

**Zeitschrift:** Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 12 (1958-1961)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Le vent en Valais (Suisse)  
**Autor:** Bouet, Max  
**Kapitel:** 3: Le Valais  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-257916>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## TROISIEME PARTIE. LE VALAIS

## I. Les brises.

## 1. LA VALLÉE DU RHONE.

Le régime des vents à Sierre et à Montana ayant fait l'objet des deux premières parties, il convient maintenant d'élargir le domaine géographique et de considérer, dans la mesure du possible, les autres vallées du Valais. Une généralisation prudente est possible, contrôlée par des renseignements occasionnels recueillis çà et là et par les observations faites à Evolène dans le Val d'Hérens.

En ce qui concerne la *vallée du Rhône* elle-même, les observations de Sierre en sont suffisamment représentatives. Tout au plus doit-on admettre que d'un endroit à l'autre la vitesse des brises varie quelque peu en raison de la configuration locale du terrain. Il est probable que la brise diurne présente son plus grand développement dans les secteurs de Saint-Maurice-Vernayaz-Martigny d'une part et dans celui de Sion-Sierre-Viège d'autre part. L'incurvation du courant devant les Follatères est très nette : le vent décrit ici une vaste courbe qui de WNW l'amène à l'WSW à 2 km environ en amont de Martigny. La continuité du flux d'air tout le long de la vallée, du Léman à Brigue, ne fait pas de doute, avec de petites fluctuations de vitesse dues aux rétrécissements de la vallée. Mais il est très probable aussi que le tronçon en amont du coude de Martigny est partiellement alimenté de jour par l'air venant directement de la Savoie par le sillon de Chamonix.

La brise descendante nocturne est apparemment plus forte dans le Bas-Valais qu'à Sierre et à Sion; on l'appelle à Saint-Maurice le « vent du beau temps ». Sur le Léman, entre Villeneuve et Vevey, le « vauderon » du matin (SE) ride souvent le lac et constitue le prolongement de la brise valaisanne; il pourrait bien, semble-t-il, atteindre 7 à 8 km/h.

## 2. LE VAL D'HÉRENS.

Dans cette vallée parcourue par la Borgne, longue de 30 km environ et orientée du SSE au NNW, au centre même des Pennines, le régime des vents est dans l'ensemble le même qu'à Sierre ou à Sion : brises alternées d'aval et d'amont par beau temps, aval dominant par courant général du Nord-Ouest en Suisse, foehn. Les brises normales sont assez bien connues et les mesures de température faites à Evolène ont fourni d'utiles renseignements sur le foehn.

Le Val d'Hérens à l'abri du vent général du gradient — la vallée est dans l'ensemble très peu ventée — voit s'installer dans

la belle saison les brises régulières de temps serein : de jour la brise remonte la vallée et donne son plein au milieu de l'après-midi; de nuit c'est la brise descendante, très faible, qui recueille l'air des versants et l'achemine lentement le long du talweg vers l'aval.

On ne possède pas de mesures de vitesse de ces brises alternées, mais l'expérience montre qu'elles sont moins fortes que dans la vallée principale. J'estime qu'on peut comparer leur intensité à celle de Montana; la brise remontante aurait par conséquent une vitesse de 10 à 15 km/h au plus l'après-midi.

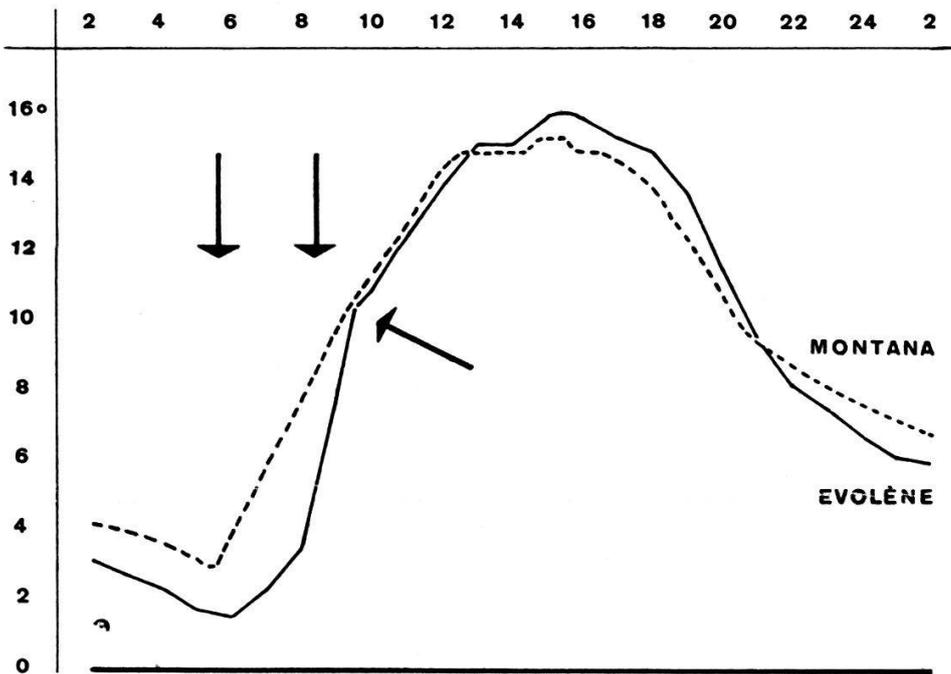


FIG. 7. — 9 mai 1954. Thermogrammes de Montana et d'Evolène. Les flèches verticales indiquent, de gauche à droite, le lever du soleil à Montana et à Evolène. Remarquer la brisure de la courbe d'Evolène vers 9 h 30 (flèche oblique), au moment où la brise de vallée engage.

La brise diurne dirigée selon l'axe de la vallée, le long de la Borgne, se prolonge obliquement de part et d'autre contre les versants; il y a donc divergence du flux d'air remontant les flancs montagneux. Toutefois, la brise est plus forte sur le versant ensoleillé : elle prédomine par conséquent le matin sur le versant de la rive gauche, l'après-midi sur celui de la rive droite.

J'ai pu faire au sujet de la *reverse* d'intéressantes constatations à Evolène (1370 m). Celle du matin a lieu peu après que le soleil ait atteint le fond de la vallée, c'est-à-dire environ 4 heures, en juillet, après le lever astronomique. Depuis le moment où le soleil frappe la partie supérieure du versant gauche, à 3000 m environ, la température commence à monter à Evolène qui se trouve encore

à l'ombre et où la brise de montagne calmit; puis la hausse de température, d'abord rapide, ralentit: c'est l'instant où la brise de vallée commence à souffler. J'ai montré précédemment (27) comment le phénomène s'inscrit sur le thermogramme par une brisure coïncidant à un quart d'heure près avec le début de la brise d'aval laquelle a pour effet de ralentir le réchauffement diurne par apport d'air légèrement refroidi par détente (fig. 7). Cet accident thermométrique aisément reconnaissable fournit le moyen de déterminer indirectement l'heure de la renverse à Evolène qui figure au tableau 26.

En comparant ces heures avec celles de Sierre (tableau 10), on constate qu'elles sont presque les mêmes, avec, semble-t-il, un léger retard de la vallée sur la plaine. En d'autres termes, la brise remontante diurne débute dans le Val d'Hérens à peu près en même temps que dans la plaine du Rhône à Sion et à Sierre, probablement un quart d'heure plus tard environ.

La brise nocturne à Evolène est faible; elle s'installe dès le coucher du soleil, ou plus exactement dès que la vallée se trouve en plus grande partie à l'ombre; elle dure toute la nuit et cesse peu avant l'heure de la renverse matinale définie ci-dessus. Cette brise nocturne, présente en juillet dès 19 h environ, est beaucoup plus précoce que celle de Sierre qui, à la même époque, s'installe deux heures plus tard.

Tel est le régime d'été en Hérens.

En hiver la brise diurne disparaît complètement, de décembre à février; le vent de vallée qui alors souffle de temps à autre est celui que commande un afflux général du Nord-Ouest dans les Alpes après le passage des perturbations frontales. La brise de montagne, elle, subsiste de nuit; le calme règne en général pendant le jour.

Les faits prouvent clairement la continuité du courant diurne de bas en haut: celui qui de jour remonte la vallée du Rhône glisse obliquement le long des versants et pénètre dans les vallées latérales où son cheminement affecte la même allure par un déploiement de part et d'autre en éventail jusqu'aux crêtes supérieures. Versants et vallées du Valais sont parcourus en été par le souffle ascendant des brises qui, en fin de course, donnent naissance aux cumulus des arêtes et des sommets.

### 3. AUTRES VALLÉES.

D'après les observations visuelles faites à Zinal par M. I. Mariétan sur ma demande, les brises du *Val d'Anniviers* sont identiques à celles du Val d'Hérens ce que l'analogie de situation et d'orientation des deux vallées rend tout à fait plausible. Les renver-

ses se font en même temps en juillet; il n'y a pas de raison pour que ce ne soit pas le cas pour les autres mois. Cette ressemblance s'étend également au foehn.

Dans le *Saastal* et le *Mattertal* le régime des brises est sans doute le même dans l'ensemble. J'ai été frappé par leur intensité dans la partie commune sise entre Viège et Stalden où certaines complications sont possibles, en particulier lorsque le foehn se prépare. Au fond de toutes ces vallées, au voisinage immédiat des glaciers, souffle de jour une brise descendante qui n'est autre que l'écoulement vers le bas de la mince couche d'air froid refroidie au contact de la glace. Le comportement de ces brises tout à fait locales, observées un peu partout dans les Alpes, n'a pas été étudié en Suisse, à ma connaissance. Les *trois vallées des Drances* sont inexplorées; j'y ai toutefois remarqué la brise descendante dans la combe de Verbier et j'admets que l'alternance nyctémérale est ici aussi de règle.

La *vallée de Conches* (Goms) est longitudinale et de ce fait plus sensible au vent du gradient qui se manifeste par un renforcement de la brise d'aval. Le vent frais d'WSW s'observe déjà à Fiesch (der graue Wind) comme présage de mauvais temps d'après M. le Dr Volken qui m'a également signalé la présence caractéristique, paraît-il, de la brise nocturne et matinale ou vent du glacier provenant du Fieschertal et qui serait signe de beau temps (der heitere Wind). Plus on s'élève dans la vallée, plus le régime des brises se modifie au détriment du rythme alterné normal; à Gletsch le vent du gradient doit être dominant, du Sud-Ouest, et l'emporter sur tous les autres. J'ai pu me rendre compte, au passage, de la complexité des courants aux cols de la Furka et de l'Oberalp: les moindres changements du champ de pression peuvent avoir pour effet de modifier le sens du vent.

