

L'afflux d'air froid en Suisse : trois exemples

Autor(en): **Bouët, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **70 (1968-1970)**

Heft 327

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-276254>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

L'afflux d'air froid en Suisse : trois exemples

PAR

MAX BOUËT

Résumé. — Analyse sommaire de trois fronts froids remarquables, dont deux rapides et un très lent, ayant traversé la Suisse. L'effet du relief sur la progression de l'air froid est illustré par le tracé d'isochrones.

Les changements de temps et les chutes de pluie sont dus pour la plupart à des coulées d'air froid d'origine plus ou moins directement polaire. Baisse de température, pluie ou neige et coups de vent sont les manifestations les plus apparentes du phénomène qui se répète à intervalles irréguliers tout au long de l'année. De temps à autre une aire de haute pression stable se forme sur l'Europe, qui interrompt la cadence des amenées d'air froid dont le nombre s'élève en moyenne à 80 par an environ dans nos régions. Bon nombre de ces accidents sont discrets et ne se font remarquer que par une petite survente ou un peu de pluie, voire même par un simple passage nuageux ; d'autres provoquent orage et fort vent en affectant la forme de grains.

Les réchauffements, ou fronts chauds, modifient aussi l'allure du temps par les pluies de longue durée qu'ils produisent parfois ; leur définition plus délicate et leurs effets extrêmement variables rendent plus difficiles leur repérage et leur analyse.

Dans ce qui suit figurent trois exemples typiques d'invasion froide du territoire suisse : deux furent rapides et très venteuses, la troisième au contraire fut très lente et ne fut accompagnée que de faibles vents. Ce sont donc des cas extrêmes et de ce fait instructifs. Grâce aux enregistrements des principales stations météorologiques du pays et des régions limitrophes, j'ai pu repérer assez exactement l'arrivée de la masse froide en différents points et déterminer d'heure en heure sa progression. Il n'est pas possible de reproduire ici la totalité des données physiques recueillies ; laissant de côté la thermodynamique des phénomènes, je me borne à leur aspect cinématique.

10 AOÛT 1959

Situation générale

Un couloir de basse pression quasi stationnaire s'étend de l'Espagne aux îles Britanniques ; il se trouve le lendemain 11 août à peu près au même endroit. Le gradient de pression au sol est faible sur tout le

continent européen ; en altitude le vent est du sud-ouest le 10 et le 11. Selon C. AUBERT (1960) qui a analysé le phénomène à grande échelle, une masse froide qui s'était formée sur l'Espagne vers le 6 août déjà s'est mise en mouvement en direction du nord-est, entraînée par le courant du bord antérieur du couloir mentionné ; elle traverse la France à vitesse très variable du 8 au 10 août. A cette dernière date on repère son bord antérieur sous la forme d'un front froid qui à 9 h. se situe sur le versant oriental du Massif central et la partie occidentale de la vallée du Rhône. Ce front progresse alors de plus en plus rapidement vers la Suisse où il apparaît comme grain orageux violent à Genève en premier lieu, peu après 13 h. ; il s'avance à vive allure sur tout le Plateau qu'il quitte dans le Rheintal saint-gallois peu après 17 h. Derrière le grain le ciel s'est rapidement éclairci. Le lendemain matin un faible dôme anticyclonique sur l'Europe centrale marque l'emplacement de la masse froide arrivée la veille ; la journée sera de nouveau un peu orageuse, mais plus calme que le 10.

Le passage du front en Suisse

Au début de la matinée du 10 août, le ciel est serein en Suisse romande, peu nuageux dans l'est, très nuageux dans les Grisons et couvert au Tessin. Il y a sur les Alpes un courant du sud apparaissant comme fœhn dans les vallées du versant nord. Le ciel s'ennuage fortement à la fin de la matinée en présentant un aspect préorageux, puis l'horizon se bouche complètement.

