

Le fœhn en Valais

par Max BOUËT

Introduction

On a beaucoup écrit au sujet du fœhn depuis une centaine d'années et c'est à des météorologistes suisses et autrichiens que revient le mérite d'avoir débrouillé les problèmes que pose ce vent dont les caractères essentiels sont aujourd'hui connus. Malgré un siècle de recherches, la théorie complète du fœhn n'est pourtant pas achevée, car aucune de celles qui ont été proposées ne donne une explication pleinement satisfaisante de son apparition dans les parties basses des vallées des Alpes.

Si le fœhn du Tyrol autrichien et celui des vallées « classiques » des Alpes suisses (Haslital, Reusstal, Linthtal et Rheintal saint-gallois) a été abondamment décrit, le fœhn du Valais par contre a été fort négligé jusqu'ici. *H. Wild* dans le mémoire qu'il a consacré au fœhn en 1901¹ utilise les observations faites en Valais ; il y a dans cet ouvrage plusieurs cas de fœhn de la vallée du Rhône. Mais c'est *M. L. Dufour* qui en 1868 a donné la description la plus complète d'un cas de fœhn en Valais dans une étude très détaillée qui conserve aujourd'hui encore sa valeur² ; ayant mené une vaste enquête en Suisse et à l'étranger, ce savant vaudois a su dresser un tableau remarquablement exact du fœhn des Alpes suisses, bien que le réseau de stations météorologiques qui venait d'être créé fût alors en Valais encore peu développé. Un curieux opuscule dû à la plume de *L. Blotnitzki*, inspecteur fédéral pour la correction du Rhône, et publié en 1869³ reste un peu en marge de la littérature météorologique proprement dite car son auteur n'a pas de connaissances particulières du sujet ; le texte est cependant intéressant par les renseignements généraux qu'il donne concernant les régions à fœhn du Valais et par son objectivité. J'ai pu vérifier l'exactitude de plusieurs affirmations de cet ingénieur qui a su s'informer avec soin et parfois observer lui-même certains courants régionaux.

Ce sont là, à ma connaissance, les seuls travaux où le fœhn du Valais occupe une place correspondant à son importance ; c'est peu si l'on considère que ce vent fameux qui a suscité tant de discussions entre les météorologistes suisses, autrichiens et allemands revêt en Valais un aspect particulièrement intéressant du fait de l'orographie

compliquée de ce canton ; la présente étude cherche à en dégager les traits essentiels malgré la difficulté due à la pauvreté du matériel disponible. Le réseau météorologique valaisan ne comprend actuellement que huit stations dont une seule (Sion) pour toute la partie basse du canton ; équipées en vue de la climatologie, elles ne font que trois observations par jour et ne possèdent pas d'appareils enregistreurs. Un réseau secondaire consacré uniquement aux mesures pluviométriques complète cet équipement mais ne fournit pas d'indications sur les vents. Or une étude détaillée d'un vent aussi variable que le fœhn exigerait des observations beaucoup plus fréquentes et un outillage plus perfectionné.

J'ai cherché à obvier à cette carence en donnant à mes observations à Montana-Vermala le plus d'extension possible, en enquêtant ça et là chaque fois que cela était possible, et en organisant pendant quelques mois un réseau particulier d'observateurs répartis de Brigue à Montreux et alertés par téléphone en cas de fœhn auquel ils devaient alors apporter toute leur attention ; bien que dépourvus d'instrumentation spéciale, ces aimables collaborateurs ont mis un grand empressement à me renseigner et l'ont fait parfois avec beaucoup d'intelligence¹. M. F. Gaillard à Sion en mettant ses barogrammes à ma disposition, et MM. E. Guignard et C. Marin à Vercorin en exécutant pendant six mois des relevés de vent m'ont rendu de précieux services. Enfin j'ai envers Mme P. Vallette à Evolène une dette de reconnaissance pour les nombreux renseignements qu'elle m'a régulièrement communiqués sur le fœhn du Val d'Hérens.

Malgré tout, le tableau du fœhn en Valais que j'ai tenté de dresser reste incomplet sur bien des points. Certaines régions telles que les vallées de Conches et du Trient, le Bas-Valais, sont presque inexplorées à ce point de vue et seraient utilement étudiées en détail. Mes observations ont débuté en 1947 à Montana et c'est la période qui leur correspond qui sert principalement de base à mes recherches. Il m'a paru nécessaire de commencer par exposer ce qu'est le vent d'Est à Montana, sa nature, sa fréquence et ses relations avec le fœhn proprement dit ; c'est donc à lui qu'est consacré le paragraphe suivant. Dans tout ce qui suit, les indications de force du vent sont données dans l'échelle réduite de Beaufort (0 à 6).

¹ Je remercie très sincèrement MM. H. Würgler, instituteur, à Brigue, Ed. Burlet, pharmacien à Viège, L. Rappaz, jardinier à Sierre, A. Zigerli, prof. à Martigny, O. Jacomet, prof. à St-Maurice, J.-P. Perrier à Aigle, A. Thétaz à Clarens ainsi que le Couvent des Capucins à Sion pour leur dévouée collaboration.

Le vent d'Est à Montana (1500 M.)

Etroitement lié au föehn, le vent d'Est à Montana est un des éléments caractéristiques du climat de cette localité, comme d'ailleurs de tout l'adret de la vallée du Rhône entre Brigue et Martigny. Il ne faut pas le confondre avec la brise d'Est et de Sud-Est qui par beau temps souffle régulièrement le matin en été et tout le jour en hiver, mais qui n'est qu'une brise locale et peu intense⁴. Le vent d'Est dont la direction exacte est comprise entre l'Est-Nord-Est et l'Est-Sud-Est souffle dans des conditions bien déterminées, avec une force pouvant atteindre l'échelon 4 Beaufort (je l'ai observé une seule fois à l'échelon 5) pendant plusieurs jours et d'une façon assez régulière. Voici la fréquence d'apparition :

Montana. Jours avec vent d'Est ; moyennes 1947-1950

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année
4,7	5,7	7,0	5,7	11,2	1,7	1,2	3,6	6,8	6,5	4,5	7,2	65,8

Les 66 jours de vent d'Est se distribuent au cours de l'année avec un maximum principal en mai (11 j.), un minimum en juillet (1 j.) et deux maxima secondaires en septembre et en décembre (7 j.). Or les deux périodes de maximum du printemps et de l'arrière-automne sont caractéristiques de la fréquence du föehn dans l'ensemble du massif alpin ; ce fait est à retenir. Le vent d'Est apparaît donc le plus fréquemment en mai, devient rare en juin déjà et pendant l'été, puis réapparaît plus fréquent à partir de septembre et pendant tout l'hiver. Le contraste entre mai et juin est frappant ; on le retrouvera plus loin.