Dans la *vallée de la Dala* la brise ascendante diurne est très développée, au moins à l'entrée de la vallée; l'épanouissement en éventail de la brise qui remonte obliquement les deux versants au-dessus de Loèche est frappant. A Leukerbad même, la brise diurne semble minime; le vent le plus remarquable de l'endroit serait, m'a-t-on dit, celui qui descend de la haute muraille de la Gemmi et qui doit être l'analogue des vents plongeants observés à Montana.

Dans les vallées latérales du Bas-Valais (Trient, Illiez) l'orientation SW-NE impose un régime certainement moins régulier que dans les Pennines, et fortement influencé par le courant d'Ouest général. Le « vent de Morgins » en aval de Troistorrents est, paraît-il assez insistant; il déjette en tout cas certaines couronnes d'arbres vers l'Est. Là aussi des renseignements circonstanciés font défaut.

#### 4. REMARQUES GÉNÉRALES.

L'insolation joue dans la formation des brises locales un rôle de premier plan, dans ce sens qu'elle commande directement leur mise en marche. Non seulement l'heure de la renverse, comme on l'a montré, dépend étroitement des levers et couchers héliques, mais encore la vitesse de la brise de vallée varie avec l'insolation elle-même.

J'ai constaté, tant sur le versant de Montana qu'à Evolène, qu'un passage nuageux ou un cumulus local masquant le soleil provoque aussitôt une chute de vitesse de la brise : celle-ci calmit et peut même cesser si le soleil, le ciel restant clair dans l'ensemble, est momentanément obscurci. Le phénomène est particulièrement net en Hérens, et d'une manière générale dans les hautes vallées. Les après-midi à forte convection locale sont nettement moins ventés que ceux où l'insolation est quasi intégrale. Si la convection se développe jusqu'au stade du cumulonimbus, non seulement la brise normale disparaît, mais elle fait place aux vents descendants issus de ces nuages-mêmes.

Dans le Val d'Hérens, comme dans les vallées parallèles, on observe par courant du secteur Nord en altitude un renforcement très notable de la brise remontante : le vent du Nord commandé par le gradient général de pression se superpose alors à la brise normale. Les habitants des vallées désignent par « bise » ce vent anormal, en général froid.

Rien ne permet de croire que les brises locales du Valais, ni dans la vallée principale ni ailleurs, fassent partie d'un système fermé avec courant de retour en altitude. Depuis Montana je n'ai jamais vu de brume ni de nuages à mi-hauteur pouvant trahir un quelconque courant de retour au-dessus de la vallée du Rhône. J'ai pu constater par contre à maintes reprises, grâce à des nuages ou à des fumées, qu'à partir du niveau moyen des crêtes bordant une vallée le vent général du gradient reprend tous ses droits et entraîne l'air de la couche supérieure dans la direction imposée par le champ général de pression.

Il faut à cet égard souligner que la vallée du Rhône du Valais central qui est orientée dans la direction du vent le plus fréquent (WSW) est soumise plus qu'une autre à l'influence du vent du gradient. Cela se traduit, par exemple, par la superposition du vent à la brise de même sens dans les situations à vent d'aval dominant mentionnées à propos du régime Sierrois : on a alors un vent de vallée plus fort que la brise normale, mais avec la même variation diurne de vitesse que celle-ci, c'est-à-dire avec maximum l'après-midi.

Enfin je relève le cas très fréquent où la lombarde souffle modérément au-dessus de 1000 m, alors que dans le talweg rhodanien la brise d'aval se maintient, affaiblie : dans la même vallée règnent alors deux courants de sens opposés, d'aval en bas, d'amont en haut. Mais cela n'a rien à voir avec une circulation fermée.

## II. Le foehn.

### 1. LES VALLÉES A FOEHN.

Après la description du foehn à Sierre dans la première partie, il sied d'élargir le cadre et de dégager les traits essentiels de ce vent dans le reste du canton dans la mesure où les informations sûres le permettent.

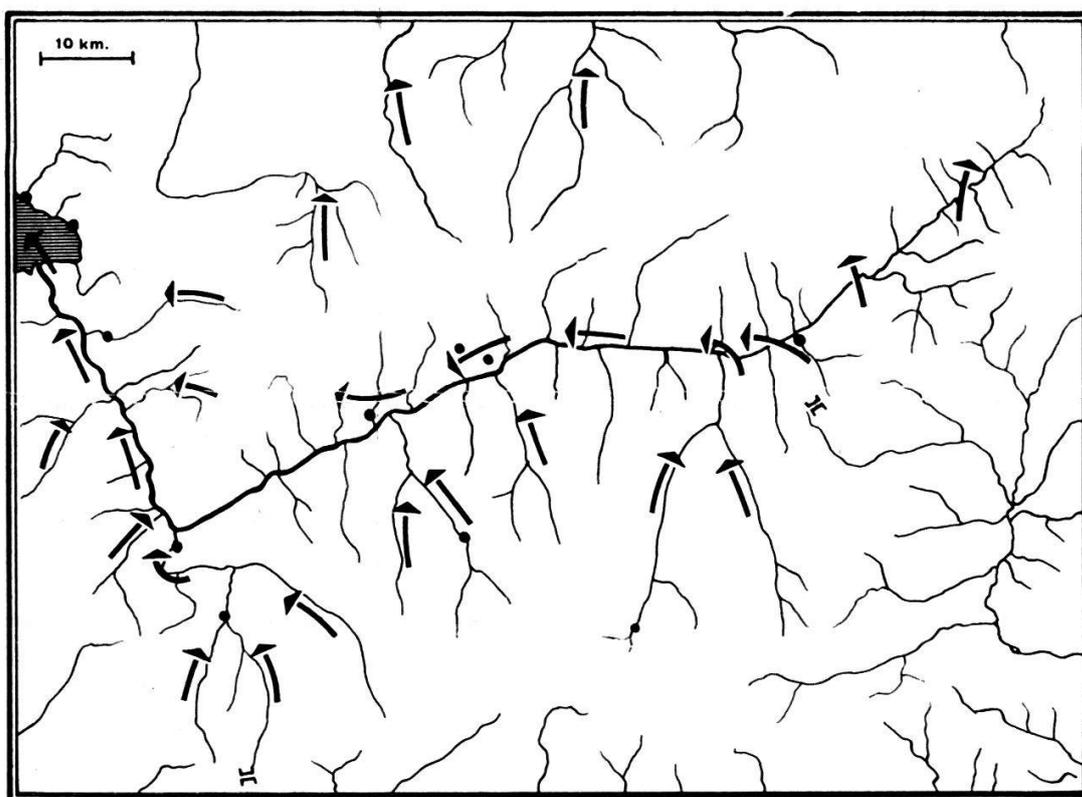


FIG. 8. — Les vallées à foehn en Valais. On remarquera les domaines de Brigue à Sion d'une part et de Martigny au lac Léman d'autre part, puis les vallées latérales des Pennines. La trajectoire de Saint-Maurice au Léman est également celle de la vaudaire d'orage. Pour les localités, voir la figure 1.

Il y a *trois domaines de foehn* plus ou moins indépendants : la vallée du Rhône comprend elle-même deux trajectoires distinctes, l'une allant de Brigue à Sion (vent d'ENE), l'autre de Martigny au lac Léman (vent du SSE); en outre il y a les vallées latérales de la rive gauche ayant chacune leur régime propre. Entre ces trois domaines il n'y a pas nécessairement, du point de vue aéro-

dynamique, de lien direct, ou si l'on veut de continuité. C'est ainsi que le foehn peut souffler à Sierre et à Sion, mais pas dans les hautes vallées ni en Bas-Valais; le foehn des vallées d'Anniviers et d'Hérens ne rejoint pas celui de la vallée du Rhône, ou du moins pas au sol, cela à cause sans doute de la forme légèrement convexe du profil en long de ces vallées dans leur section inférieure.

Ce qui a été dit plus haut du foehn à Sierre vaut pour tout le tronçon compris entre Brigue et Sion; ce vent s'observe à Brigue même et à Viège ce dont j'ai reçu maint témoignage; il descend du Simplon (2005 m), du Saastal et du Mattertal et s'avance jusqu'à Sion et un peu au delà.

Entre Sion et Charrat-Fully, le foehn est rare ou presque inexistant; le vent qui souffle avec force jusqu'à Sierre atteint encore Sion, mais pas toujours, puis s'élève obliquement le long du versant adret pour franchir la crête des Bernoises dans la région des Diablerets et des Dents de Morcles probablement, et réapparaître éventuellement comme foehn dans les vallées de l'Avançon et de la Gryonne. J'ai observé du foehn authentique à Villars sur Ollon comme vent du SE. La lombarde à Montana n'est pas autre chose que la partie supérieure de ce puissant courant de foehn venant frapper le versant Sud des Alpes bernoises.

La région abritée entre Sion et Martigny s'est curieusement manifestée le 2 janvier 1949 de la façon suivante : après un foehn fort qui s'était éteint dans la nuit du 1 au 2, la couche de neige avait entièrement disparu en amont de Sierre et sur le versant de la Noble Contrée; elle avait subsisté par contre en aval jusqu'à Saxon, mais avait aussi fondu entre Martigny et Aigle sous l'influence du foehn. A même altitude il y avait donc trois plages, deux sans neige encadrant celle du milieu qui en était encore garnie.

Le deuxième domaine de foehn commence à Martigny. Le vent du SSE provenant certainement des vallées des Drances et de celle du Trient souffle parfois avec violence dans l'étranglement de Vernayaz, apparaît fréquemment à Saint-Maurice d'après les données précises que m'a fournies M. Jacomet en 1947/49, descend la plaine du Rhône et, s'il est fort, gagne le Léman où il porte le nom de *vaudaire* comme un vent de même direction mais d'origine différente, la *vaudaire* d'orage ou de reflux (14). WILD a étudié en 1901 cinq cas de foehn où le Bas-Valais est nettement mais sommairement représenté (10). La *vaudaire* de foehn, capable de soulever de grosses vagues du SE sur le Léman, atteint quelquefois Lausanne et, rarement, Morges même qui se trouve à l'extrême limite de son domaine. En général, lorsque le vent est modéré, il atteint la région d'Aigle, puis disparaît au delà. J'ai observé par exemple le 28 octobre 1960 du foehn de 30 à 40 km/h à Aigle avec la belle

transparence de l'air qui le caractérise, puis deux kilomètres plus loin vers l'aval et jusqu'au Léman le calme et la brume du coin mort quasi stationnaire au-dessus duquel glisse le vent chaud. Pour une vitesse plus grande, la limite du foehn est repoussée sur le lac où M. Ogay a pu photographier le remous brumeux (26). Les mêmes phénomènes s'observent sur le lac des Quatre-Cantons et sur le lac de Zoug en Suisse centrale, et ailleurs encore.