Le grain passe à Genève à 13 h. 15, atteint le Haut-Lac à 14 h., Berne à 15 h. et Zurich à 16 h. (fig. 1). Sa vitesse de propagation est de l'ordre de 60 km/h. sur le Léman, de 80 à 85 km/h. entre Berne et Zurich. L'air froid pénètre en Valais par l'ouest (vallée de Chamonix) et atteint Sierre à 14 h. 50 en mettant brusquement fin au fœhn qui soufflait ici depuis 12 h. 50. A Altdorf le fœhn soufflait depuis minuit, mais avait molli de 4 h. 10 à 10 h. 20 ; il prend fin à 16 h. 25, à l'arrivée du grain.

Il est impossible de suivre dans le détail la progression du grain dans le massif alpin, faute de renseignements précis. Il est cependant certain que le front subit un certain ralentissement par le relief. Il est très probable que les orages qui éclatent vers 16 h. 30 dans le Tessin méridional soient la manifestation du passage en ce lieu.

Le coup de vent fut violent sur tout le Plateau : on observe des rafales de 23 m/s à Genève, de 30 à Lausanne, de 19 à Neuchâtel, de 18 à Bâle et de 19 à Sierre. Il fut accompagné d'une chute rapide de température au niveau de 500 m : de 10° à 12° en Suisse romande, plus faible au-delà de l'Aar. Le refroidissement global en 12 heures de la basse atmosphère, d'après les sondages de Payerne, fut de 10° environ

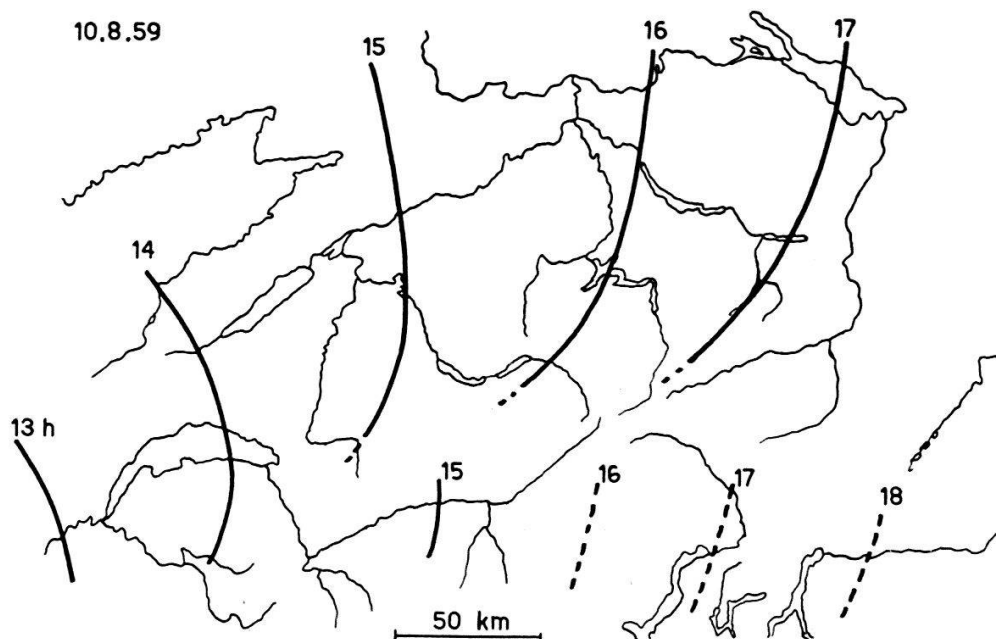


Fig. 1. — 10 août 1959. Isochrones du front froid rapide, d'heure en heure. Il y a ralentissement du front dans les Alpes. Le tracé des isochrones sur le versant sud est un peu incertain.

à 1000 m, de 4° à 5° seulement au-dessus de ce niveau et jusqu'à 7000 m. La hausse instantanée de pression fut de 4 à 5 mm. L'averse de grain ne fut pas particulièrement abondante ; elle fut accompagnée d'orage un peu partout.

Le vent a causé en pays plat des dégâts importants aux habitations et aux forêts. En certains endroits, le vent fut particulièrement violent ; ce fut le cas des environs de Lausanne où la végétation du parc Bourget a été abîmée par la rafale.