En ce qui concerne la durée du vent d'Est, le tableau suivant en donne une image assez claire ; il groupe les jours de vent par périodes de jours consécutifs et porte sur les 312 jours de vent observés de janvier 1947 à juin 1951.

Montana. Jours de vent d'Est par périodes (1947 - juin 1951)

Périodes	Fréquence	Périodes	Fréquence
1 jour	73 fois	6 jours	1 fois
2 jours	33 fois	7 jours	1 fois
3 jours	26 fois	8 jours	0 fois
4 jours	12 fois	9 jours	1 fois
5 jours	5 fois		

La période la plus fréquente est celle d'un jour ; celles de 2, 3, ... n jours deviennent de plus en plus rares. La plus longue est celle de 9 jours observée une seule fois en mai 1948.

A Montana le vent d'Est porte communément le nom de föehn : cette dénomination appelle une remarque. On considère comme föehn en météorologie un vent chaud et sec qui a acquis ce caractère par compression ; c'est un courant qui a passé d'une pression basse à une pression plus élevée, ce qui a lieu chaque fois qu'il franchit une crête et descend dans une vallée. Il s'ensuit que le föehn véritable ne s'observe que dans le fond des vallées et parfois dans les plaines vers lesquelles elles débouchent. A ce titre le vent d'Est à Montana situé à 1500 m. d'altitude n'est pas un föehn proprement dit ; mais comme ce vent est en fait étroitement lié au föehn lui-même, il est compréhensible qu'on l'assimile à ce dernier dans le langage courant. Pour ma part je lui réserverai la dénomination de courant de föehn, ce qui signifie qu'il est la branche supérieure du courant qui, dans certains cas, pénètre jusqu'au fond de la vallée du Rhône où il mérite alors sans réserves le nom de föehn.

Pour prouver la parenté du vent d'Est de l'adret de la vallée du Rhône et du föehn proprement dit, je m'adresse à son aspect synoptique et à sa répartition annuelle. Après avoir examiné chaque jour de vent d'Est à Montana en relation avec la situation météorologique générale en Europe, j'ai été amené à classer ce vent en trois catégories correspondant aux situations suivantes : a) föehn type ou situation de föehn avec excès de pression au Sud des Alpes ; b) courant du Sud à Sud-Est sur les Alpes issu d'une dépression méditerranéenne ; c) courant du Sud-Est à Est en bordure d'un anticyclone centré au Nord-Est ou à l'Est de la Suisse. Les 264 jours avec vent d'Est de la période 1947-1950 se répartissent comme suit dans ces catégories :

a) Föehn type ou situation de föehn	178 jours
b) Dépression méditerranéenne	50 jours
c) Bordure d'anticyclone	28 jours
d) Type inconnu	8 jours

Plus des deux tiers des cas de vent d'Est à Montana relèvent de situations de föehn ; le vent est alors la partie supérieure du courant qui franchit les Alpes et pénètre, cas échéant, au fond des vallées. Mais un tiers des cas n'a plus de rapport direct avec le föehn. Je ne m'arrêterai pas aux cas b et c, mais il était important de montrer que le vent d'Est à Montana n'est que deux fois sur trois en moyenne un courant de föehn ce qui justifie la réserve faite plus haut quant à sa dénomination courante.

Considérant l'aspect synoptique de ce vent sous un angle différent, on peut chercher à déterminer l'image isobarique moyenne qui correspond à son existence, et l'on constate qu'il est en quelque sorte un réactif très sensible de la présence d'une dépression occupant un domaine qui peut se décrire comme suit :

a) Lors des fœhns types, le domaine des centres de basse pression est limité à l'Ouest par le 15^e méridien W et comprend l'Ouest de la Bretagne, le Nord-Ouest de la France, l'Irlande, l'Angleterre et la Mer du Nord.

b) Lors des situations de fœhn, ce domaine est également limité au 15^e méridien W, mais s'étend du Nord-Ouest de l'Espagne au Golfe du Lion, du Golfe de Gascogne à l'Ouest de la France, de l'Irlande aux Pays-Bas et de l'Ecosse à la Mer du Nord.

c) Lors des basses pressions méditerranéennes, ce domaine s'étend du Golfe du Lion à la Corse et des Iles Baléares à la Sardaigne.

On voit que par vent d'Est à Montana la dépression la plus proche peut occuper une position quelconque d'un vaste hémicycle allant de la Mer du Nord à la Mer Tyrrhénienne en passant par le Golfe de Gascogne. Si la dépression est dans la moitié nord de cet hémicycle, il y a ou il peut y avoir fœhn ; si elle se trouve dans sa moitié sud, le fœhn devient très peu probable, mais n'est cependant pas exclus en Valais.

Considérons enfin la distribution de la fréquence du vent d'Est au cours de l'année. Le tableau donné plus haut est déjà significatif, mais on peut serrer la question d'un peu plus près. J'ai établi pour la période 1947-1950 la fréquence relative du gradient de fœhn entre Lugano et Zurich (excès de pression au Sud), celle du vent d'Est à Montana et celle du fœhn à Altdorf ; le résultat en est fourni par la figure 1 et le tableau suivant :

Fréquence relative en % du gradient de fœhn (A) du vent d'Est à Montana (B) et du fœhn à Altdorf (C). 1947-1950

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	38	37	40	45	49	22	21	27	39	39	32	41
B	15	20	23	19	36	6	4	11	22	21	15	23
C	8	12	17	13	17	3	2	6	10	7	10	10

Les trois courbes (fig. 1) présentent un parallélisme frappant avec maximum de printemps, minimum d'été et maximum secondaire d'automne. En ce qui concerne le fœhn, R. Streiff-Becker pour la vallée de la Linth^{5,6} et E. Ekhart pour Innsbruck en Tyrol⁷ obtiennent des

courbes analogues. L'analogie de la variation annuelle de la fréquence du vent d'Est avec celle du fœhn apparaît si nettement qu'on serait tenté de l'assimiler purement et simplement à ce dernier ; l'examen synoptique de ce vent justifie cependant les réserves faites ci-dessus. Le vent d'Est à Montana est toujours présent lors des situations de fœhn à quelques rares exceptions près ; mais il souffle également dans d'autres situations qui ne sont pas celles du fœhn type, en particulier lorsqu'une dépression méditerranéenne active provoque sur la crête des Alpes un courant du Sud-Est lequel est souvent accompagné d'abondantes précipitations dans tout le domaine alpin.

