseignements que dans le bulletin météorologique de la Haute-Savoie : encore fallait-il tenir compte de ce fait que les observateurs ne mesuraient l'épaisseur de la couche neigeuse qu'une fois par jour, au moment où ils relevaient le contenu du pluviomètre. De cette pratique il résulte qu'on ne peut adopter comme exacte l'épaisseur de neige donnée, car il a pu se produire des tassements, des fusions partielles. La densité réelle de la neige ne peut s'obtenir qu'en la notant aussitôt après la chute, avant qu'aucun tassement ait eu lieu ; elle est d'ailleurs des plus variables suivant les circonstances. Ainsi par temps chaud (+ 3°), à Chambéry, on a trouvé (hiver 1899-1900) qu'à 1 mm. d'eau de fusion correspondaient seulement $2^{mm}1$ de neige. Par contre, à Bessans, par — 15°, pendant l'hiver 1904-1905, il n'a pas fallu moins de $131^{mm}5$ de neige pour donner la même quantité d'eau de fusion.

Ces différences de densité correspondant à divers états de la neige (collante ou pulvérulente) expliquent très bien les effets mécaniques variés que causent les avalanches, suivant leur nature.

Dans une même station, la densité moyenne de la neige varie suivant les hivers ; ainsi, à Chambéry, pendant l'hiver 1903-1904, il a fallu en moyenne $6^{mm}2$ de neige pour donner 1 millimètre d'eau de fusion ; pendant l'hiver 1900-1901, il en a fallu 15 millimètres.

Les observations nivométriques ont lieu chaque année, du 1er octobre au 31 mai.

Elles conduisent aux observations suivantes :

Remarque I. — Ainsi qu'on pouvait le prévoir, les précipitations neigeuses augmentent avec l'altitude, en quantité et en fréquence. Mais cet accroissement varie suivant les vallées. C'est la Maurienne qui présente l'accroissement le plus faible.

Remarque II. — D'une façon générale, la quantité moyenne de neige nécessaire pour donner 1 millimètre d'eau de fusion va également en augmentant avec l'altitude ; mais elle n'est pas identique pour des points également élevés au-dessus du niveau de la mer.

Remarque III. — Il convient de ne pas adopter les chiffres du tableau comme l'expression exacte du régime neigeux de la région savoisienne. La période d'observations porte au maximum sur huit années et il s'est trouvé qu'à part le dernier les hivers ont été extrêmement peu neigeux. Par suite, les résultats obtenus se trouvent inférieurs à la moyenne réelle applicable aux deux départements. Ainsi, d'après le bulletin de la Commission météorologique de la Haute-Savoie dans la période 1876-1901, à Annecy, il y aurait eu en moyenne, par an, 21 jours neigeux et une lame d'eau de $80^{mm}28$ provenant de la fusion de la neige, alors que les chiffres correspondants tirés du tableau sont respectivement de 17 jours et $53^{mm}3$.

Mais pour pouvoir établir la répartition des neiges suivant les localités, il a fallu nécessairement se borner à prendre la période réduite pendant laquelle des observations ont été partout poursuivies d'une façon identique dans toute la Savoie.

B. — Les Avalanches. — Les avalanches sont des masses neigeuses ou glacées qui se précipitent sur les pentes des montagnes et roulent vers les vallées. D'une façon générale, on peut distinguer trois sortes d'avalanches :

1° L'avalanche de fond, qui entraîne toute la neige en masse compacte, lourde, tassée, et laisse le sol à nu ; on l'appelle aussi quelquefois, pour cela, avalanche terrière. Ordinairement c'est au printemps qu'elle se produit, quand le tassement et une fonte partielle alourdissent la neige et que les surfaces de contact entre la neige et le sol sont fortement réduites ou que le coefficient de frottement à la surface du versant s'est trouvé diminué par le ruissellement des eaux. Les quantités de neige entraînées sont parfois extrêmement importantes et les cônes qui forment les avalanches au pied de la montagne arrivent à être assez épais pour ne pas disparaître pendant l'été, malgré l'élévation de la température et la faiblesse de l'altitude. Ces avalanches de fond dégradent le sol, soit par friction, soit par choc ; elles

entraînent les terres, les blocs, les arbres qu'elles trouvent sur leur passage. Aussi, généralement, les couloirs que suivent ces avalanches, car la plupart ont des passages fixes, ne présentent-ils que le roc vif ou un tapis herbacé continu et sans aspérités ;