Une particularité doit être encore mentionnée. Le grain fut naturellement accompagné d'une hausse rapide de la pression ; or cette hausse fut maximum sur la Riviera vaudoise avec 5 mm en 30 minutes ; partout ailleurs elle fut moindre, d'environ 4 mm, sauf en Valais où l'amplitude globale, comme d'habitude, a été plus forte qu'en pays ouvert. C'est à Lausanne et à Montreux que le barogramme (contrôlé à Montreux par 6 lectures directes) affecte la forme la plus curieuse avec une hausse très rapide suivie d'une baisse aussi rapide (fig. 2) ; la hausse reprend ensuite peu après 16 h. Tout se passe apparemment comme si, entre 14 et 16 h., à la hausse due à l'arrivée du front était venue s'ajouter une surpression momentanée provoquée par la chute du paquet d'air froid de la tête de grain, c'est-à-dire des cumulonimbus orageux qui l'accompagnaient. En fait, il y eut vers 14 h. un fort assombrissement manifestant le passage au zénith de puissants cumulonimbus à forte ascendance ; la retombée froide de ces énormes masses nuageuses bourgeonnantes fut donc particulièrement importante sur le Haut-Lac, ce qui explique aussi la violence du vent en cette région.

Dans la figure 2, j'ai indiqué par un pointillé la courbe de pression telle qu'elle se serait inscrite sans la retombée froide du bourrelet orageux à Genève, Montreux et Zurich ; ce tracé, naturellement hypothétique, est cependant vraisemblable. L'écart entre les courbes réelles et restituées est plus grand à Montreux qu'ailleurs, ce qui pourrait correspondre à l'intensité particulièrement grande de la rafale de grain.

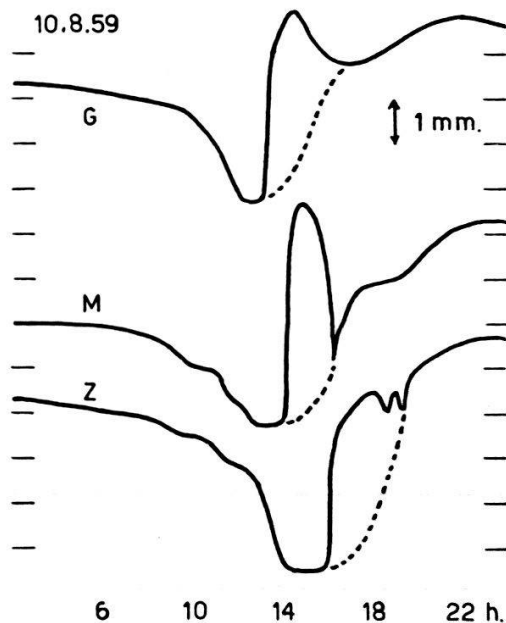


Fig. 2. — 10 août 1959. Barogrammes de Genève (G), Montreux (M) et Zurich (Z). On remarquera la hausse très rapide à l'arrivée du grain. En pointillé, tracé hypothétique (front simple) faisant ressortir la surpression momentanée due à la retombée froide des nuages orageux du bourrelet de grain.

23 FÉVRIER 1967

Situation générale

Après disparition vers le 16 février d'un anticyclone continental, une grande activité dépressionnaire se développe sur l'Atlantique et l'Europe en bordure septentrionale de la ceinture de haute pression subtropicale débordant sur la Méditerranée. Un régime d'ouest avec gradient de fœhn dans les Alpes s'est établi ; un courant du sud-ouest, puis de l'ouest règne en altitude. Du 23 au 24 une dépression jeune et profonde se déplace des îles Britanniques (985 mb) à la Scandinavie méridionale (975 mb) ; son front froid traverse rapidement la France et atteint la Suisse le 23 peu après 13 h. Le 24, une cellule anticyclonique mobile s'est formée sur le centre européen, le courant en altitude s'étant orienté à l'ouest-nord-ouest.