En amont de Brigue le comportement du foehn est inconnu; d'ailleurs il n'y a plus de foehn proprement dit dans la vallée de Conches (Goms) prise par le travers ou de bas en haut en direction du col de la Furka. On sait que sur l'autre versant de celui-ci commence la trajectoire du foehn uranais et qu'au delà de l'Oberalp le vent descend la vallée du Rhin pour ne devenir foehn véritable qu'en aval de Disentis. Il faut aller jusqu'à Coire et au Rheintal saint-gallois pour retrouver une authentique vallée à foehn soufflant ici du SE à SSW selon les endroits.

Le Saastal et le Mattertal semblent exposés au foehn, mais les renseignements précis font défaut. Il est en tout cas reconnu que les précipitations orographiques sont abondantes au fond de ces vallées, sous le mur de foehn. Les portes d'entrée du Saastal sont plutôt basses : Monte-Moropass 2845 m, Mondellipass 2831 m. On remarquera cependant que le passage est situé huit cents mètres plus haut qu'au Simplon.

Les vallées d'Anniviers et d'Hérens sont peu visitées par le foehn qui franchit les déversoirs assez élevés du col Durand à 3455 m et du col de Chermontane à 3067 m doublés en arrière de crêtes plus élevées encore. Il y a à Evolène 8 à 10 jours de foehn par an (observations Vallette), donc trois fois moins qu'à Sierre. L'examen de quelque soixante cas montre que le foehn est d'autant plus probable dans le val d'Hérens que le gradient transalpin est plus élevé et que la direction du vent à 5000 m se rapproche du plein Sud. Il existe de beaux enregistrements de température à Evolène par foehn avec une hausse rapide au moment où le vent parvient au village; l'identification du vent chaud ne fait donc aucun doute. Le 9 décembre 1954, par exemple, le thermomètre est monté de dix degrés en une demi-heure au milieu de la nuit. A Evolène, comme à Sierre, le foehn ne dure en général que quelques heures. Dans la vallée voisine d'Anniviers, les conditions sont sans doute les mêmes.

Les vallées de Bagnes, d'Entremont et le val Ferret sont de nouveau plus exposés au foehn, semble-t-il, les cols étant à moindre altitude : Saint-Bernard 2469 m, col Ferret 2490 m; à la sortie de ces vallées le vent trouve une issue directe dans la vallée du Rhône orientée vers le NNW.

On ignore tout des vallées du Trient et d'Illiez où le foehn a certainement accès, mais sans réchauffement notable vu la faible altitude des cols : col des Montets 1461 m, col de Coux 1921 m.

## 2. FOEHN ET LOMBARDE.

Lombarde à 1500 m (Montana, vent d'ENE) et foehn à 500 m (Sierre, vent du NE) sont un seul et même courant : en bas seulement il a les caractères propres du foehn. La liaison entre les deux vents apparaît dans les faits suivants mis en évidence par les observations parallèles de Sierre et de Montana.

- a) Chaque situation synoptique de foehn provoque la lombarde à 1500 m; celle-ci souffle longtemps avant l'apparition éventuelle du foehn dans la vallée.
- b) Il y a toujours de la lombarde à 1500 m quand le foehn atteint le talweg à Sierre.
- c) Les vitesses des deux vents sont statistiquement liées.

Entrons dans le détail. Dès que le gradient transalpin trahit une surpression au Sud des Alpes, la lombarde se lève à 1500 m; elle se maintient jusqu'à la disparition de ce gradient. Il en résulte que la lombarde souffle longtemps avant que le foehn apparaisse à Sierre, parfois un jour ou deux; mais ce dernier peut fort bien ne pas se montrer du tout : lombarde sans foehn est donc possible. En revanche, il n'existe pas, en cinq ans d'observations continues et parallèles, de coup de foehn à Sierre sans lombarde simultanée à Montana.

A 2074 observations de lombarde correspondent pour la même période 346 observations simultanées de foehn; cela fait un rapport de fréquence de 6 à 1: la lombarde est six fois plus fréquente que le foehn.

Tout cela peut s'exprimer ainsi : pour qu'il y ait foehn à 500 m, il faut qu'il y ait lombarde à 1500 m, mais cette condition n'est pas suffisante; ou encore : le vent souffle en altitude longtemps avant d'atteindre le talweg.

J'ai essayé de préciser le lien statistique des vitesses respectives en haut et en bas en comparant tous les cas où il y avait simultanément lombarde et foehn. Le coefficient de corrélation vaut 0,64 (période 1953/59). Il y a plus.

Considérant toutes les mesures disponibles de vitesse de lombarde à 1500 m par situation de foehn (2074 obs.) d'une part, toutes les mesures simultanées de vitesse du foehn à 500 m dans la même période de 75 mois (363 obs.), j'ai exprimé le rapport des fréquences des secondes aux premières par classes de vitesse à 1500 m. Le calcul vise à manifester la dépendance du foehn du talweg à l'égard

du vent de même direction à moyenne altitude dans la vallée; il exprime, en d'autres termes, dans quelle mesure le foehn dépend de la vitesse du vent à 1500 m. Le résultat est intéressant; il est donné par le tableau 21 et illustré par la figure 9.

On constate : 1) que le foehn du talweg est d'autant plus fréquent que le vent à 1500 m est fort; 2) qu'à partir d'un seuil de vitesse de 55 km/h le vent d'Est à 1500 m est toujours générateur de foehn au fond de la vallée. Ainsi se précise un point important du mécanisme selon lequel, en opposition avec le principe fondamental de la statique des gaz, le foehn chaud pénètre jusqu'au fond des vallées. Aussi bien le phénomène n'est-il nullement statique, mais essentiellement dynamique; l'air chaud du foehn remplace l'air plus froid du talweg lorsqu'il est animé d'une vitesse suffisante et en raison même de cette vitesse.

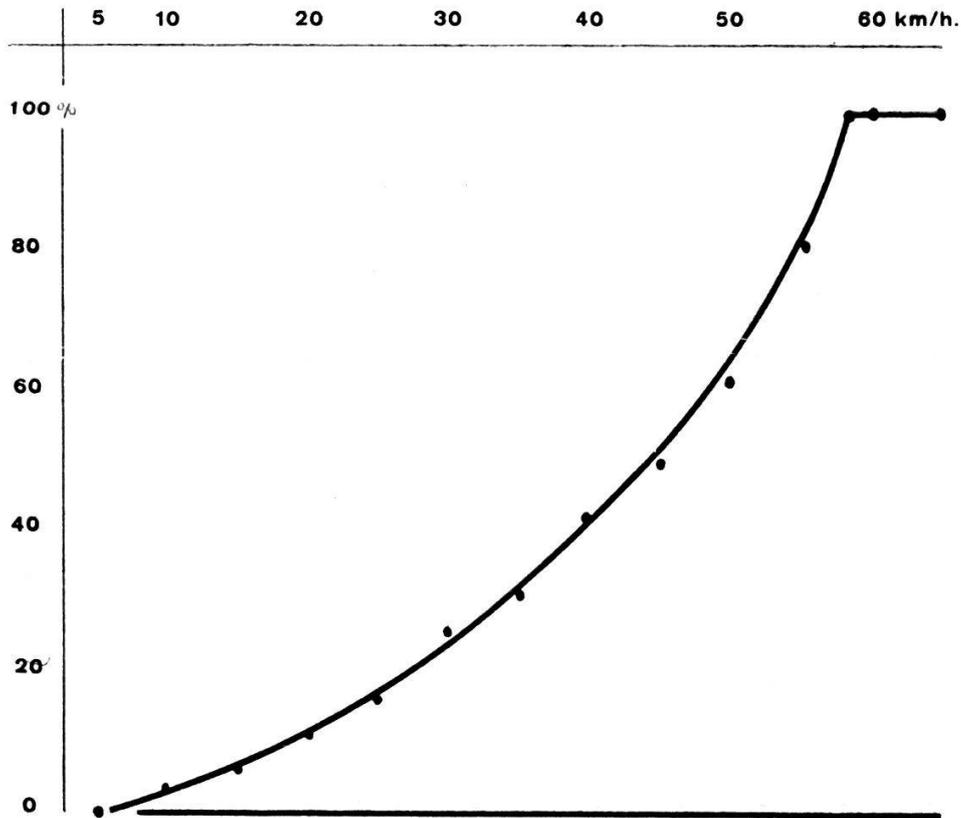


FIG. 9. — Fréquence du foehn à Sierre (500 m) en fonction de la vitesse de la lombarde à Montana (1500 m), en pour cent (tableau 21).

Or la probabilité que l'équilibre statique préexistant soit rompu par l'apparition du vent chaud dans le talweg croît rapidement avec la vitesse du vent régnant à mi-hauteur dans la vallée. C'est là ce qu'indique nettement le tableau 21. Ce fait d'expérience semble fournir en définitive un argument en faveur de la théorie esquissée par SCHWEITZER (7) qui introduit la notion de vitesse critique à par-

tir de laquelle le foehn deviendrait possible; les points de vue convergent.

Qu'une telle vitesse critique existe n'est pas certain; le calcul statistique ne la met en tout cas pas en évidence. Le seuil de 55 km/h qui ressort des données ci-dessus est peut-être particulier aux conditions topographiques locales et dépend aussi de l'excellence des mesures de vent au sol toujours difficilement correctes. Il semble acquis cependant qu'à vitesse croissante du courant supérieur de la vallée le foehn devienne de plus en plus probable et qu'il dépende essentiellement de celle-ci.

En bref, *l'existence préalable d'un vent d'amont (lombarde) au-dessus de 1000 m est une condition nécessaire de l'apparition du foehn au fond de la vallée; cette apparition est alors d'autant plus probable que la vitesse du courant supérieur est grande, et elle est assurée à partir d'une vitesse minimum qui, dans les conditions expérimentales présentes, est de 55 km/h.*

Ainsi se confirme ce que j'avais déjà cru pouvoir avancer en 1951 lors d'une étude préliminaire sur la base d'un matériel alors très insuffisant (19).

### 3. FOEHN ET GRADIENT DE TEMPÉRATURE.

Si le lien de vitesse entre foehn et lombarde n'est que statistique, cela prouve que la vitesse n'est pas le seul facteur en jeu; elle est déterminante, mais non suffisante. La périodicité diurne du foehn avec maximum de fréquence vers 17 h à Sierre ainsi que sa préférence pour le printemps font penser au rôle complémentaire de l'équilibre statique de l'air de la vallée, c'est-à-dire à sa stratification thermique assez bien représentée par le gradient vertical de température.