2° L'avalanche de poussière ne met en mouvement que des neiges très légères, sans cohésion, faites de très petits cristaux glacés, tels qu'il en tombe par les grands froids. Quand la masse neigeuse est assez forte, comme les couches n'ont pour ainsi dire aucune cohésion entre elles, elles se mettent à fluer sur la pente. L'air heurté par la vague neigeuse oppose une résistance croissante et bientôt les paillettes s'élèvent en nuages dont la densité, l'ampleur et la vitesse vont en croissant. De plus en plus comprimé, l'air se précipite, s'engouffre dans les vallées en ouragan, abat les arbres, enlève les toits des chalets, jonche le sol de débris qu'une fine poussière glacée vient bientôt recouvrir d'un blanc linceul. Il n'est pas rare de voir des cantons entiers de forêts, situés sur le versant opposé à celui où s'est produite l'avalanche, renversés par la violence du courant d'air produit par ces avalanches et les tiges de sapins, des épicéas ou des mélèzes sont couchées en éventail.

On peut concevoir des modalités de ces deux types d'avalanche. Ainsi, par exemple, une couche de neige déjà ancienne a subi une fusion partielle et s'est congelée superficiellement. Une nouvelle précipitation neigeuse se produit. Il arrive que cette neige fraîche, déposée sur un plan incliné très glissant, manquant d'adhérence se mette en mouvement en donnant naissance, suivant les conditions de température, soit à une avalanche de fond, soit à une avalanche de poussière, mais qui, cette fois, sera superficielle ;

3° Ce sont des décollements du front des glaciers qui engendrent les avalanches de glacier. Ces éboulements peuvent parfois porter sur des quantités énormes de glace et, s'ils dominent des rocs escarpés, ils peuvent déterminer de véritables catastrophes, soit en écrasant des chalets, des villages, soit en amenant des débâcles qui submergent toute une vallée.

Comme il est intéressant, au point de vue de la fixation des neiges et de la correction des torrents, de savoir si les avalanches prennent naissance au-dessus ou au-dessous de la limite supérieure de la végétation forestière, l'Administration des Eaux et Forêts, depuis 1900, a fait établir en Savoie une statistique des avalanches.

Mais un tableau récapitulatif ne peut évidemment donner que des résultats incomplets. Certaines avalanches affectent des formes diverses : tantôt elles se produisent comme avalanches de fond, tantôt comme avalanches de poussière, tantôt comme avalanches superficielles de l'un ou l'autre type. (Voir tableau ci-après.)

Les unes ont lieu une fois seulement par an, les autres plusieurs fois, d'autres enfin sont rares. Dans le cours d'un même hiver, le même couloir peut engendrer des avalanches de nature différente.

Les nombres donnés ne comprennent que les avalanches ayant suivi des routes différentes et non pas le total des avalanches tombées pendant la période considérée.

ÉTAT DES AVALANCHES ET DE LEURS DÉGATS DU 1er JANVIER 1900 AU 31 MAI 1907

NOMS DES BASSINS	NOMBRE DES AVALANCHES NAISSANT au-dessus des forêts	zône des forêts	TOTAL	0/0 D'AVALANCHES de fond	de poussière	superficielles	de glacier	Avalanches périodiques	Volume total des bois brisés par les avalanches	BÉTAIL ENSEVELI Espèce	Nombre de têtes	NOMBRE DE PERSONNES ENSEVELIES Sauvées	mortes	TOTAL	Constructions endommagées par les avalanches	Cours d'eau coupés par les avalanches	Routes coupées par les avalanches
Les Dranses	1	86	87	86	2	12	»	68	499	»	»	2	1	3	7	24	5
Arve	97	83	180	74	4	20	2	122	3638	moutons	49	»	»	»	7	9	24
Fier	7	160	167	81	10	9	»	66	783	»	»	»	»	»	14	20	19
Leysse	»	29	29	77	6	17	»	17	75	»	»	»	»	»	»	»	»
Haute-Isère	111	216	327	60	4	36	»	192	1338	bovins moutons	4 68	17	9	26	48	84	180
Arc	193	143	336	60	33	67	0,3	218	2688	moutons	70	66	8	74	14	142	63
Totaux moyens	409	717	1126	»	»	»	»	683	9021	bovins moutons	4 187	85	18	103	90	279	291
0/0 Moyen génér.	»	»	»	69,7	3,9	26	0,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Comme avalanches périodiques, il n'a été compté que celles qui descendent par les mêmes couloirs, à des intervalles plus ou moins rapprochés, une ou plusieurs fois par an, ou tous les deux ans ou plus rarement.