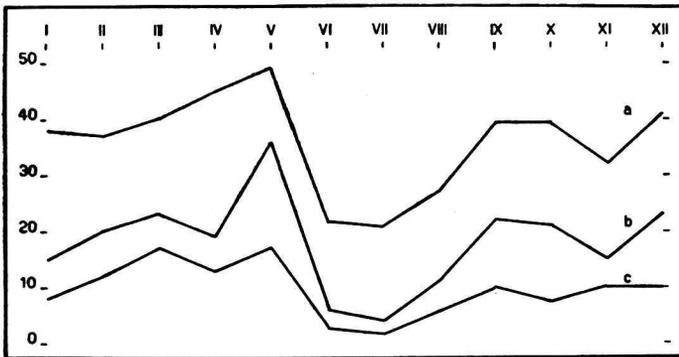


Fig. 1. Fréquences relatives mensuelles en pour cent de l'excès de pression au Sud des Alpes (a), du vent d'Est à Montana (b) et du fœhn à Altdorf (c). Période 1947-50.

Un fait intéressant et en rapport étroit avec le vent d'Est à 1500 m. doit être encore signalé. C'est la barre nuageuse du type mur de fœhn qui apparaît avec une parfaite régularité par vent d'Est sur la chaîne frontière du Valais oriental, c'est-à-dire sur celle qui va du Simplon au Griespass en passant par le Monte-Leone, le Bortelhorn, le Helsenhorn et l'Ofenhorn à une altitude moyenne de 2900 m. environ. Cette barre nuageuse qui passe de la simple strate horizontale immédiatement derrière la chaîne et se développe en un puissant bourrelet lorsque le gradient de fœhn s'accroît est le premier signe, et le plus typique, de l'existence d'un excès de pression au Sud des Alpes. Il n'y a pratiquement pas de vent d'Est sans que ce nuage d'obstacle soit présent et il précède toujours l'apparition du vent lui-même à Montana ; son degré de développement est fonction de la différence de pression existant entre le Sud et le Nord des Alpes. Lors du fœhn type il déborde largement la chaîne et donne lieu à des précipitations le long et en aval de celle-ci ; c'est alors le mur de fœhn classique.

Je note pour finir que dans 90 % des cas de vent d'Est à Montana le Jungfrauoch (3578 m.) observe du vent du Sud ou du Sud-Est ; une constatation analogue résulte de la comparaison avec le Weissfluhjoch (2667 m.), mais pas avec le Saentis (2500 m.) dont le régime des vents est différent lors du fœhn.

Le cours des nuages est dans la règle du secteur compris entre l'Ouest-Sud-Ouest et le Sud ; il peut être de Sud-Est dans le cas des dépressions italiennes actives.

Le fœhn à Sion et à Sierre

a) Fréquence.

Les observateurs des deux cités de la vallée du Rhône n'ont pas tenu en général de liste des jours de fœhn qui eût grandement facilité les recherches. Faute de mieux, il a fallu s'en référer aux observations de vent faites trois fois par jour et en tirer le meilleur parti possible. Il est clair que des coups de fœhn de courte durée passent ainsi inaperçus et que la statistique est de ce fait incomplète. Une circonstance vient toutefois faciliter le dépouillement, à savoir que les brises de la vallée ne sont appréciables que dans le sens remontant, c'est-à-dire de l'Ouest ou du Sud-Ouest, et que les brises nocturnes descendantes sont très peu développées et ne peuvent guère être confondues avec le vent d'Est à Nord-Est qui est alors le fœhn proprement dit.

A Sierre, pendant la période 1901 à 1923, l'observateur a plutôt sous-estimé la force du vent et noté beaucoup plus de calmes que Sion ; j'ai donc admis que les vents d'Est et de Nord-Est figurant dans les tableaux des Annales de la Station centrale suisse de météorologie sont représentatifs du fœhn et ne relèvent pas des brises descendantes. La série 1901-1923, après examen attentif, m'a paru à peu près homogène et je l'ai choisie comme période de base.

A Sion, les observateurs du Couvent des Capucins ont noté en général 4 à 5 fois plus fréquemment du vent comme il ressort de la comparaison suivante se rapportant à la période commune de 1910-1923 :

	<i>Vent d'E à NE</i>	<i>Vent du SW à W</i>
Sierre	398 fois	961 fois
Sion	2090 fois	3833 fois

Il est manifeste qu'à Sierre l'observateur a noté « calme » beaucoup plus souvent qu'à Sion, et qu'il a noté un vent de force 1 lorsque Sion notait 2 Beaufort. Pour dénombrer les observations de fœhn à

Sion je n'ai donc considéré que les vents du Sud-Est à Nord-Est ayant atteint au moins l'échelon 2 Beaufort. De plus, la série 1910 à 1950 n'est pas homogène ; depuis 1933 les observations de vent diffèrent notablement des précédentes, de sorte que j'ai choisi comme période de base celle de 1913 à 1932 qui, elle, semble homogène. Nous disposons donc à Sierre d'une série de 23 ans, et à Sion de 20 ans chevauchant l'une sur l'autre ; cet inconvénient n'est pas grave et n'empêche pas une comparaison convenable entre les deux stations. Le nombre moyen de jours de fœhn s'établit alors comme suit :

Fréquence moyenne des jours de fœhn à Sierre et à Sion

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année
Sierre (1901-1923)	1,9	1,9	5,4	7,1	5,6	2,7	2,0	1,1	2,1	2,6	2,1	2,0	36,5
Sion (1913-1932)	0,4	0,5	1,2	2,3	1,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,7	0,6	0,3	8,1

Trois constatations s'imposent. Tout d'abord le fœhn serait d'après cela 4 à 5 fois plus fréquent à Sierre qu'à Sion, bien que les deux villes ne soient distantes que de 15 km. ; sur la même distance et dans le sens du fœhn également, *Streiff-Becker* a trouvé entre Linthal et Glaris une diminution de fréquence de 40 % seulement. Je retiens simplement de ces nombres que le fœhn est nettement plus fréquent à Sierre qu'à Sion.

En second lieu le nombre des jours de fœhn varie au cours de l'année selon le même rythme aux deux endroits, et l'on retrouve ici le maximum de printemps, le minimum d'été et le second maximum d'automne que j'avais mis en évidence pour le vent d'Est à Montana. Troisièmement, le nombre de jours de fœhn à Sion (8 jours par an) reste bien au-dessous de celui que l'on observe dans les vallées classiques : Altdorf en compte annuellement 42 en moyenne (1864-1950).

Au cours de la journée, le fœhn à Sion n'apparaît pas avec une égale fréquence : dénombrant les vents d'Est et de Nord-Est séparément pour chacune des trois observations journalières, on trouve que de 1913 à 1932 ces vents ont été observés :

- 13 fois à 7 h. 30,
- 122 fois à 13 h. 30,
- 52 fois à 21 h. 30.