Or celui-ci est affecté, lui aussi, d'une périodicité diurne et saisonnière. Si l'on consulte le tableau 22 et la figure 10, on verra que le gradient moyen de température entre Sierre et Montana est toujours plus élevé au milieu du jour que le matin ou le soir et qu'il est maximum aux mois d'avril et de mai. Ce sont précisément les moments du jour et de l'année où le foehn, à Sierre du moins, est le plus fréquent. Une relation semble donc exister entre l'apparition du foehn et le degré de stabilité de l'air de la vallée. Et comme à gradient vertical croissant correspond une moindre stabilité et vice versa, on peut résumer en disant que *le foehn est d'autant plus probable dans le talweg que l'air préexistant est moins stable.*

Une fois le foehn engagé, le gradient croît et tend vers la valeur adiabatique de un degré par hectomètre; le fait se vérifie aisément entre Sierre et Montana comme j'ai pu le constater.

Le rôle du gradient vertical de température a été souligné en 1950 par HOINKES (4) qui a remarqué que l'accroissement du gradient pouvait favoriser l'apparition du vent chaud au fond des vallées et en a donné un exemple.

La couche d'air froid reposant au fond de la vallée longitudinale du Rhône pendant la nuit est peut-être particulièrement stable et plus résistante au balayage par le foehn que dans les vallées ouvertes vers le Nord, orientées dans la direction du courant supérieur. On doit cependant relever que dans deux vallées dirigées du Sud au Nord, l'Oberallgäu en Haute-Bavière (5) et le Salzschtal, comme dans celle de l'Inn à Innsbruck (3) qui est longitudinale comme le Valais, on observe la même préférence pour le lever du foehn en fin de matinée. Le cas de la vallée de la Reuss plus accessible, semble-t-il, au foehn de nuit demande nouvel examen.

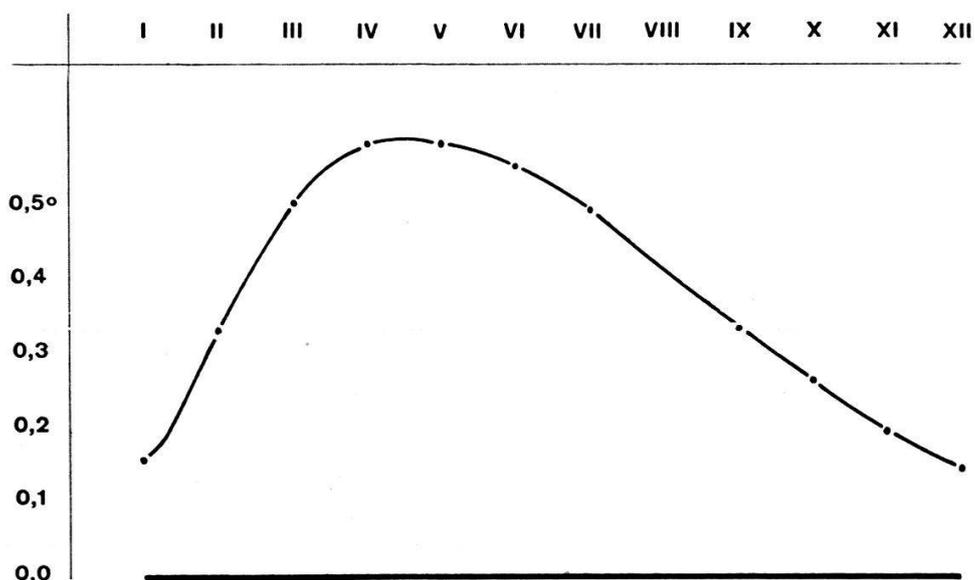


FIG. 10. — Gradient vertical de température entre Sierre et Montana (1000 m d'écart) en degrés par hectomètre : variation annuelle (tableau 22).

En conclusion, je note qu'à la condition de vitesse du courant supérieur (lombarde) s'ajoute celle de l'instabilité de l'air que le foehn doit chasser devant lui.

Une remarque encore à propos du tableau 22. Les gradients moyens donnés sont systématiquement plus faibles que ceux que j'avais calculés entre Sion et Montana précédemment (32). Je ne me prononce pas sur la valeur absolue de ces gradients. Leurs fluctuations seules importent dans la perspective ici adoptée; elles sont les mêmes dans les deux cas, et la variation annuelle est fidèlement reproduite.

## 4. LE CIEL DE FOEHN.

Les ciels de foehn en Valais sont complexes et en somme peu typiques. Il faut distinguer entre nuages moyens et supérieurs dépendant de la conjoncture générale et nuages orographiques accrochés aux crêtes.

Il arrive que le foehn règne par ciel serein, mais en général il existe une nappe d'altostratus plutôt mince, très variable en étendue et en densité, parfois doublé de cirrostratus; dans certains cas l'altostratus très dense et bas se fond dans le mur de foehn. Des fractocumulus apparaissent çà et là, parfois de l'altocumulus, mais les formes lenticulaires sont rares. Il n'y a pas de lucarne de foehn proprement dite (Föhn-lücke) puisque le recul par rapport au faite pennin est insuffisant.

Les nuages orographiques constituent le mur de foehn bien connu dans toute la région alpine. Il apparaît tout d'abord comme une nappe très plate, stable, dépassant tout juste les cols les plus bas (Simplon, St-Bernard) et manifestant très clairement le déversement de l'air vers l'intérieur des vallées; c'est la barre de foehn. Plus tard, lorsque le gradient transalpin augmente, la barre devient muraille épaisse, diffuse et changeante, souvent mal délimitée en hauteur: la lombarde a fraïchi et le foehn peut apparaître dans les bas fonds.

Dans les cas de foehn bien établis, la région du Simplon et toute la crête frontière du Sud-Est valaisan sont complètement noyées dans une masse nuageuse épaisse donnant lieu à d'importantes précipitations et qui se maintient sans changement deux, trois jours de suite ou davantage. C'est en somme la limite septentrionale en terre valaisanne du vaste système nuageux qui au Sud des Alpes et au Tessin recouvre le pays et lâche sur lui les pluies abondantes que l'on sait.

Ces différents nuages m'ont permis dans certaines circonstances de déterminer la direction des courants à plusieurs étages; la distribution la plus usuelle se présente comme suit :

Talweg	NE
de 1000 à 2000 m	E
vers 2500 m	SE
vers 3000 m	S
vers 4000 m	SSW
au-delà de 5000 m	SW

Cette curieuse rotation de 180 degrés selon la verticale est typique pour le Valais central.

La répartition géographique des précipitations de foehn est également caractéristique. La zone pluvieuse, d'origine purement orographique, s'étend tout le long de la crête des Pennines, du Mont-Blanc au Simplon, couvre les Alpes Lépointiennes et la vallée supérieure du Rhône en amont de Brigue, longe la crête des Alpes bernoises du Lœtschental aux Diablerets. Le centre du canton reste sec. Cette disposition en fer à cheval peut se maintenir plusieurs jours de suite sans grandes modifications. La région du Simplon et les Lépointiennes reçoivent parfois de fortes quantités de pluie ou de neige lors des périodes prolongées de foehn, alors qu'à Sierre et à Sion le pluviomètre reste vide!

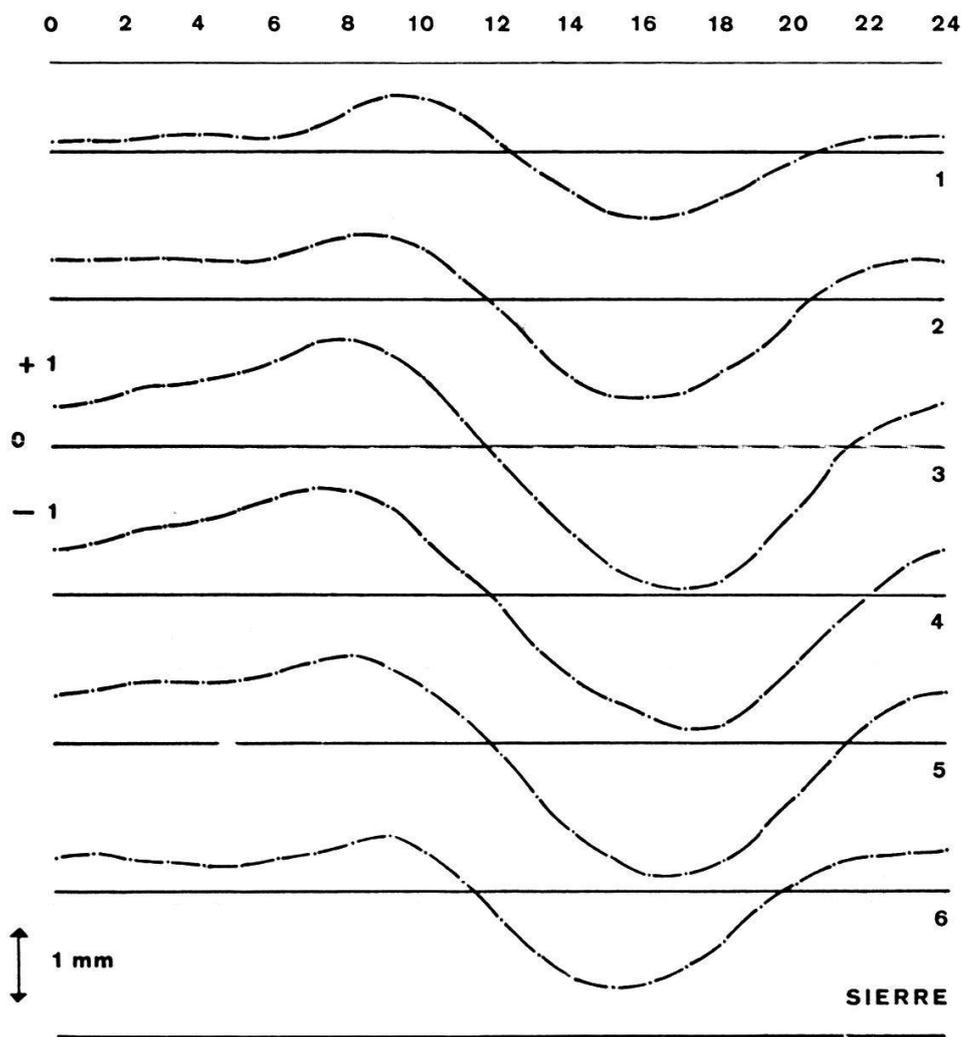


FIG. 11. — Sierre. Variation diurne de la pression par beau temps: écarts à la moyenne par groupes de deux mois. 1 = déc./janvier, 2 = févr./mars, etc. (tableau 23).

Je n'ai accordé dans ce qui précède aucune attention à ce que les météorologistes de langue allemande appellent de façon malheureuse « foehn anticyclonique » ou « foehn libre ». Le phénomène

ainsi dénommé n'est autre que la subsidence ou affaissement d'ensemble de la troposphère dans le domaine des anticyclones chauds; il n'a de commun avec le foehn qu'un réchauffement par compression adiabatique, mais s'en distingue radicalement pour le reste puisqu'il ne provoque pas de vent au sol, ne s'observe qu'en altitude, au-dessus du lac d'air froid des bas-fonds, et intéresse simultanément des aires très vastes, de l'ordre de la superficie de la France au moins. Aussi faut-il regretter l'usage allemand et conserver au phénomène le nom de subsidence également employé par les auteurs anglais qui lui convient beaucoup mieux et repose sur une étymologie correcte.