Le passage du front en Suisse

Au début de la matinée du 23 le ciel est peu nuageux et ne présente que des cirrus assez bas et flous, mais il se couvre rapidement par de l'altostratus élevé se doublant bientôt d'une seconde couche moyenne.

venant de l'ouest. A 13 h. le front froid aborde le Jura français et occupe une ligne allant de Lyon à Besançon et Mulhouse ; à 14 h. il est devant Bâle et atteint Neuchâtel et le Haut-Léman ; à 15 h. on le trouve en Thurgovie, à Lucerne, Interlaken et dans le Valais central ; à 16 h. il franchit la crête alpine et parvient dans la région du lac Majeur vers 17 h. 30, ayant perdu de sa vitesse. La masse froide a donc mis quatre heures pour traverser la Suisse du nord-ouest au sud-est à la vitesse moyenne de 50 km/h. environ, très élevée pour un phénomène de ce genre. Le ciel s'est assez rapidement éclairci après le grain, au moins dans l'ouest du Plateau. Le lendemain, le temps est serein.

L'arrivée de l'air froid affecte la forme d'un grain violent accompagné d'orage en maints endroits. Le vent d'ouest fut très fort : à Lyon il atteint 90 km/h. comme plus tard dans la région du Léman ; à Bâle la rafale est de 110 km/h. et à Zurich de 130 km/h. Les méfaits du vent furent importants : dégâts aux habitations et aux forêts, en particulier dans les cantons d'Argovie et de Zurich où de très nombreux arbres furent brisés ou déracinés. Dans les Préalpes et dans les Alpes la force du grain avait diminué ; toutefois à l'entrée de la vallée du Rhône, à Montthey, on notait encore des pointes de vent de 55 km/h., et à Sierre de 65 km/h.

L'air froid atteignit le sud du Tessin (Locarno) vers 17 h. 30 en produisant une nette survente d'environ 30 km/h., une hausse barométrique et un léger réchauffement de deux degrés.

La carte des isochrones du front (fig 3) révèle un déplacement plus rapide au nord du pays qu'au sud. Entre Bâle et Zurich, la vitesse du

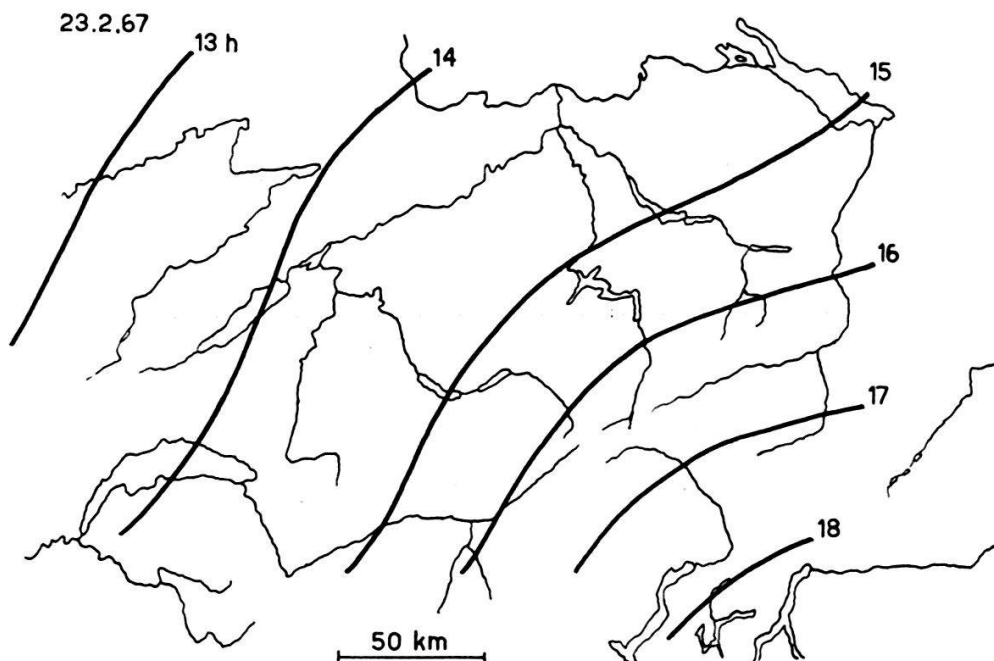


Fig. 3. — 23 février 1967. Isochrones du front froid rapide qui traverse les Alpes en perdant à peu près la moitié de sa vitesse.

front fut de 82 km/h. contre 65 km/h. environ en Suisse romande. Ce front froid compte parmi les plus rapides que l'on puisse observer en Suisse.