Le fœhn est donc dix fois plus fréquent au milieu du jour que le matin, et quatre fois plus le soir. La présence d'une couche d'air relativement froide au fond de la vallée pendant la nuit et que le fœhn doit balayer avant d'atteindre le sol explique probablement sa rareté au

début du jour. Mes enquêtes de ces dernières années m'ont permis d'ailleurs de remarquer que le fœhn se lève à Sierre et à Sion de préférence à la fin de la matinée ; une remarque analogue peut se faire à propos du Val d'Hérens.

D'après les observations de Sion¹ le fœhn y apparaît comme vent de direction variable, comprise entre le Nord-Est et le Sud-Est ; il se peut que la présence en amont de la station des deux collines de Tourbillon et de Valère culminant respectivement à 167 et 120 m. au-dessus du fond de la vallée soit à l'origine de cette variabilité.

Revenant au vent d'Est à Montana, je compare sa fréquence avec celle du fœhn au chef-lieu. De 1947 à 1950, le vent d'Est a soufflé à 1500 m. en moyenne 66 jours par an, et le fœhn à Sion 10 fois seulement. C'est dire combien rarement en somme le courant de fœhn atteint le fond de la vallée. Faute de matériel, la comparaison avec Sierre n'est pas possible ; elle révélerait sans doute un lien plus étroit avec le vent d'Est à 1500 m. Depuis le début de mes recherches, soit en quatre ans et demi, le fœhn n'est jamais apparu à Sion sans que le vent d'Est soufflât à Montana ; cette règle paraît absolue. Poussant plus loin la comparaison, j'ai recherché quelle était à 1500 m. la force du vent d'Est lorsque le fœhn soufflait à Sion, et j'ai constaté qu'aux 49 jours de fœhn en cette localité (1947 — juin 1951) ont correspondu à Montana :

- 5 jours avec vent d'Est de force 2 Beaufort,
- 20 jours avec vent d'Est de force 3 Beaufort,
- 24 jours avec vent d'Est de force 4 Beaufort.

On voit par là que le fœhn à Sion est d'autant plus fréquent que le courant supérieur est plus fort dans la vallée ; le fait se vérifie également pour le Val d'Hérens comme on le verra plus loin.

b) Température.

J'aborde ici la question de savoir si le fœhn de la vallée du Rhône est chaud et si l'on peut admettre son influence sur le climat de la contrée. Le fœhn véritable est chaud par définition ; ce réchauffement provient du fait qu'il atteint le fond des vallées en descendant des crêtes ou des cols et qu'il voit sa pression augmenter rapidement dans sa chute. Or un gaz que l'on comprime s'échauffe s'il ne perd pas en même temps de la chaleur par rayonnement ou par contact.

¹ Depuis quelques années une défectuosité de la girouette remarquée en été 1951 a eu pour effet de fausser d'environ 40 degrés les azimuts de vent au Couvent des Capucins ; les vents de NE par exemple doivent être ramenés de ce fait à ENE, etc.

Pour mettre en relief la chaleur du fœhn à Sion, je prends la liste des années 1947 à 1949 et je calcule l'écart de température de cette localité avec Genève où le fœhn n'apparaît pas. Sur 55 observations de fœhn l'écart moyen est de 3,3 degrés ; Sion est donc en moyenne plus chaud de 3 degrés que Genève lorsque le fœhn y souffle. L'écart varie d'ailleurs beaucoup d'un cas à l'autre ; j'ai relevé, par exemple, un excès de température à Sion de 9,8^o le 2 mai 1947 à 13 h. 30, de 10,4^o le 26 février 1948 à la même heure ! A cette dernière date on a observé les températures, humidités relatives et vents que voici :

	<i>Sion</i>				<i>Genève</i>	
7 h. 30	—2,4 ^o	80 %	NNW	1	—2,2 ^o	94 % calme
13 h. 30	10,0 ^o	26 %	NE	4	—0,4 ^o	80 % calme
21 h. 30	4,2 ^o	28 %	NE	1	—3,0 ^o	87 % calme

Je dois laisser de côté la question de savoir si le fœhn exerce à Sion et dans la région un effet notable sur les moyennes de température, ou en d'autres termes si on doit le ranger parmi les éléments climatologiques de la cité sédunoise ; à première vue cet effet semble minime, mais il mériterait une discussion approfondie tenant compte de tous les facteurs entrant en jeu. Un fait est certain : lorsque le fœhn souffle à Sion avec force, il est de règle que la température y soit anormalement élevée et l'humidité relative anormalement basse.

Le fœhn dans les Alpes pennines

Les vallées des Alpes pennines ne passent pas pour des vallées à fœhn proprement dites, bien que ce vent ne soit inconnu en aucune d'elles ; mais il est plutôt rare et en général peu intense. Sa direction est évidemment celle des vallées elles-mêmes ; il souffle donc du SE, du Sud ou du SW selon les endroits. Voici tout d'abord quelques données topographiques concernant ces vallées. J'ai établi au préalable les profils en long, et sur la base de ceux-ci j'ai pu distinguer les sections à pente sensiblement constante et que l'on peut en général ramener à deux : la partie basse et moyenne d'une part, la partie haute de l'autre. Les pentes moyennes sont alors les suivantes en pour-mille :

<i>Entremont</i>	Martigny — Orsières	24
	Orsières — St-Bernard	80
<i>Hérens</i>	Bramois — Les Haudères	50
	Haudères — Col de	

<i>Anniviers</i>	Chippis — Zinal	60
	Zinal — Col Durand	197
<i>Vispताल</i>	Visp — Zermatt	28
	Zermatt — Theodulpass	177
<i>Haslital</i>	Lac de Brienz — Innertkirchen	4
	Innertkirchen — Grimselpass	86
<i>Reusstal</i>	Flüelen — Amsteg	6
	Amsteg — Gotthardpass	64
<i>Linthtal</i>	Naefels — Tierfehd	14
	Tierfehd — Sandpass	193

J'ai ajouté à titre de comparaison trois vallées à fœhn du versant Nord. On remarquera que ces dernières présentent une pente nettement plus faible que les vallées pennines, en tous cas dans la section basse et moyenne ; elles sont aussi plus concaves, ce que montrent les profils, non reproduits ici.

Les vallées des *Drances* sont certainement les plus exposées aux coups de fœhn violents. *M. L. Dufour*² en a donné un exemple typique. Le fait que ces vallées se prolongent par le couloir du Rhône en aval de Martigny n'est sans doute pas étranger à leur caractère particulièrement fœhnique ; en outre les deux cols Ferret (2490 et 2537 m.) et celui du Grand Saint-Bernard (2469 m.) sont les plus bas de la crête pennine, le Simplon mis à part. Au col du Saint-Bernard même, le vent est toujours du Sud-Ouest par situation de fœhn.