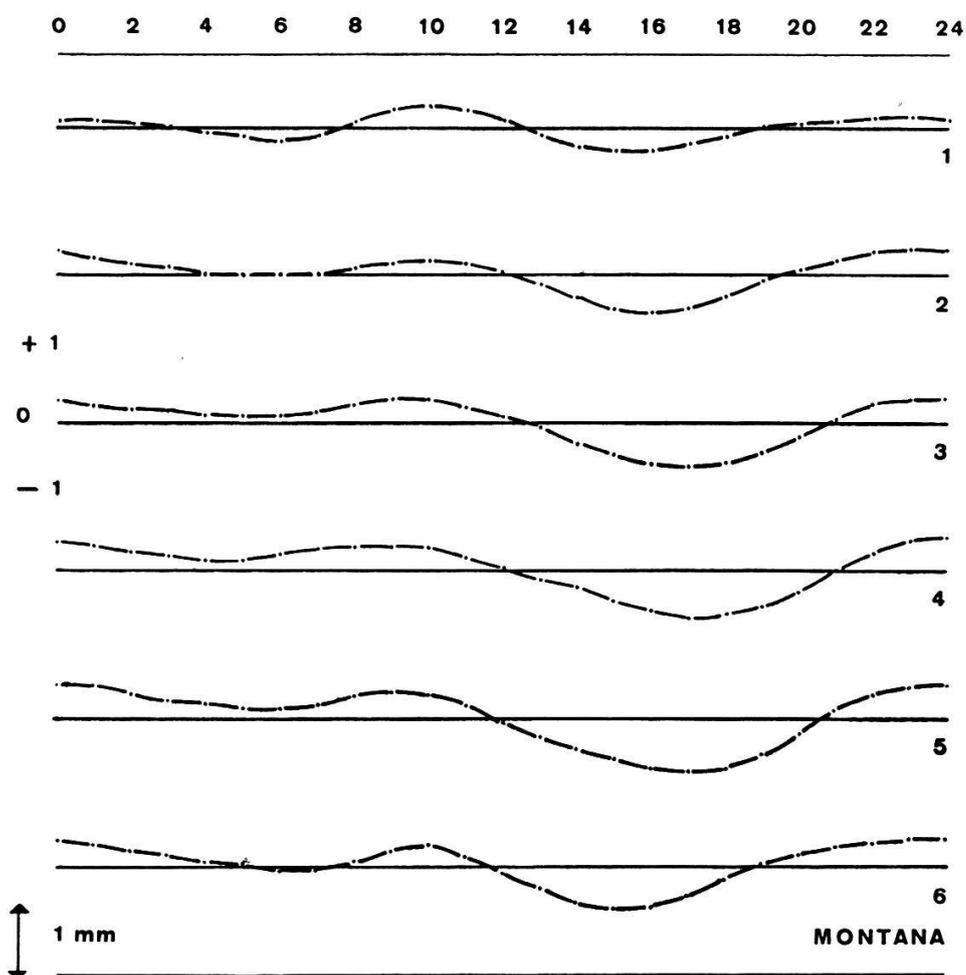


FIG. 12. — Montana. Variation diurne de la pression par beau temps: écarts à la moyenne par groupes de deux mois. Même groupement que pour la fig. 11 (tableau 23).

La subsidence s'observe, bien entendu, à Montana comme dans tout le domaine alpin et y produit souvent le ciel sans nuages, d'une absolue pureté, caractéristique de ces situations. La fréquence des jours intégralement sereins est donnée, à titre d'indication, par

la troisième ligne du tableau 18 où apparaît l'époque la plus favorable, soit l'automne et l'hiver avec deux à quatre jours par mois en moyenne.

### III. La pression.

#### 1. LA VARIATION DIURNE.

Le régime de brises normales de beau temps dépend évidemment du gradient de pression dans la vallée et entre celle-ci et l'extérieur. Aussi est-il utile de connaître les courbes diurnes de pression à Sierre et à Montana pour des jours de temps serein, exempts de toute perturbation locale (orage) ou à grande échelle (fronts); ce sont aussi les jours où les brises apparaissent dans toute leur pureté.

A cet effet, 150 jours répondant à ces conditions ont été sélectionnés, puis groupés par mois; les barogrammes des deux stations, contrôlés par des lectures directes, furent dépouillés et traités de façon à obtenir les écarts à la moyenne du jour, d'heure en heure, après élimination des variations à longue période. Le résultat figure dans le tableau 23 où n'ont été conservées que les valeurs de deux en deux heures et par groupes de deux mois. Les figures 11 et 12 reproduisent les courbes obtenues.

La variation diurne à Sierre est caractérisée par deux extrema bien marqués toute l'année: un maximum du matin et un minimum l'après-midi. A Montana il y en a quatre: deux absolus et deux relatifs. On remarquera la forte amplitude à Sierre et son accroissement de l'hiver à l'été; le petit tableau que voici la met en relief et donne également l'heure du maximum et du minimum de deux en deux mois.

*Sierre. Amplitude barométrique et époques des extrema; jours sereins.*

	Amplitude	Maximum	Minimum
Déc./janv.	1,7 mm	10 h	15 h
févr./mars	2,2	9	16
avril/mai	3,4	8	17
juin/juillet	3,2	7	17
août/sept.	3,0	8	16
oct./nov.	2,1	9	15

L'amplitude diurne à 500 m dans le Valais central par temps clair est passablement plus grande qu'à l'extérieur de la vallée, sur le Plateau suisse. J'ai montré ailleurs (22) que dans les mêmes conditions l'amplitude à Lausanne (550 m) était de 1,1 mm en hiver et de 1,5 mm en été seulement. La vallée du Rhône, entre Martigny et Brigue, enserrée entre deux hautes chaînes de montagnes pos-

sède évidemment son régime thermique propre, caractérisé par un refroidissement nocturne plus accentué des basses couches et un réchauffement diurne plus intense que sur la Plateau. Les versants montagneux jouent à cet égard un rôle double : celui de collecteurs de la pellicule d'air perdant de la chaleur par rayonnement nocturne et celui de radiateurs pendant la journée. Cela expliquerait l'amplitude anormalement forte de la variation diurne de pression à Sierre et à Sion. Le problème reste posé; il n'est pas très simple, mais les faits sont là.

## 2. LE GRADIENT SIERRE-MONTREUX.

La variation diurne de la pression à l'extérieur de la vallée étant plus faible au cours de la journée, il en résulte un gradient de pression alternativement dirigé vers l'aval et vers l'amont. De nuit la pression est plus élevée en Valais que sur le Léman; de jour c'est l'inverse qui se produit. Les inversions du gradient deux fois par jour doivent théoriquement coïncider à peu près avec les renverses de brises. Il en est bien ainsi comme le montre la figure 13.

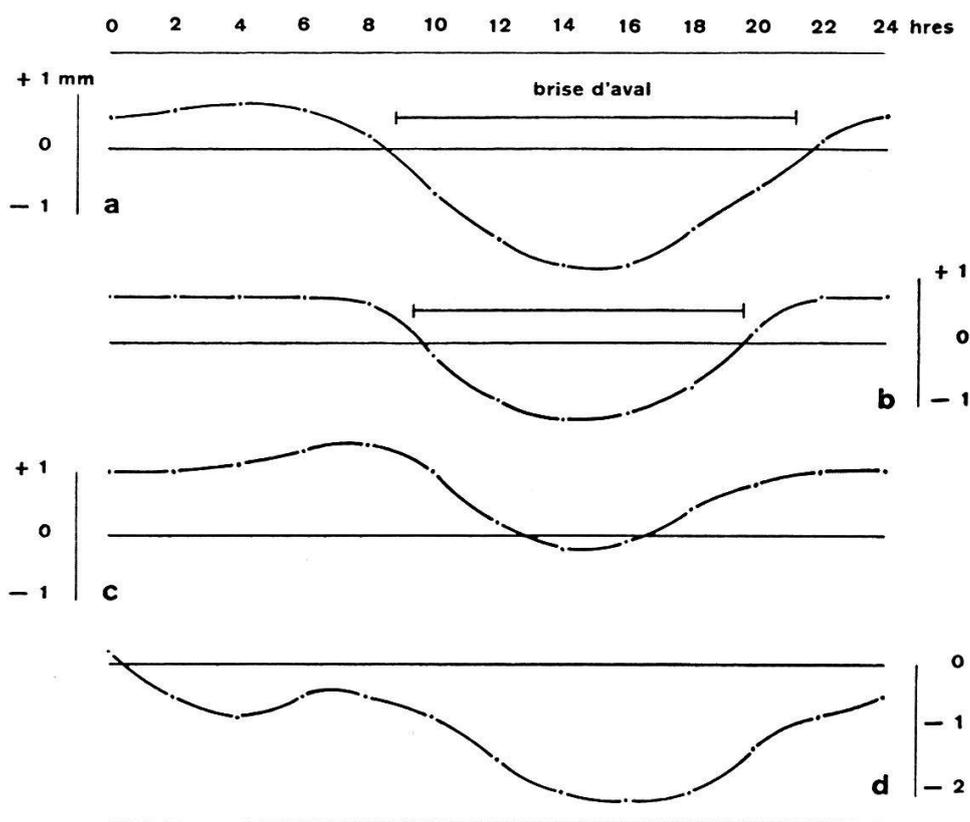


FIG. 13. — Gradient de pression entre Montreux et Sierre par beau temps : a) en été, b) en automne, c) en hiver, d) le 10 juin 1959 par vent d'aval permanent et ciel couvert. Le gradient est positif de Sierre à Montreux (tableau 25).

Des observations barométriques à Montreux en 1959 m'ont permis de calculer le gradient entre cette localité et celle de Sierre (76 km). Le tableau 25 donne de deux en deux heures la valeur du gradient calculé pour une dizaine de jours à trois époques de l'année ; il est positif pour la direction de Sierre vers Montreux.

On remarquera l'importance du gradient, sur 76 km, en été, qui entre 8,5 h et 21,5 h commande l'entrée de l'air en Valais ; il atteint le maximum de 1,8 mm. Dans cet exemple la première renverse a lieu à Sierre à 8,8 h et la seconde à 21,2 h en moyenne ; l'accord est excellent.