La hausse de pression dès l'arrivée de la masse froide fut en dix heures de 15 mm en Suisse septentrionale, de 10,5 mm dans le bassin lémanique ; on mesura environ 8 mm de hausse en une heure sur tout le Plateau. Le refroidissement de la troposphère fut de 5° à 10° entre le sol et 6 km. Quant au gradient de pression transalpin mesuré entre Locarno et Kloten, il est passé en trois heures de 7 mm sud-nord à 5 mm nord-sud, soit un renversement de 12 mm.

Les deux fronts décrits ci-dessus furent rapides et leurs masses froides ont facilement franchi la chaîne des Alpes ; celui dont il va être question contraste avec eux par son extrême lenteur.

1^{er} AVRIL 1952

Situation générale

Il s'agit du déplacement d'un couloir de basse pression du nord des Alpes (France, Allemagne) au sud (Italie du Nord aux pays baltes) du 1^{er} au 2 avril. Les gradients de pression sont faibles. Une masse froide, étendue mais très peu épaisse, s'écoule très lentement du nord-ouest de l'Europe vers les Alpes. Elle atteint Paris le 31 mars à 7 h. 30, Koblenz à 13 h., Strasbourg à 23 h. 30 ; le 1^{er} avril, elle arrive à Besançon à 0 h. 45, à Clermont-Ferrand à 1 h., à Freiburg i. Br. à 2 h. 20, à Lyon à 7 h. ; elle pénètre en Suisse à Bâle à 4 h. La progression de l'air froid est donc très lente : 20 km/h. en moyenne entre Paris et le Jura français.

L'invasion froide en Suisse

Le temps est pluvieux le matin du 1^{er} avril, surtout dans le nord du pays (il pleut à Bâle depuis la veille), moins en Suisse romande. L'altostratus compact trahit un courant de WSW à SW assez vif au-dessus de 2000 m. Le Valais reste sec. Au Tessin et en Engadine il pleut de façon continue, car le fœhn sévit dans les Préalpes du Nord : ce sont donc des pluies d'ascendance orographique.

Le temps, toujours couvert, se modifie peu à peu dans tout le pays au fur et à mesure de l'avance très lente de l'air froid venant du nord. Cette avance est illustrée dans ses traits essentiels par la figure 4 ; on voit la pénétration de la mince couche froide par la frontière du Rhin, puis sur le Plateau en direction du sud-ouest, alors que la crête du Jura n'a pas encore été atteinte par le versant français. Une certaine accélération se manifeste entre Olten et le Gros-de-Vaud (30 km/h.) ; en chaque endroit de ce parcours, le vent, quasi nul avant, a tourné au nord-est. A partir du Gros-de-Vaud la vitesse diminue à nouveau. D'ailleurs, fait remarquable, l'air froid a pénétré à Genève et jusqu'à Lausanne en