Dans les vallées d'*Hérens* et d'*Anniviers* le fœhn est rare et éphémère. Des observations très soignées de Mme Vallette à Evolène il ressort que le fœhn n'y apparaît que rarement, souffle pendant quelques heures et n'atteint pas la tempête ; il alterne souvent avec le vent remontant du Nord-Ouest, ce qui est probablement le fait de tourbillons à axe horizontal entraînés vers l'aval par le fœhn, tels que de récentes recherches dans le Linthtal en ont prouvé l'existence⁸⁻⁹. Des enregistrements de température ont montré des cas de fœhn avec réchauffement subit mais de courte durée. En quatre ans et demi (1947 à juin 1951) Mme Vallette n'a noté à Evolène que 38 jours de fœhn, soit environ 8 jours par an, ce qui est peu ; même si la liste n'est pas absolument complète, elle suffit à prouver que le fœhn est relativement rare dans cette localité. J'ai établi la relation entre la force du vent d'Est à Montana et l'apparition du fœhn à Evolène ; à ces 38 jours ont correspondu à Montana :

- 2 jours sans vent d'Est,
- 1 jour avec vent d'Est de force 1 Beaufort,
- 8 jours avec vent d'Est de force 2 Beaufort,
- 10 jours avec vent d'Est de force 3 Beaufort,
- 17 jours avec vent d'Est de force 4 Beaufort.

Le fœhn en Hérens apparaît d'autant plus fréquemment que le vent d'Est à 1500 m. dans la vallée du Rhône est plus fort. Ce fait, constaté également pour Sion, me paraît fort important pour la théorie du fœhn.

Je ne possède pas de renseignements précis sur le fœhn en Anniviers ; les conditions doivent y être très semblables à celles de la vallée voisine. D'une manière générale j'ai été frappé par le calme régnant dans ce vallon (d'après les brouillards et la brume) lorsque le vent d'Est soufflait en rafales dans la vallée du Rhône. D'après M. André Richon, ing., le fœhn d'Anniviers ne se fait jamais sentir à Chippis et à Sierre comme vent du Sud ; le fœhn de cette vallée, comme celui du val d'Hérens sans doute, ne rejoint donc pas le courant d'Est de la vallée du Rhône au sol, mais seulement vers 1000 m. seulement probablement. Les cols les plus bas donnant accès par le Sud dans ces deux vallées sont ceux de Chermontane (3067 m.) et Durand (3455 m.).

Les vallées de *Saint-Nicolas* et de *Saas* sont de nouveau un peu plus exposées au vent du Sud ; elles sont aussi plus longues et de pente moyenne plus faible que les deux précédentes. Les déversoirs supérieurs sont cependant assez élevés, surtout pour la première : Furjoch (3273 m.) et Theodulpass (3317 m.) pour le Vispéral ; Monte-Moropass (2868 m.), Mondellipass (2831 m.), Ofentalpass (2835 m.) et Antronapass (2842 m.) pour le Saastal. Lors du fœhn l'observateur de Zermatt note le vent du Sud-Ouest et quelquefois celui du Nord-Est ; ce dernier, comme à Evolène le Nord-Ouest, est probablement le courant de retour d'un tourbillon à axe horizontal.

Le col du *Simplon* (2005 m.) est le point le plus bas de toute la chaîne pennine. J'ai déjà relevé que c'est dans la région de ce col et sur les crêtes avoisinantes que se forme en tout premier lieu le mur de fœhn qui peu à peu gagne les crêtes plus élevées lorsque le fœhn fraïchit. Le Simplon est donc en Valais le déversoir le plus bas donnant passage au fœhn ; c'est sa première porte d'entrée, mais non la seule.

Si les vallées des Alpes pennines sont relativement pauvres en fœhn, du moins les plus courtes d'entre elles, bien que leur orientation soit à peu près la même que celle des vallées à fœhn classiques du Nord

des Alpes, il faut probablement en chercher la raison dans la topographie locale. A ce point de vue je mentionne :

1. La haute altitude des déversoirs qui sont situés vers 2500 m. dans la région du Saint-Bernard, à 3100 m. en Hérens, à 3500 m. en Anniviers, à 3300 m. pour la vallée de Saint-Nicolas et à 2800 m. pour celle de Saas. Les déversoirs des vallées à fœhn du Nord des Alpes sont presque tous à des niveaux plus bas que ceux des Pennines, Simplon excepté.

2. La forme légèrement convexe de ces vallées dans leur section moyenne et inférieure, alors que les vallées classiques sont concaves.

3. Les fortes pentes du profil en long (voir p. 11).

4. La présence du profond sillon rhodanien ayant son régime de vent propre, et celle de l'obstacle imposant de la chaîne bernoise dont l'altitude moyenne est de 2800 m. entre les Dents de Morcles et la Gemmi, de 3100 m. de la Gemmi au Lötschenpass, de 3500 m. de ce dernier au Jungfrauoch et de 3300 m. jusqu'au col du Grimsel.

Autres vallées

La vallée de *Conches* mériterait une étude spéciale ; le fœhn ne semble pas y jouer un rôle important. Contrairement à ce que l'on observe en aval de Brigue, le vent à Reckingen est en général remontant (SW) lors du fœhn ; parfois il vient du Sud-Est. Le régime du fœhn de cette vallée est assez complexe et n'a pas la régularité qu'il présente plus bas où le vent d'Est-Nord-Est est la règle.

Selon des renseignements qui m'ont été communiqués par MM. Hans Brunner, à Coire, et P. Flurin Maissen, à Disentis, le fœhn dans la vallée du Rhin entre Disentis et Coire est un vent descendant, donc venant de l'Ouest-Sud-Ouest, alimenté par le fœhn du Sud des vallées latérales de la rive droite qui tourne à droite en pénétrant dans la vallée principale. A Disentis même, le fœhn est peu important et n'a pas de direction bien déterminée ; il n'atteint pas toujours le fond de la vallée. Ainsi dans les deux sillons du Rhône moyen et du Rhin supérieur, pourtant semblablement orientés, le fœhn souffle dans deux directions diamétralement opposées : ENE dans le premier, WSW dans le second. La vallée de *Conches* est à cet égard un secteur intermédiaire où le fœhn se fait rare, mais remonte la vallée ou la prend par le travers.

Parmi les vallées latérales du Bas-Valais, celle du *Trient* est probablement la seule où le fœhn pénètre avec force ; ce vent y souffle du

Sud-Ouest, parfois en tempête. Il convient de noter que le col des Montets n'est qu'à 1445 m. d'altitude. Sur le Val d'Illiez je ne possède aucuns renseignements.