Dans l'exemple d'automne (10 jours également) le gradient vers le Valais dure moins longtemps et reste plus faible avec un maximum de 1,2 mm ; les deux renverses coïncident exactement avec son annulation. En hiver enfin, le gradient ne s'inverse pour ainsi dire plus ; sur les 10 jours en cause, il y en avait 6 en novembre avec brise d'une durée moyenne de 6,1 h, et 4 en décembre avec brise d'amont permanente.

Ces trois exemples de 10 jours chacun illustrent suffisamment le rôle du gradient régional de pression dans le régime alterné des brises de la vallée du Rhône. Ces résultats confirment et complètent heureusement ceux que BILLWILLER avait donnés en 1913 à partir d'un matériel très sommaire (2).

On conçoit aisément que les changements continuels du champ de pression en Europe centrale modifient aussi le gradient régional. En cas de haute pression au Nord (situation du NW ou de bise), le gradient Léman-Sierre est renforcé et le vent d'aval peut se maintenir tout le jour. La figure 13 en donne un exemple, celui du 10 juin 1959 où le gradient n'a pas changé de signe et où le vent d'aval a soufflé en permanence. Inversement, par situation de foehn, le gradient est en général dirigé vers l'aval, mais il est assez variable ; le phénomène est moins simple et demanderait à être examiné de plus près. Comme je l'ai fait remarquer plus haut, le foehn à Sierre est précédé d'un vent d'aval faible ; dans quelle mesure celui-ci est-il commandé par le gradient au sol ou par le courant supérieur de foehn ? De plus amples recherches seraient nécessaires pour tirer au clair cette question.

Les valeurs du paramètre du développement en série de Fourier des courbes moyennes de pression qui viennent d'être discutées figurent au tableau 24. Le lecteur ne cherchera pas dans ces chiffres une précision trop grande ; tirés de l'analyse harmonique de 25 barogrammes par groupes de 2 mois, ils ne prétendent qu'à donner un ordre de grandeur et l'allure des courbes d'écart.

## IV. Nuages, brouillard et orages.

## 1. LES CUMULUS LOCAUX.

Il n'y a pas de formes nuageuses particulières au Valais où l'on observe entre autres et comme ailleurs dans les Alpes des nuages d'obstacles tels que les brouillards de versant, les petits cumulus des crêtes, les capuchons des hauts sommets et le mur de foehn aux contours diffus. Les « plus de 4000 » ont tous leurs panaches et plumets bien typiques matérialisant la direction du vent à leur niveau ainsi que les tourbillons d'obstacle.

Ce n'est pas quitter le domaine des vents que de considérer les *cumulus de beau temps* dont la présence sur les sommets alpins manifeste l'aboutissement des brises remontantes diurnes. En effet, au fur et à mesure que s'installent par temps clair ces courants ascendants dans les vallées et sur les versants, de petits cumulus apparaissent contre les pentes, grossissent et s'élèvent au cours de la journée pour disparaître le soir. Or dans les situations stables de temps serein et sec, le niveau où se forme le cumulus varie selon l'heure et la saison. J'ai consacré à l'altitude de base des cumulus et des cumulonimbus locaux une étude spéciale (36) dont voici l'essentiel.

Les cumulus des Alpes Pennines furent observés depuis Montana pendant plusieurs années et quatre fois par jour quant à l'altitude de leur base ou *niveau de condensation*, grâce aux repères nombreux qu'offrent les crêtes, les sommets et points marquants du relief en général. Les altitudes relevées et classées par étages de 500 m se distribuent comme suit (1126 obs.) :

Etages	Fréquence relative
41 à 45 hm	4,5 ‰
36 à 40	15,2
31 à 35	39,8
26 à 30	30,5
21 à 25	8,0
16 à 20	2,0

L'altitude moyenne de la base des cumulus s'établit à 3160 m sur mer; l'étage le plus fréquemment occupé est donc celui qui est compris entre 3000 et 3500 m. Il résulte de ces chiffres que les cumulus des Alpes Pennines se forment très haut; même en retranchant l'altitude de 500 m qui est celle du fond de la vallée du Rhône, on obtient un intervalle entre sol et nuage de 2500 m en moyenne générale, largement supérieur à celui que l'on admet d'ordinaire pour les cumulus de plaine. ROULLEAU et TROCHON (6) don-

ment par exemple pour la France l'altitude moyenne de 1200 m pour les cumulus, et de 1000 m pour les cumulonimbus.

Le niveau de base des cumulus dépend très notablement de l'heure et de la saison. Le tableau suivant apporte les précisions nécessaires et illustre la variation tant diurne qu'annuelle de la hauteur.

*Altitude absolue de la base des cumulus en Valais, en hectomètres.*

Mois	9 h	12 h	15 h	18 h
mars	23,0	29,0	30,0	30,0
avril	25,5	31,0	32,0	32,0
mai	27,5	32,5	33,5	33,5
juin	28,5	33,0	34,0	34,0
juillet	29,0	33,0	34,0	34,0
août	29,0	33,0	34,0	34,0
septembre	28,5	32,5	33,5	33,5
octobre	27,0	31,0	32,0	32,0

De novembre à février il n'y a pratiquement pas de cumulus. Le niveau s'élève dans la matinée et se stabilise l'après-midi sans s'abaisser le soir; il est maximum en juin, juillet et août et se fixe en moyenne à 3400 m l'après-midi.

Il peut paraître surprenant qu'il y ait à 9 h. déjà des cumulus formés alors que, comme on l'a vu plus haut, la brise de la vallée du Rhône débute au plus tôt à 8,8 h en plein été et, par exemple, à 10 h seulement en avril et en septembre (tableau 10); la contradiction n'est qu'apparente. En effet, les premiers cumulus de beau temps se forment sur les versants, sous les crêtes, et doivent leur origine aux brises de versant proprement dites. Or à Montana, station type de versant, la brise diurne commence immédiatement après le lever du soleil, c'est-à-dire à environ 6 h 30 au début d'avril et à 5 h 20 au solstice d'été. Il est donc tout-à-fait normal que les premiers cumulus locaux apparaissent dès le début de la matinée, en général entre 7 et 8 h en plein été, lorsque la brise de versant a atteint une vitesse notable.

## 2. LE BROUILLARD A MONTANA.

La distribution géographique du brouillard en Valais a été décrite précédemment (21), aussi n'y a-t-il pas lieu d'y revenir, sinon pour rappeler la rareté du phénomène dans la vallée du Rhône (5 à 10 jours par an) et dans les Pennines (10 à 15 j.), ainsi que sa fréquence rapidement croissante avec l'altitude: 150 jours à 2500 m, 210 j. à 3500 m et 260 j. à 4500 m.

Une série de dix ans d'observations à Montana a fourni la matière du tableau 18 relatif à la fréquence du brouillard, lequel

apparaît en toutes saisons avec maximum peu marqué d'octobre à décembre. Le total annuel de 80 jours peut paraître élevé; pour en mieux juger, il faut dire qu'il comprend tous les jours « où il y a eu du brouillard », quelle que soit sa durée. Or sur ces 80 jours, il y en a 35, soit le 44 %, au cours desquels le brouillard a duré moins d'une heure, et il y en a 11 seulement où il s'est maintenu plus de six heures. Cela donne une plus juste idée du phénomène qui en réalité joue à Montana un rôle secondaire, ce que prouve en outre le très petit nombre de cas de givre en cet endroit.

Les catégories de brouillard observées à Montana sont les suivantes : brouillard de versant ou de convection, 28 %, brouillard de mauvais temps ou de mélange, 49 %; brouillard d'inversion ou de rayonnement, 23 %.

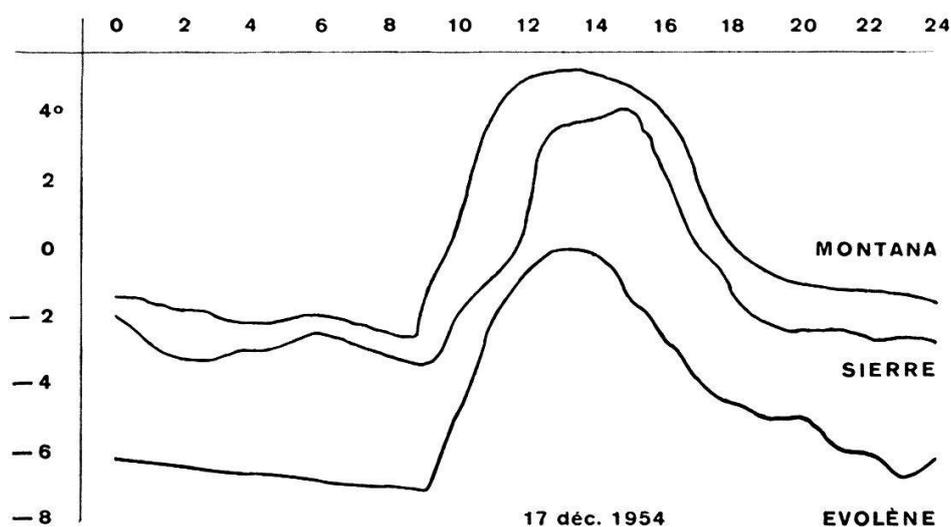


FIG. 14. — 17 décembre 1954. Thermogrammes de beau temps à Sierre (500 m), à Evolène (1370 m) et à Montana (1500 m). Remarquer la température relativement élevée à Montana situé au-dessus de l'inversion et le contraste entre le régime de versant (Montana) et celui des vallées du Rhône et d'Hérens.

Le *brouillard de versant* est celui qui se forme après la pluie, au moment de l'embellie, lorsque s'essuient les prés et les forêts détrempés. C'est un nuage très bas, se formant vers 1000 m, puis s'élevant au fur et à mesure que se réchauffent les pentes exposées au soleil. A 1500 m ce brouillard est éphémère, dure quelques minutes à une demi-heure au plus; plus haut par contre, il se stabilise et colle plus longtemps au flanc des montagnes vers 2000 m.

Le *brouillard de mauvais temps* (ou de mélange) est le plus fréquent. Il trahit l'arrivée de masses d'air plus froides et s'observe presque toujours au passage des fronts froids pénétrant en Valais

dont il est un révélateur subtil et sûr; il apparaît aussi au moment des grains orageux; il est présent de façon intermittente pendant les chutes prolongées de neige.

Le *brouillard d'inversion* ou de rayonnement enfin n'est autre que la couche de stratus de la vallée pouvant se former surtout de septembre à mai, mais aussi de temps à autre en été à l'altitude de 1500 m; c'est de novembre à janvier qu'il est le plus fréquent. C'est le brouillard le plus durable, car une fois formé il peut se maintenir plusieurs jours de suite. Rappelons à ce propos la série de brouillard tenace du 5 au 10 avril 1954 : le brouillard de mauvais temps puis le stratus qui pénétra alors jusque dans les vallées pennines même totalisèrent environ 90 heures d'enveloppement compact. De telles séries sont rares.