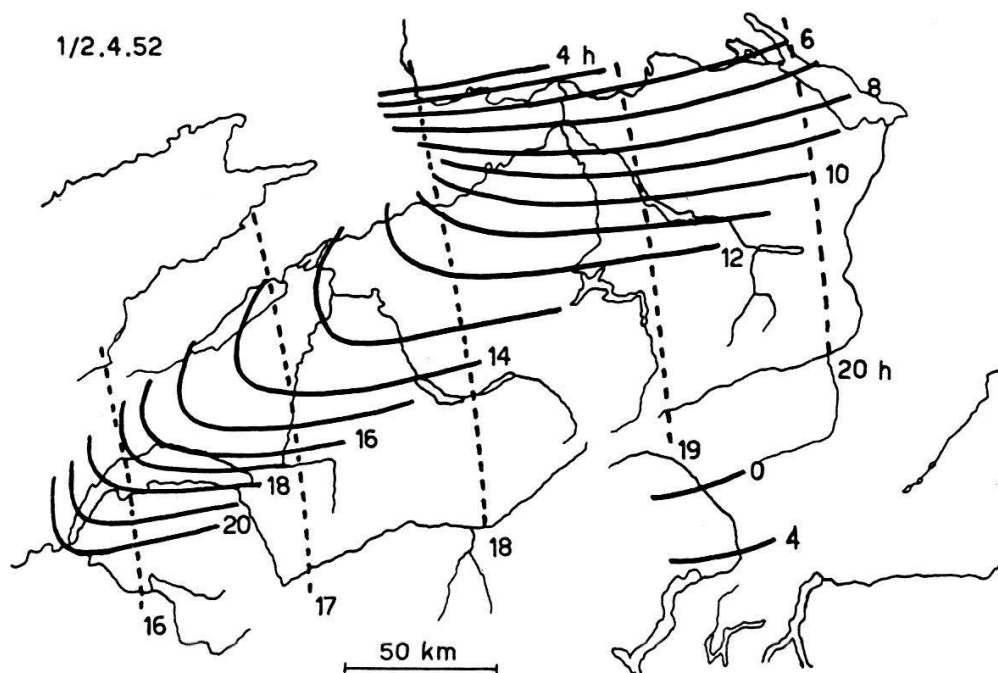


Fig. 4. — 1/2 avril 1952. Isochrones du front froid très lent. L'air froid s'écoule vers le SW entre Jura et Alpes. Le trajet proprement alpin, très compliqué, n'est pas reproduit, mais l'arrivée est indiquée au Tessin. En pointillé, passage probable du « couloir de basse pression ».

venant du sud-ouest : à Genève l'arrivée se situe à 15 h. 30 déjà. Ainsi la masse froide a contourné ici le Jura par le Bugey. Le vent n'a tourné à Genève au nord-est qu'à 20 h. : l'air venant du Plateau, légèrement plus froid que celui qui venait du Lyonnais et de la Bresse, a alors glissé sous lui.

Quant à la région alpine, elle sera peu à peu noyée dans la nappe froide qui n'atteint le Saentis (2500 m) qu'à 21 h. 30, le Jungfraujoch (3578 m) à 1 h. 45 environ le 2 avril, et le Weissfluhjoch (2667 m) à 2 h. En Valais où l'on a à cette date fort peu de renseignements on peut situer la montée de l'air froid dans les Pennines entre 20 et 22 h. environ.

Et ce n'est que le 2 avril entre 0 et 4 h. que l'air froid atteint la basse Léventine. Il aura donc fallu une durée de 24 heures pour l'invasion complète du territoire suisse du nord au sud.

Le refroidissement global s'établit comme suit en Suisse :

à 500 m	11,8°
à 1000 m	11,6°
à 2000 m	11,2°
à 3000 m	10,8°

Il est donc maximum au niveau du Plateau et diminue légèrement avec l'altitude. Vu la lenteur du refroidissement au cours de la journée, on observe des contrastes saisissants de température d'un point à un autre ; c'est ainsi qu'à 13 h. 30 on mesure -1° à Bâle et 17° à Sion !

La pente moyenne du « coin froid » est très faible, de l'ordre de 11 ‰, de 14 ‰ en Forêt-Noire et de 17 ‰ sur le Plateau suisse d'après les observations de plaine et de sommets.

Quant à l'épaisseur de la nappe froide, son accroissement se calcule aisément en comparant les heures d'arrivée en certains couples de stations de plaine et de montagne convenablement choisies, avec correction de distance s'il y a lieu ; le taux d'accroissement présente les valeurs suivantes en six régions différentes :

Freiburg i. Br. — Feldberg	170 m/h.
Clermont-Ferrand — Puy-de-Dôme	110 m/h .
Besançon — Chasseron	120 m/h.
Zurich — Saentis	180 m/h.
Interlaken — Jungfrauoch	250 m/h.
Davos — Weissfluhjoch	260 m/h.

La nappe froide venue du Nord a augmenté très lentement d'épaisseur, à raison de 100 à 150 m par heure à nos frontrières, un peu plus rapidement sur le flanc nord des Alpes. Il a fallu de ce fait environ 13 heures pour que l'air froid arrivé sur le Plateau atteigne la crête moyenne des Alpes (3100 m) et commence à se déverser sur le versant sud ; ce délai est très long et doit rarement s'observer.