A Leysin (1350 m.) dans la vallée de la Grande-Eau le fœhn est pratiquement inconnu ; tout au plus y observe-t-on parfois un peu de vent du Sud par situation de fœhn. Une comparaison avec Montana, sur la base de renseignements fournis par M. M. Baud, m'a montré avec évidence que le vent d'Est n'apparaît nullement à Leysin. Par contre les vallées de la Gryonne et de l'Avançon sont exposées au fœhn qui est un vent du Sud-Est environ.

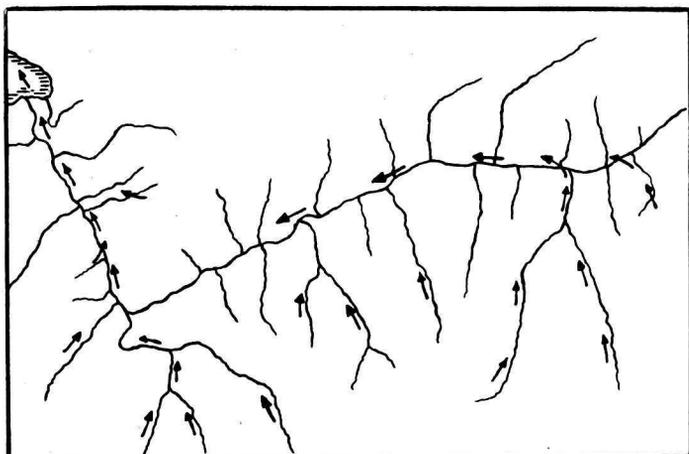


Fig. 2. Principales vallées à fœhn en Valais. Le long du Rhône on remarquera en particulier les deux domaines de fœhn de Brigue à Sion et de Vernayaz au Léman, séparés par la région calme de Chamoson à Fully.

Tableau d'ensemble du fœhn en Valais

Il est possible maintenant d'esquisser dans ses grands traits la circulation de l'air en Valais lorsque règne le fœhn. Ne disposant pas de sondages de vent, je me fonde sur l'observation attentive des nuages, des brouillards et du vent au sol en plusieurs endroits.

Voici au préalable quelques données géographiques concernant le rempart des Alpes pennines que doit franchir le fœhn. J'ai relevé sur la « carte nationale » au 1 : 50,000 plus de 500 cotes marquant la ligne de partage des eaux qui s'écarte en quelques points de la frontière politique ; j'ai alors calculé l'altitude moyenne de cette crête par sections choisies de façon à faire ressortir le mieux possible les groupes de sommets à étages voisins :

<i>Sections</i>	<i>Altitude moyenne</i>
Grammont — Pas de Morgins	1970 m.
Pas de Morgins — Col des Montets	2490 m.
Col des Montets — Petit col Ferret	3260 m.
Col Ferret — Grand-St-Bernard	2800 m.
Grand-St-Bernard — Theodulpass	3420 m.
Theodulpass — Mondellipass	3840 m.
Mondellipass — Simplonpass	3160 m.
Simplonpass — Furkapass	2940 m.

Peu élevée du Grammont aux Dents Blanches, la ligne de crête atteint 3000 m. au Ruant et au Buet, puis s'élève à 3900 m. à l'Aiguille d'Argentières ; elle présente un ensellement entre le Dolent et le Vélan avec minimum au Saint-Bernard à 2469 m., se maintient constamment au-dessus de 3000 m. du col de Fenêtre à celui du Monte-Moro (deuxième ensellement) en dépassant les 4000 m. au Cervin et dans le massif du Mont-Rose, remonte à 4000 m. au Weissmies et au Lagginhorn, se creuse jusqu'à 2000 m. au Simplon et se maintient vers 2900 m. jusqu'au col de la Furka.

Au-dessus de 4500 m., c'est-à-dire dans l'atmosphère libre, les courants les plus fréquemment observés sont ceux du secteur compris entre l'Ouest et le Sud ; le courant du Sud-Ouest est de beaucoup le plus fréquent.

Au-dessus de la vallée du Rhône et entre 4000 et 2000 m., le vent gêné par l'obstacle des Alpes bernoises éprouve une rotation qui l'amène peu à peu à souffler du Sud-Est, puis de l'Est ; à 1500 m. à Montana, j'ai montré que le vent est franchement d'Est. Dans les vallées latérales des Pennines, il souffle selon leur axe principal, c'est-à-dire comme vent du Sud à Sud-Est. Au débouché d'une longue vallée à faible pente (27 ‰), le Silltal en Tyrol, le fœhn s'étale en éventail dans la vallée principale de l'Inn à Innsbruck comme l'ont montré *Kanitscheider* et *Ekhart*⁷⁻¹⁰ ; en Valais, rien de semblable, au moins au sol, ne se produit au confluent des vallées d'Hérens et d'Anniviers avec la vallée du Rhône ; au débouché du Vispéral, plus long et de pente plus faible par contre, le fœhn semble bien obliquer à Viège vers la gauche en rejoignant le courant principal venant de Brigue.

Dans l'auge de la vallée du Rhône, soit entre 2000 et 500 m., le fœhn suit l'axe principal en descendant vers l'aval, sauf en amont de Brigue où il est remontant. Entre Brigue et Loèche c'est le vent d'Est ; entre Sierre et Sion il est de Est-Nord-Est. En aval de Sion le fœhn

se fait rare, et la région de Chamoson à Fully est remarquable par son calme. A partir de Martigny on a affaire à une nouvelle branche du fœhn, celle du Bas-Valais, distincte de celle du tronçon central ; le vent y est de Sud-Sud-Est, parfois de Sud-Ouest à Saint-Maurice. Entre Vernayaz et le Lac Léman, le fœhn alimenté par les vallées des Drances et du Trient est un fort courant qui peut se prolonger jusqu'à Lavaux et même au-delà ; il porte alors le nom de vaudaire dont j'ai parlé ailleurs ¹¹.

Mes enquêtes m'ont prouvé sans conteste que le fœhn du Bas-Valais peut faire défaut lorsqu'il souffle avec force à Sierre ; l'inverse se produit aussi, mais plus rarement. Voici un exemple : le 23 janvier 1948, Saint-Maurice a du fœhn tout le jour ; le 24 le fœhn se lève à Sierre à 12 h., à Sion dans la soirée, à Evolène à 19 h., mais à Saint-Maurice M. Jacomet n'en observe point ; le jour suivant le fœhn continue dans le secteur central, mais n'apparaît pas plus à Evolène qu'à Saint-Maurice ; le 26 janvier enfin, le fœhn se lève à Sierre à 13 h., à Sion le soir, mais à Saint-Maurice il a débuté à 7 h. 15 déjà. On voit par cet exemple que d'autres viendraient confirmer qu'il y a deux sections à fœhn distinctes dans la vallée du Rhône : celle de Brigue à Sion d'une part, et celle de Vernayaz à Villeneuve de l'autre. Le fœhn de la seconde n'est pas la prolongation de celui de la première.