### 3. LA MER DE BROUILLARD.

Lorsque le stratus se forme au-dessous de 1500 m, il apparaît à Montana comme mer de brouillard dans la vallée du Rhône. Ce beau spectacle n'est cependant pas fréquent puisqu'il se présente en moyenne 7 fois par an seulement, et cela de septembre à avril uniquement. Depuis Leysin (1400 m) dans les Préalpes vaudoises on l'observe quatre fois plus souvent dans la plaine du Rhône, à savoir 30 fois par an (tableau 18). Ces chiffres illustrent la différence bien connue entre le Valais central jusqu'à Saint-Maurice d'une part et la plaine alluviale de là au Léman d'autre part. Dans la première partie le brouillard élevé est rare; dans la seconde il trouve des conditions plus favorables à son maintien; plus loin, vers Lausanne et Genève, le stratus est encore plus stable et plus durable. C'est un fait d'expérience courante qu'en hiver on peut voyager sous la couche nuageuse compacte depuis Lausanne, la voir se trouver depuis Aigle ou Bex, puis disparaître totalement dès le défilé de Saint-Maurice. Sur une distance d'un kilomètre à peine l'aspect du ciel change complètement : on passe en quelques minutes des embruns grisâtres du Plateau au soleil du Valais.

Quelques exceptions confirment la règle! Il faut citer l'arrière-automne de 1958 qui troubla les Valaisans du bas par son comportement inhabituel. Une première série de stratus d'inversion stable eut lieu du 22 au 30 octobre, réduisant à une vingtaine d'heures l'insolation sur le Plateau; à Sion, avec 64 heures, le ciel resta clair selon l'usage. Mais du 14 novembre au 8 décembre, une vaste nappe d'air humide et quasi immobile recouvrit tout le centre de l'Europe et la Suisse. La couche de stratus fut cette fois-ci plus durable, plus dense et pénétra dans toutes les vallées alpines. En 24 jours la région du Léman n'eut qu'une trentaine d'heures de soleil, Genève 12 seulement; à Lucerne l'astre du jour

ne se montra plus du tout du 18 novembre au 7 décembre ! En Valais, Sion fut privé d'insolation du 23 au 28 novembre, mais enregistra dans l'ensemble 68 heures contre 148 à Montana resté en permanence au-dessus du brouillard.

La raison pour laquelle le stratus se raréfie dans les vallées de l'intérieur du massif alpin est mal connue. Il existe pourtant dans ces vallées comme sur le Plateau, une couche froide plus ou moins épaisse des bas-fonds, limitée vers le haut par une inversion de température. Cette condition n'est toutefois pas suffisante pour la formation du brouillard. Il est probable que le bilan de rayonnement diffère notablement de celui des plaines par suite de l'apport des versants; l'effet de cuve se manifeste, comme on l'a vu plus haut, par l'amplitude anormalement grande de la pression au cours du jour. Des mesures fréquentes, très rapprochées dans le temps, de la température, de l'humidité et du rayonnement à plusieurs niveaux dans une vallée alpine et son avant-pays seraient nécessaires pour permettre des conclusions. Les observations usuelles des postes climatologiques sont à cet égard tout-à-fait insuffisantes: une technique plus fine et plus précise s'impose.

Le givre est rare à Montana puisque en douze hivers je ne l'ai noté que 64 fois, c'est-à-dire 5 fois par hiver en moyenne, et cela d'octobre à avril seulement (tableau 18).

#### 4. L'ORAGE.

Situé au cœur des Alpes, le Valais appartient avec les Grisons à la zone la moins orageuse de la Suisse comprise entre le Plateau où les grains se propagent plus facilement et le Tessin, très riche en manifestations électriques.

Plusieurs études antérieures rendent possible une comparaison du Valais avec ses régions limitrophes (33). Je désigne ici, comme précédemment, par jour d'orage tout « jour civil au cours duquel on a entendu du tonnerre ». A partir de cette définition, la climatologie orageuse de Montana se résume par le tableau 18 qui fait apparaître une moyenne de 21 jours d'orage par an, les mois de juillet et août étant les plus fournis.

Vu la structure géographique du Valais et son compartimentage, les observations faites en un lieu ne sont représentatives que d'une région assez limitée, surtout en ce qui concerne l'orage sur la répartition duquel le relief exerce une grande influence. Montana à cet égard illustre les conditions du versant méridional des Alpes bernoises et nullement celles du fond de la vallée où malheureusement les données exactes font encore défaut. A Evolène dans le Val d'Hérens, il est certain maintenant que la fréquence orageuse est de l'ordre de 12 jours par an.

Un profil allant du Jura (Le Sentier, Vallée de Joux) au Tessin en passant par Lausanne, Leysin dans les Préalpes vaudoises et le Valais montre très clairement le minimum alpin tel qu'il se présente entre Mont-Blanc et Gothard.

*Jours d'orage. Profil NW-SE*

Le Sentier	(1025 m)	36 jours par an
Lausanne	(500 m)	30 » » »
Leysin	(1350 m)	26 » » »
Montana	(1500 m)	21 » » »
Sion	(500 m)	15 » » »
Evolène	(1370 m)	12 » » »
Locarno	(350 m)	45 » » »

Aux deux extrémités du profil le Jura et le Tessin apparaissent comme les régions les plus orageuses; le sillon rhodanien accuse le minimum, et cela dans les vallées des Pennines.

Le Bas-Valais, entre Vernayaz et Aigle, est sans aucun doute plus orageux que le centre du canton; je lui avais attribué une fréquence de 24 jours par an au moins. Il est bien connu et facile à vérifier depuis Lausanne et Montreux qu'il existe une trajectoire orageuse très fréquentée, celle qui va des Préalpes de Savoie aux Préalpes vaudoises et fribourgeoises. Une deuxième trajectoire, moins usuelle semble-t-il, va des Aiguilles Rouges de Chamonix aux Alpes bernoises; une troisième, encore moins parcourue, est jalonnée par le Mont-Blanc, les Pennines et le Simplon. Près des deux tiers des orages du Valais viennent de la Savoie; certains viennent du Nord-Ouest et pénètrent dans le Bas-Valais en venant du Léman, mais ce cas est rare.

La *variation diurne* de l'activité orageuse en Valais est représentée par le tableau 14. Le contraste entre le matin et l'après-midi est remarquable: l'orage est rare entre 0 et 10 h, devient plus fréquent à partir de là et sévit le plus souvent aux environs de 17 h (16 h 30 en temps local moyen). Le 84 % des orages a lieu dans la deuxième moitié du jour, c'est-à-dire au moment du plein développement des nuages à structure verticale, les cumulus et cumulonimbus. Sur le Plateau le maximum de l'après-midi est plus étalé que dans les Alpes, et au Sud de celles-ci davantage encore puisque la probabilité d'orage est pratiquement la même de 14 à 22 h.

##### 5. LA VAUDAIRE D'ORAGE.

Il est un phénomène en relation étroite avec les orages valaisans et qui se manifeste dans la partie basse du canton: je veux dire la vaudaire d'orage sur laquelle le lecteur trouvera des détails cir-

constanciés dans des mémoires antérieurs (14, 17, 20). Je rappelle ici l'essentiel de ce vent très curieux mentionné autrefois par F. A. Forel et qui semble obéir à un mécanisme simple conditionné par le relief local.

La vaudaire est un vent venant du Bas-Valais et se déployant sur le Haut-Lac Léman comme vent du SE. Il peut atteindre dans certains cas une vitesse élevée, de l'ordre de 40 à 50 km/h. Toutefois le vocable qui depuis longtemps fait partie du vocabulaire de la navigation sur le Léman couvre deux vents d'origine différente : le foehn dont j'ai parlé plus haut, et la vaudaire proprement dite ou vaudaire d'orage ou encore de reflux.

Alors que le foehn descend des Alpes qu'il a escaladées depuis le Sud, la vaudaire d'orage, elle, prend naissance dans la vallée du Rhône, plus exactement dans la région de Saint-Maurice à peu près, tantôt un peu plus haut, tantôt un peu plus bas. Elle est due à la décharge froide des cumulonimbus orageux ou simplement pluvieux qui visitent la région; elle apparaît parfois après le passage en Valais de grains orageux accompagnés d'une hausse momentanée de pression.

Le Bas-Valais, comme il a été dit, est fréquemment traversé d'Ouest en Est par des orages ou des averses à caractère orageux; les nuages qui les provoquent lâchent un paquet d'air froid qui atteint le sol et ne trouve dans la basse vallée du Rhône une issue que vers le Léman : d'où le coup de vent qui parvient au large de Montreux une demi-heure environ après le passage au Sud de l'orage générateur. Le phénomène est si régulier qu'à l'aspect du ciel en Savoie ou sur la plaine du Rhône on peut prévoir le coup de vaudaire sur le lac à un quart d'heure près. Ces coups de vent, parfois très courts, peuvent durer une heure ou deux; ils soulèvent de grosses vagues se propageant du SSE vers le NW.

J'ai montré comment le décalage dans le temps des hausses passagères de pression accompagnant un grain intéressant le Valais et la région du Léman crée un gradient local de pression dirigé de la grande vallée vers le lac et déclanche de la sorte les rafales de vaudaire.

Ce vent purement régional (cas de foehn exceptés) compte parmi les plus intéressants qui se puissent observer en Suisse.

## 6. LA GRÊLE A MONTANA.

Pour clore ce chapitre consacré à l'orage, je verse au dossier encore très incomplet de la grêle en Suisse la petite statistique de Montana (tableau 18) où en 11 ans je n'ai relevé que 15 cas de grêle, et encore s'agit-il de chutes de peu d'importance; les totaux du tableau 18 ramenés à 10 ans montrent le rôle secondaire de la

grêle en Valais comparé à d'autres régions de Suisse plus exposées à ce météore.

En 50 ans (1901-1950) la statistique de Sion (Annalen d. schweiz. met. Zentralanstalt) ne signale que 10 cas de grêle, ce qui paraît minime. Même si ce nombre est un peu faible, il n'en reste pas moins certain que la grêle dans la vallée du Rhône, dans la région de Sierre et de Sion, est un phénomène exceptionnel. Il l'est probablement un peu moins en Bas-Valais, puisque l'orage y est aussi plus fréquent.

## V. Le temps.

### 1. TEMPS ET RELIEF.

Dans l'évolution du temps, jour après jour, il y a entre le Valais et le reste de la Suisse des différences souvent importantes dues à son relief, en particulier aux modifications apportées aux vents et aux systèmes nuageux par les hauts remparts encerclant le pays. A ne considérer que les précipitations moyennes qui se font rares et maigres plus on remonte le cours du Rhône, on discerne déjà dans quelle mesure la morphologie terrestre conditionne le climat : unité géographique, le Valais est aussi unité climatique.