Les précipitations tombées le 1^{er} avril ont intéressé toute la Suisse, avec toutefois un maximum régional de 25 à 30 mm d'eau sur le versant nord du Jura (49 mm à Bâle !), un second maximum entre l'Emme et le Bodan et une troisième zone très arrosée dans le Tessin méridional et le Bergell (plus de 150 mm au Sotto-Ceneri !). Les pluies de cette dernière contrée sont dues presque uniquement à l'ascendance orographique (fœhn du sud), tandis qu'au nord des Alpes la pluie est liée au courant du sud-ouest du couloir de basse pression, renforcée probablement par l'invasion froide subséquente. Notons encore que sur le Plateau la pluie s'est transformée en neige en fin de journée.

Sur la figure 4 ont été tracées en pointillé des isochrones de 16 à 20 h. d'ouest en est correspondant peut-être au passage du couloir dépressionnaire d'altitude décelé par une accélération de la hausse barométrique aux différentes stations du réseau utilisé. En Valais et au Tessin il y a eu de l'orage au moment de ce passage.

CONCLUSION

L'exposé ci-dessus de trois cas d'invasion de la Suisse par de l'air froid n'a guère éclairci le mécanisme même du front en mouvement ; il n'avait d'ailleurs pas cette prétention.

J'ai tenté de montrer combien la pénétration d'une masse froide dans le pays accidenté qu'est la Suisse peut revêtir une allure différente selon

son origine géographique et sa vitesse initiale. L'effet retardateur du relief est important ; dans le cas de l'écoulement très lent du 1^{er} avril 1952 le Jura provoqua déjà un fort ralentissement de l'air venant de la Franche-Comté : il a fallu 12 heures environ à cette pellicule froide pour s'élever de la Saône à la crête de la chaîne, de sorte que l'obstacle fut d'abord contourné par le nord (Bâle) et par le Sud (Genève) ; puis le massif alpin opposa à l'avancement une seconde barrière qui ne fut franchie qu'en 13 heures environ. On notera cependant que même dans ces conditions l'afflux froid a passé d'un versant à l'autre des Alpes.

Lorsque le front froid est rapide comme dans les cas des 10 août 1959 et 23 février 1967, il y a également ralentissement de la progression, minime dans le Jura, plus net dans les Alpes ; mais l'air froid dans ces deux cas n'a mis que deux heures environ pour franchir l'obstacle alpin. Quant au mode de pénétration dans l'intérieur même du massif, j'en ai donné un aperçu dans une précédente étude (BOUET 1965) encore trop sommaire du reste. Le matériel dont on dispose actuellement ne suffit pas en effet pour l'analyse détaillée, région par région.

Un fait est cependant certain : la chaîne alpine ralentit certes la progression de l'air des basses couches, mais ne constitue presque jamais un obstacle infranchissable. L'air qui se présente devant le massif pénètre par les vallées ou les prend par le travers selon la direction du courant général. L'effet orographique est donc restreint du point de vue de la cinématique horizontale de l'atmosphère ; il est par contre très important sur la cinématique verticale par les processus mécaniques et thermodynamiques (remous aérien, accroissement des précipitations, fœhn) qu'il produit.

Il est probable que la plupart des fronts qui abordent notre pays mettent en moyenne 4 à 6 heures pour le traverser en passant d'un versant à l'autre de la chaîne alpine.

Je dois à l'amabilité de M. MAX BIDER à Bâle d'avoir pu disposer, dans le cas du 1^{er} avril 1952, d'observations faites en Allemagne et d'enregistrements fort utiles de cette région. L'Institut suisse de météorologie à Zurich, ainsi que les postes météorologiques de Cointrin et de Kloten, ont comme de coutume répondu avec obligeance à mes demandes de renseignements. Enfin quelques stations françaises m'ont aimablement communiqué des documents intéressants.

TRAVAUX CITÉS

- AUBERT, C. 1960. — La tempête du 10 août 1959. *Aéro-Revue*, 35^e année, n° 35, Zurich.
- BOUET, M. 1965. — La pénétration de l'air froid dans une vallée alpine. *Archiv f. Met., Geoph. u. Bioklimat.*, S^{1e} A, 15, Wien.

Manuscrit reçu le 27 mars 1968.