Le pourcentage des avalanches de toutes natures a été pris sur le chiffre total des avalanches observées pendant la période 1er janvier 1900 – 31 mai 1907.

On voit, d'après le tableau qui précède, combien d'arbres peuvent détruire les avalanches.

Ces phénomènes sont aussi des agents de décapage énergiques. Ainsi, pendant l'hiver 1905-1906, 17 avalanches, sur 13 communes du bassin de la Haute-Isère, ont entraîné 329 mètres cubes de terre et 12 mètres cubes de blocs ; dans 10 communes de Maurienne, 64 avalanches ont transporté 2 576 mètres cubes de terre et 22 blocs cubant en tout 12 mètres cubes 200 ; dans 4 communes seulement du bassin de l'Arve, 35 avalanches ont emmené 1 772 mètres cubes de matériaux de tous genres, dont un bloc de 8 mètres cubes.

Si l'on remarque que ces constatations ont été faites dans

des régions facilement accessibles et que, dans certains vallons des montagnes, à grande altitude, où la désagrégation est très active, mais totalement déserts pendant 9 à 10 mois de l'année, il se produit des avalanches énormes que l'on n'observe pas, ayant, par suite, une puissance d'érosion considérable, on peut conclure que les avalanches fournissent aux cours d'eau alpestres une quantité de matériaux de charriage qui n'est pas négligeable.

Cela n'a rien qui doive étonner, car certains cônes d'avalanche atteignent de fortes dimensions. Ainsi, à Beaufort, l'avalanche de la Gevrotière a couvert 60 ares et atteignait 10 000 mètres cubes ; à Cevins, l'avalanche du pont du Dard s'étalait sur 90 ares et avait 24 000 mètres cubes de neige tassée ; à Saint-Julien-de-Maurienne, le 9 avril 1904, une énorme avalanche s'abattait dans la combe des Essarts sur 1 hectare 92 et avait une épaisseur de 15 mètres ; 12 jours après, dans la même commune, 1 hectare 72 du ravin de l'Aiguille disparaissait sous une couche de neige de 8 à 10 mètres. Le 20 mars 1907, à Chamonix, l'avalanche des Chosalets occupait une surface de 2 hectares 70 avec près de 100 000 mètres cubes de neige ; à Sixt, à la même époque, l'avalanche des Follys avait 5 hectares de superficie et un volume de 66 000 mètres cubes !

(à suivre).

PROCÉDÉ POUR L'AMÉLIORATION DU FACTEUR DE PUISSANCE

Causes d'un mauvais facteur de puissance dans les installations triphasées. — Le mauvais facteur de puissance que l'on constate souvent dans les installations triphasées tient en général au branchement au réseau de moteurs d'induction et principalement de gros moteurs à marche lente. Mais les moteurs à grande vitesse peuvent exercer également une influence défavorable s'ils tournent à faible charge ou à vide. Pour mettre ce point en évidence, rappelons d'abord en quoi consiste le facteur de puissance :

Tout moteur a besoin d'excitation ; mais tandis que pour les moteurs synchrones (comme pour les moteurs à courant continu) l'excitation est fournie par une source de courant continu, les moteurs asynchrones doivent emprunter au réseau le courant nécessaire à leur excitation ; ils prennent donc au réseau deux sortes de courant : un courant qui sert à la production du travail et l'autre qui sert à l'excitation ou à la magnétisation. La représentation graphique de ces