Lorsque la différence de pression entre les deux versants des Alpes est forte, il est de règle que le fœhn souffle en amont de Sion et en aval de Martigny à peu près simultanément. Martigny même semble être un point neutre où il est souvent difficile d'observer un vent de direction bien définie.

Je mentionne encore le fait que lorsque le courant de fœhn s'est établi dans le secteur central (vent d'Est à Montana) il ne se fait pour ainsi dire pas sentir sur le versant de la rive gauche, ainsi que l'ont montré les observations de vent faites à ma demande par MM. C. Marin et E. Guignard, à Vercorin (1320 m.) en face de Montana. Le courant violent et continu sur l'adret de la vallée est insensible sur l'ubac où il fait tout au plus de brèves apparitions ; maintes journées fort venteuses à Montana furent parfaitement calmes à Vercorin.

Le ciel et les précipitations de fœhn

Il n'est pas très facile d'étudier le *ciel de fœhn* en Valais par voie statistique ; celle-ci ne donnerait pas une image définie de la nébulosité qui dans ces circonstances est très variable. Je me borne à une description d'ensemble.

S'il est des cas où le fœhn souffle par ciel serein, ils sont l'exception (exemple : 13, 16 et 19 septembre 1947), et il s'agit toujours de fœhn faible. Dans la règle le ciel est très nuageux ou couvert en Valais. La couverture nuageuse est alors très changeante avec des éclaircies rapides ; les nuages sont de formes variées, souvent confuses, réparties sur plusieurs étages. Le type le plus fréquent est l'altostratus plus ou moins régulier, tantôt mince et translucide, tantôt épais et menaçant. C'est lors du passage de perturbations méditerranéennes au Sud des Alpes que le ciel est le plus maussade, entièrement couvert d'un altostratus complexe dont l'aspect flou ne permet pas toujours de discerner la direction des vents en altitude.

Parmi les formes nuageuses de fœhn, la plus typique est le *mur de fœhn* aux aspects changeants, mais parfois stable pendant plusieurs jours le long des crêtes lesquelles sont en général noyées dans les brouillards de sa base. J'ai déjà parlé de la naissance de ce nuage d'obstacle dans le massif du Monte-Leone et au Simplon. Lors du plein développement du fœhn, le mur nuageux s'étend sur toute la crête des Pennines, avançant et reculant sans cesse. En Anniviers, il noie la chaîne du Weisshorn-Rothorn-Gabelhorn et s'avance parfois jusqu'aux Diablons ; en Hérens, il cache la Dent Blanche et celle d'Hérens. Dans certains cas le mur de fœhn ne se distingue pas de l'altostratus qui recouvre la vallée et dans lequel il vient se fondre.

La lucarne de fœhn bien connue dans les Préalpes du centre ne s'observe pas en Valais ; tout au plus peut-on parler d'une éclaircie ou d'un amincissement du plafond nuageux au-dessus de la vallée du Rhône contrastant avec les épaisses nuées qui enveloppent les hauts sommets où elles lâchent de la pluie ou de la neige.

Les *précipitations de fœhn* sont, elles, très caractéristiques en Valais ; leur répartition est évidemment variable d'un cas à l'autre, mais on retrouve toujours les domaines pluvieux suivants : crête des Alpes valaisannes et bernoises, massif du Simplon et vallée de Conches, souvent le Haut-Valais en amont de Loèche. Le centre du canton et ses versants au-dessous de 3000 m. sont dans la règle exempts de pluie. La stabilité de la zone pluvieuse peut s'illustrer par l'exemple que voici : le 24 janvier 1948 le vent à 5000 m. est de SSW ; le vent d'Est atteint à Montana l'échelon 4 Beaufort le matin et le fœhn souffle dans la val-

lée du Rhône, à Sierre depuis 12 h., à Sion plus tard ; c'est une journée de fœhn typique avec ciel quasi-couvert d'altostratus présentant quelques déchirures ; or il neige toute la journée, sans arrêt, tout le long de la crête des Alpes valaisannes et bernoises, sur le Haut-Valais en amont de Gampel et dans la vallée de Conches ; le rideau de neige et de pluie, aisément reconnaissable depuis Montana, s'arrête sur la rive droite de la Turtmänna dans la région d'Ergisch et reste stationnaire tout le jour à un kilomètre près ! Binn a reçu ce jour-là 44 mm. d'eau, Fiesch 26, Saas-Fee 17 et le Saint-Bernard 23 ; mais à l'intérieur d'un périmètre que l'on peut délimiter par une ligne passant à peu près par Orsières - Evolène - Bella Tola - Tourtemagne puis longeant le versant des Alpes bernoises de Leukerbad à l'Alpe de Fully, il n'est pas tombé une goutte d'eau ; le même jour il a neigé abondamment au Tessin et en Suisse romande (Airolo 50 mm., Genève 45 mm.).

Dans d'autres cas beaucoup plus rares, et en particulier lorsqu'il existe une dépression active au Sud des Alpes, le front pluvieux de cette perturbation s'étend sur tout le Valais qui est alors complètement couvert et dont le centre reçoit également de la pluie. J'en donne comme exemple la journée du 25 septembre 1947 : le vent en altitude est de nouveau de SSW ; le vent d'Est à Montana se lève à 11 h. et devient fort ; il y a du fœhn à Sierre et à Sion en fin de journée ainsi que dans la vallée du Trient ; En Suisse romande souffle une bise modérée, du type cyclonique au-dessous de 1000 m. Or ce jour-là tout le Valais a reçu de la pluie, et dans le Sud-Est d'énormes quantités : Reckingen 56 mm., Fiesch 122, Binn 100, Saas-Fee 132, Viège 95, Saint-Bernard 111 ; Sierre et Sion ont reçu respectivement 40 et 22 mm. Le Tessin fut ici aussi abondamment arrosé (Gothard 68, Bosco 179 mm.), tandis que la Suisse romande restait sèche.