Une répercussion directe du modelé alpin sur le temps est évidemment le foehn, tant dans sa genèse même liée à un changement d'altitude des courants aériens que dans ses directions obligées le long des vallées. Il existe parfois dans les situations de foehn d'assez vifs contrastes entre le Valais et l'extérieur. En effet, lorsque la poussée d'une masse d'air froid et humide coiffe le Plateau d'un ciel bas accompagné de pluies persistantes, la vallée du Rhône balayée par le vent chaud reste absolument sèche avec sa couronne de nuages garnissant les crêtes. Pluies d'ascendance orographiques sur la haute barrière des Pennines, sécheresse ventée du centre, temps bouché et pluvieux de la région du Léman réalisent alors sur un court espace trois types de temps contrastés du plus curieux effet.

Mais l'effet le plus frappant et le plus caractéristique du relief sur le temps est certainement l'incurvation vers le bas des courants provenant du Nord au-dessus du sillon rhodanien : les lignes de courant dirigées du Nord-Ouest au Sud-Est s'infléchissent « sous le vent » des Alpes bernoises pour s'élever à nouveau au-dessus des Pennines où la composante descendante reste pourtant encore sensible. Cette incurvation, même faible, suffit à dissoudre les nuages d'instabilité de ces situations et crée l'embellie classique du Valais après la rotation des vents au secteur Nord. C'est d'ailleurs la fonte même des nuages au-dessus de la vallée qui manifeste, à n'en pas douter, la déformation des filets d'air.

Les traits essentiels du temps en Valais pour cinq situations météorologiques définies font l'objet des lignes suivantes qui ne prétendent pas épuiser le sujet.

## 2. TYPE ANTICYCLONIQUE.

Anticyclone continental ou promontoire stable des hautes pressions subtropicales de l'Atlantique.

Temps clair en Valais comme ailleurs; en hiver ciel sans nuages assez fréquent. Brises de versant et de vallée bien développées en été, à peu près nulles en plein hiver. L'insolation quasi intégrale des régions basses en hiver est propre au Valais par suite de la rareté du stratus d'inversion.

## 3. TYPE SUD-OUEST.

Partie antérieure d'un couloir dépressionnaire à déplacement lent; vent du Sud-Ouest à 5000 m.

Ciel nuageux, rarement tout à fait clair, meublé d'altostratus mince, d'altocumulus et de fracto-cumulus; mur de foehn se développant en fonction directe du gradient transalpin. Situation propice au foehn. La lombarde souffle en permanence au-dessus de 1000 m: les brises normales sont effacées. Les précipitations sont purement orographiques et limitées à la crête des Pennines, à la région du Simplon, de la vallée de Conches et à la crête des Bernoises. Des perturbations frontales venant de l'Ouest sont naturellement possibles.

## 4. TYPE OUEST.

Gradient Sud-Nord: courant zonal d'Ouest bien développé (jet).

Le Valais est pluvieux comme le reste de la Suisse, de façon très atténuée si le pays reste en marge des perturbations atlantiques. En hiver, situation propice aux chutes de neige prolongées. Vent d'Ouest dominant en plaine (bise) et en montagne, mais passablement plus faible que sur le versant Nord des Alpes.

## 5. TYPE NORD-OUEST.

Courant du Nord-Ouest à Nord franc en altitude, en bordure orientale de l'anticyclone atlantique. Afflux d'air frais, instable.

L'instabilité pseudolabile caractérisant cette situation ne se fait que peu sentir en Valais où les averses sont rares. Les précipitations se localisent sur la crête des Alpes bernoises et une partie de leur versant méridional, parfois aussi, mais de façon très réduite, sur la crête des Pennines. Le centre du canton reste sec.

Vent d'aval dominant dans la vallée du Rhône; vents catabatiques possibles, surtout au printemps; dans les vallées pennines, vent du Nord en hiver, brise remontante renforcée en été.

Le contraste entre le temps clair du Valais et le temps bouché, pluvieux, du Nord-Est de la Suisse est souvent remarquable. Un front chaud transporté par le courant du Nord-Ouest peut très rapidement assombrir le ciel en Valais qui dans ce cas subit le même sort que le Plateau.

#### 6. TYPE MÉDITERRANÉEN.

Dépression active en Méditerranée occidentale ou en Italie du Nord; courant du Sud à Sud-Est au-dessus des Alpes qui se trouvent souvent à la limite entre deux masses d'air différemment tempérées.

La situation est mauvaise pour le Valais où peut régner un temps sombre et pluvieux; de fortes précipitations sont possibles. Toutefois l'influence de la dépression méditerranéenne dépend largement de son activité propre et de sa distance par rapport aux Alpes: forte si la première est grande et la seconde faible, elle diminue rapidement avec le vieillissement de la perturbation et son éloignement.

Les vents locaux et régionaux sont variables et irréguliers. Des coups de foehn à Sierre sont possibles.

#### 7. LES PASSAGES FRONTAUX.

L'étude des fronts froids au sol est encore à faire en Valais. La plupart d'entre eux atteignent la région et y manifestent leur activité par une aggravation du temps, de façon plus ou moins réduite par rapport à l'avant-pays.

Les *fronts chauds* ne provoquent pour ainsi dire jamais de hausse brusque de température dans les bas-fonds protégés par la pellicule d'inversion; le passage de la nappe nuageuse qui les caractérise s'observe par contre aisément en montagne où l'on suit d'un bout à l'autre l'évolution classique du cirrus au cirrostratus, puis à l'altostratus d'altitude décroissante qui se résout pour finir en nimbostratus; c'est dans la saison froide qu'apparaissent les plus beaux systèmes nuageux de fronts chauds.

Les passages de *fronts froids* ne sont pas toujours faciles à identifier sur les enregistrements de pression, de température et d'humidité par suite de la frontolyse qui est de règle dans les Alpes; les anémogrammes renseignent mieux grâce aux surventes révélant l'arrivée de l'air frais. Avec un peu d'expérience et en observant attentivement les formes nuageuses à tous niveaux, des brouillards de versant aux panaches orographiques, on arrive cependant à dé-

celer avec sûreté les accidents que constituent les fronts froids. Les chutes de température au sein des Pennines (Evolène) se font lentement de sorte qu'il est plus exact de parler de couche de transition assez profonde que de discontinuité proprement dite.

Un problème intéressant est celui-ci : par quel chemin l'air froid pénètre-t-il en Valais ? Il y a quatre possibilités indiquées par l'expérience : 1) l'air froid remonte la vallée du Rhône, du Léman à Brigue et au-delà ; 2) venant de la Savoie, il franchit les Alpes à l'Ouest et passe du sillon de Chamonix à la vallée du Rhône à Martigny et la remonte ; 3) il parvient du Nord-Ouest et pénètre en Valais en passant par dessus les Alpes bernoises ; 4) par situation de foehn et lombarde, il se mêle à ce courant d'Est qu'il refroidit par mélange.

Il est clair que l'air froid neuf peut emprunter plusieurs des chemins décrits à la fois. Il n'est pas douteux en effet que certains fronts « attaquent » le Valais tant par la vallée que par les cols venant de France. J'ai observé d'autre part des passages où il fallait admettre une invasion froide se faisant simultanément par la vallée et par dessus l'obstacle bernois. Mais les cas les plus complexes et les plus difficiles à analyser sont ceux qui se produisent par situation de foehn : les faits ne peuvent, semble-t-il, s'interpréter qu'en supposant une trajectoire compliquée de l'air froid venant se mêler à la lombarde qui mollit momentanément et fraîchit de nouveau plus tard. Ces refroidissements par vent d'Est en Valais sont des plus curieux ; leur étude complète exigerait un réseau de stations plus denses et équipées d'un matériel donnant avec sûreté les indications nécessaires.

## VI. Remarque finale.

Les poètes ont inventé les saisons ; les astronomes leur ont assigné des limites précises et arbitraires ; ni les uns ni les autres n'ont su ce qu'était une saison, et les météorologistes affirment qu'il n'y en a pas, ce en quoi ils n'ont pas tort.

Il y a des mois chauds et des mois froids, du beau et du mauvais temps, de la neige et du brouillard dans un pêle-mêle organisé mais dont l'ordre n'est pas celui que voudrait une tradition vivace mais non fondée. Si l'on renonce à donner aux saisons un visage unique de convention, on les gardera par commodité avec l'extrême variété de leurs aspects.

Une chose est certaine, c'est que la symétrie que confèrent à l'année une époque plutôt chaude appelée été et une autre plus froide appelée hiver n'est qu'apparente. Le printemps et l'automne ne se ressemblent guère et s'opposent même l'un à l'autre ; de plus,

le printemps, pas celui du retour des beaux jours et de la chaleur ni même celui du renouveau qui se rit du calendrier, mais simplement et conventionnellement les mois de mars, d'avril et de mai, joue un rôle tout particulier que le lecteur aura peut-être remarqué en cours de route, mais dont la portée est plus générale. Que l'on juge plutôt.

C'est en *avril* et en *mai* que s'observe en Valais le *maximum* de l'amplitude de la variation diurne de pression, de la vitesse moyenne du vent, de la fréquence des vents de travers, du vent d'aval dominant et du foehn, du gradient vertical de température; c'est au même moment que l'on note le moins de jours à brises normales; c'est en mai que l'insolation relative est la plus faible en haute montagne et subit un fléchissement marqué en plaine (*minimum relatif*).

Que signifie cela? Tout simplement qu'au sortir de l'hiver et au moment où l'énergie fournie par le rayonnement solaire augmente constamment, notre petit continent européen reçoit plus souvent et plus intensément qu'à d'autres époques de l'année de l'air provenant des hautes latitudes; l'afflux d'air froid, par poussées successives, donne au temps de ces trois mois un caractère particulier, instable et en général sombre. Les fameuses rebuses d'avril, de mai, de juin même, plus ou moins régulières mais toujours présentes au rendez-vous, manifestent ces assauts de l'air issu de la calotte polaire. La vive aération du continent au printemps contraste fortement avec sa tendance en automne à conserver son atmosphère que l'été a réchauffée et stabilisée. Le sujet n'est qu'effleuré.

\* \* \*

Vu d'en bas, vu d'en haut, le pays valaisan a montré dans cet exposé maladroit, lourd d'un appareil statistique pourtant nécessaire, un visage particulier, celui de ses vents adaptés au modelé du terrain; s'il n'est pas le plus beau, ce visage n'est-il pas attrayant et curieux? J'espère l'avoir présenté sans le trahir, tel que je l'ai vu.

Si d'autres, avertis des problèmes ici entrevus, regardent à leur tour souffler la brise aux détours des vallées, grossir les nuages à cheval sur les crêtes, ils auront, eux aussi à coup sûr, avantage et plaisir.

Montreux, automne 1960.