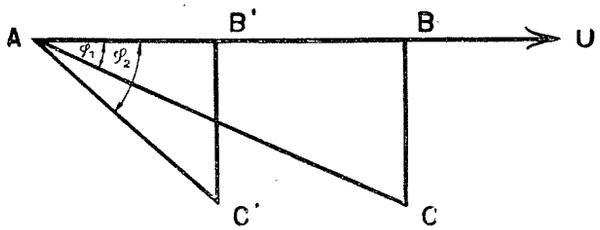

Fig 1.

courants est donnée par la figure 1 ; AB est le courant de travail, BC le courant de magnétisation. Celui-ci qui ne produit pas de puissance et est appelé en conséquence dévatté, est en arrière de 90° par rapport à la tension du réseau, c'est-à-dire que dans le diagramme vectoriel, il est perpendiculaire au vecteur du courant de travail qui est un courant watté. AC, résultante des deux courants composants, représente le courant total emprunté au réseau.

L'angle BAC mesure le décalage de phase entre la tension et le courant ; son cosinus est désigné sous le nom de facteur de puissance. Le courant d'excitation a une valeur à peu près indépendante de la charge de sorte qu'une diminution de celle-ci, c'est-à-dire du courant de travail, fait croître l'angle de décalage ; à vide, la composante wattée atteint son minimum ; le facteur de puissance descend à 0,10 – 015 et le moteur prend au réseau environ 40 % du courant de pleine charge. Moins un moteur d'induction est chargé, plus est faible son facteur de puissance, comme il ressort clairement de la figure 1. En outre cette figure 1 montre que le facteur de puissance du moteur d'induction ne peut jamais atteindre l'unité par suite de la présence du courant d'excitation.

Des essais rigoureux ont montré que les installations industrielles qui sont équipées avec des moteurs triphasés ont en général un facteur de puissance compris entre 0,6 et 0,85 ; la limite supérieure n'est atteinte que rarement.

Inconvénients d'un mauvais facteur de puissance. — Le courant d'excitation nécessaire aux moteurs asynchrones doit être fourni en même temps que le courant de travail par les génératrices de la centrale. L'échauffement admissible pour ces dernières limite le courant qu'on peut leur faire débiter quelle qu'en soit d'ailleurs la répartition en watté et dévatté ; les génératrices ne seront complètement utilisées que pour $\cos \varphi = 1$. Si les moteurs asynchrones connectés au réseau, par suite de leur mauvais facteur de puissance prennent aux génératrices une forte proportion de courant magnétisant, il ne restera que peu de courant disponible pour le travail. Par exemple un facteur de puissance égal à 0,5 ne permettra d'utiliser que la moitié du courant total pour produire du travail.

Ce raisonnement s'applique également aux transformateurs et aux lignes de distribution dont l'utilisation en ce cas ne sera que partielle.

Il faut encore tenir compte de ce que les pertes dues au courant dévatté, assez réduites pour les génératrices et les transformateurs, peuvent, pour les lignes de distribution, atteindre dans certains cas une grande valeur. Ces pertes croissent comme le carré de l'intensité du courant de sorte que si l'énergie électrique doit être transportée à grande distance, l'amélioration du facteur de puissance réduira les pertes d'énergie d'une façon très sensible. Il est donc de grande importance de trouver un moyen approprié d'améliorer le facteur de puissance, c'est-à-dire de compenser le décalage de phase.

De plus, lorsque les réseaux s'étendent, il arrive que, par suite de l'accroissement du débit des lignes, la chute de tension augmente de telle sorte que le réglage de l'excitation des générateurs ne suffit plus à tenir la tension normale du réseau. Dans ce cas on peut, par un léger déphasage en avant, réduire la chute de tension à une valeur acceptable.

S'il s'agit de créer une nouvelle installation de puissance donnée, l'amélioration du facteur de puissance correspond à une diminution des frais d'installation et d'exploitation.

Pour une centrale existante qui travaille avec un mauvais facteur de puissance, l'amélioration de celui-ci donne également des avantages sensibles, spécialement si la centrale est déjà arrivée aux limites de sa capacité. Par des moyens relativement peu coûteux, l'amélioration du facteur de puissance permet d'augmenter la puissance de la centrale sans installer de nouvelles unités ; le matériel, machines et canalisations est mieux utilisé et le rendement de l'ensemble se trouve accru.