Les régions du Valais où les précipitations de fœhn sont les plus abondantes sont celles de la chaîne frontière du Dolent au Mont-Rose, mais surtout la zone frontière allant du Saastal supérieur au Simplon et à la vallée de Binn. Les pluies de fœhn ont parfois causé des crues dévastatrices des affluents du Rhône, en particulier des deux Vièges et des Drances, par leur abondance dans la partie supérieure de ces vallées ; *L. Blotnitzki*³ et plus récemment *O. Lütschg*¹² en ont donné des exemples tirés d'anciennes chroniques ou d'archives d'Etat ; j'en ai étudié un cas récent, celui du 4 septembre 1948, où le Rhône quitta son lit dans la région de Charrat-Fully ; à cette date le fœhn n'était d'ailleurs pas seul responsable de la crue comme j'ai pu le montrer¹³.

La fin du fœhn

Le fœhn alpin naît lorsqu'un déséquilibre de pression règne entre les deux versants des Alpes ; il suffit que l'équilibre se rétablisse pour que cesse aussitôt le courant qui passe par dessus la chaîne. Il y a pour cela deux possibilités : la disparition pure et simple de l'excès de pression au Sud, ou l'arrivée de masses d'air plus froides qui entraîne cette disparition par hausse de pression au Nord des Alpes. Le premier cas relève de l'évolution générale du temps en Europe et ne se manifeste en Valais que par la cessation lente du vent au sol, puis en altitude ; je ne m'y arrête pas. L'éventualité du front froid est plus intéressante et plus spectaculaire aussi ; voici de quoi il s'agit.

La dépression de Bretagne ou de la Mer du Nord qui a créé le champ de pression propice à la naissance du fœhn se déplace vers l'Est, et les masses d'air froid qui glissent à son arrière envahissent la France, pénètrent en Suisse par dessus le Jura et provoquent une hausse barométrique qui rétablit l'équilibre entre les deux versants alpins ; l'excès de pression du Sud fait place à un excès au Nord de la chaîne : c'est alors le régime de bise en Suisse romande et le fœhn du Nord au Tessin.

Le Valais, malgré la protection des hautes montagnes qui l'enserrent, n'est pas à l'abri des afflux d'air froid ; ce dernier y pénètre lentement par le défilé de Saint-Maurice et parfois simultanément par-dessus la chaîne des Alpes bernoises lorsque le courant de Nord-Ouest est fort. L'air froid et lourd envahit la vallée du Rhône en soulevant devant lui l'air plus chaud du fœhn. A 1500 m. à Montana, le passage est presque toujours assez lent : le vent d'Est mollit peu à peu et tombe ; le calme règne pendant une demi-heure environ, puis le vent d'Ouest se lève et fraîchit, trahissant la présence de l'air froid qui remplit la vallée ; du brouillard de mélange se forme souvent au moment du changement de masse, tandis que la neige se met à tomber ; la température baisse lentement : le fœhn a pris fin. A Sion l'arrivée de l'air froid est en général marquée par quelques rafales de vent du Sud-Ouest et par une hausse barométrique.

J'ai eu à trois reprises, les 22 février, 1er et 16 avril 1948, l'occasion rare de « voir » le front froid lui-même, limite inclinée de l'air froid, et sa progression dans la vallée du Rhône au-dessus de Sierre. Voici dans quelles circonstances : l'air froid neuf était brumeux alors que le courant de fœhn était limpide ; on remarquait alors avec une parfaite netteté la limite très inclinée (45° environ) vers l'aval séparant

les deux masses grâce au contraste saisissant de transparence ; de petits fracto-stratus bas provenant du mélange turbulent des deux masses rendaient le phénomène plus net encore. Le 16 avril 1948 le front « visible » était rétrograde, en ce sens que le fœhn limpide refoulait l'air froid brumeux vers l'aval. J'ai observé d'autres phénomènes du même genre mais moins nets ; ce sont d'ailleurs des cas exceptionnels, et dans la règle seules la saute de vent, la baisse de température et la chute de la pluie ou de la neige marquent le passage des fronts qui dans la vallée du Rhône mettent fin au fœhn.

Conclusion

L'exposé ci-dessus a mis en lumière quelques aspects du fœhn valaisan qui dans ce pays géographiquement fermé n'a pas la simplicité qu'on lui connaît ailleurs. J'ai essayé de faire ressortir les particularités de ce vent dans le système orographique complexe que constituent les deux grandes chaînes parallèles, le sillon coudé du Rhône et ses vallées latérales. Laissant de côté toute discussion théorique, je me suis borné aux faits me paraissant les mieux établis et j'ai insisté sur le rôle particulièrement important du relief dans l'allure et la fréquence du fœhn. J'espère avoir apporté ainsi une contribution utile à la météorologie du Valais, terre des vents et du soleil.

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ H. Wild. Über den Föhn u. Vorschlag z. Beschränkung seines Begriffes. *Nouv. Mémoires Soc. helvét. Sc. nat.*, vol. 38, 1901.
 - ² M. L. Dufour. Recherches sur le föhn du 23 septembre 1866 en Suisse. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 9, Lausanne, 1868.
 - ³ L. Blotnitzki. Bericht üb. den Föhn u. dessen Einfluss auf d. Wasserverheerungen an d. eidg. Departement des Innern u. des Bauwesens, Berne, 1869.
 - ⁴ M. Bouët. Les brises locales à Montana. *Bull. Murithienne*, fasc. 66, Sion, 1949.
 - ⁵ R. Streiff-Becker. 71 Jahre Glarner Föhn. *Met. Zeitschrift*, Bd. 52, 1935.
 - ⁶ R. Streiff-Becker. Neue Untersuchungen üb. d. Föhn i. d. schweizer Alpen, *Mém. Soc. helvét. Sc. nat.*, vol. 74, Zürich, 1942.
 - ⁷ E. Ekhart. Zum Inssbruckerföhn. *Met. Rundschau*, Jhrg. 2, 1949.
 - ⁸ F. Prohaska. Neuere Anschauungen üb. d. Meteorologie u. Klimatologie d. Föhns. *Experientia*, vol. III, 1947.
 - ⁹ W. Mörikofer. Zur Meteorologie u. Meteorobiologie d. Alpenföhns. *Actes Soc. Helvét. Sc. nat.*, Davos, 1950.
 - ¹⁰ R. Kanitscheider. Beiträge z. Mechanik d. Föhns. *Beitr. z. Physik d. freien Atmosphäre*, vol. 18, 1932.
 - ¹¹ M. Bouët. La vaudaire du Bas-Valais et du lac Léman. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. 64, Lausanne, 1949 et *Bull. Murithienne*, fasc. 66, Sion, 1949.
 - ¹² O. Lütschg. Über Niederschlag u. Abfluss i. Hochgebirge. Zürich, 1926.
 - ¹³ M. Bouët. Les causes météorologiques de la crue du Rhône valaisan du 4 septembre 1948. *Bull. Murithienne*, fasc. 65, Sion, 1947-48.
-