

Étude des sondages du vent en altitude : effectués à Lausanne : suivi d'un aperçu des courants aériens en Suisse [suite et fin]

Autor(en): **Berger, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **24 (1942)**

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-741742>

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.

Etude des sondages du vent en altitude

effectués à Lausanne,
suivie d'un aperçu des courants aériens en Suisse

PAR

P. BERGER

(S.C.S.M.)

(Avec 9 fig.)

(suite et fin)

B. ETUDE SYNOPTIQUE SUCCINCTE DES COURANTS AÉRIENS.

Généralités.

Les sondages de Birsfelden, Cointrin et Dübendorf furent également exécutés à l'aide de théodolites enregistreurs. Les ballons furent de même provenance. En général, leur vitesse ascensionnelle fut de 200 m/min.; dans quelques cas elle fut de 100 ou de 150 m/min.

Comparaison des sondages de la Blécherette et de Cointrin.

A l'aéroport de Cointrin, des sondages furent exécutés à environ 0700 et 1200 HEC, tandis que ceux de Lausanne le furent généralement à 0900 HEC. Grâce à ce décalage, un certain nombre de sondages de la Blécherette fut encadré dans le temps par ceux de Cointrin, ce qui facilite la comparaison.

A 1000 m, à Lausanne, aux vents supérieurs à 10 kmh du secteur E-NE correspondent généralement des courants du NE à N à Genève; les vents du NE changent peu de direction entre ces deux villes. A Lausanne, les vents de la zone S à W se répartissent plus ou moins régulièrement dans tout ce secteur; à Genève, des vents du SW leur correspondent. La

« canalisation » de ces courants en Pays genevois paraît pouvoir être attribuée à l'influence orographique du Jura, plus marquée à Cointrin qu'à la Blécherette.

A 2000 m, faute de matériel suffisant, nous ne pouvons considérer que le secteur S à W. Aux vents du S à SW à Lausanne correspondent surtout des courants du secteur SW à W à Genève; à ceux du secteur SW-W de la Blécherette correspondent des vents soit d'W, soit du SW à Cointrin.

1. *Comparaison générale entre les sondages de la Blécherette et ceux de Cointrin, Birsfelden et Dübendorf.*

En ne choisissant comme sondages « comparatifs » de Bâle, Genève et Zurich que ceux qui ne précédèrent pas ou qui ne suivirent pas ceux de Lausanne de plus de 5 heures, on obtient des documents peu nombreux — même si on limite l'analyse aux étages de 1000, 1500 et 2000 m —, difficiles à interpréter.

Ce qui frappe à première vue, ce sont les maxima du NE et du SW ainsi que la zone pauvre en vent qui s'étend de l'E au S.

Maxima du NE et du SW.

A Genève, le maximum de la fréquence des vents du NE est extraordinairement bien développé; les courants qui lui correspondent sont plus de deux fois plus fréquents que ceux du SW. Lorsque l'altitude croît, la valeur relative de ce maximum comparée à celle de celui du SW diminue peu à peu. Entre 1500 et 2000 m, ce maximum du NE devient moins important que celui du SW. Dès 3000 m et surtout dès 4000 m la fréquence du vent du SW l'emporte de plus en plus.

A Zurich, dès 500 m s. m, le maximum du NE est moins développé que celui du SW; il semble que c'est vers 2000 m que le maximum du SW est le plus grand comparé à celui du NE.

A Bâle, vers 500 m, les deux maxima du NE et du SW sont à peu près les mêmes; celui du SW est cependant le plus développé. Entre 1000 et 4000 m, la fréquence des vents à Birsfelden est très semblable à celle des courants qui soufflent en dessus de Dübendorf.

A Lausanne, ces maxima se placent entre ceux de Cointrin et ceux de Dübendorf. Dès le voisinage du sol, les vents du SW sont les plus fréquents, ce qui n'est pas le cas au sol, comme le prouvent les observations du Champ de l'Air.

Du sol à 2000 m, les maxima du NE et du SW à Cointrin et à la Blécherette correspondent aux mêmes azimuts; il en est de même pour ceux de Birsfelden et de Dübendorf, mais ces derniers sont décalés de 40 à 50° par rapport aux premiers, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Secteur E à S.

Si cette zone de vents rares se retrouve sur les quatre aéroports de Suisse dont nous nous occupons, elle est cependant inégalement développée et accusée. A 1000 et 1500 m, c'est à Genève puis à Bâle qu'elle est la plus accusée et la plus étendue. A 2000 m, elle perd un peu son caractère.

2. Comparaison des sondages de Genève, Bâle et Zurich de 1936-1938.

Grâce aux « statistiques mensuelles de climatologie aéronautique » que j'ai établies pour la Station centrale suisse de Météorologie en 1936-1938 (elles furent publiées), il est aisé de se faire une idée plus précise des vents en altitude. Ces derniers furent déterminés par des ballons-pilotes, à l'aide de théodolites enregistreurs, par simple visée; les calculs furent effectués par le personnel météorologique attaché à chaque aéroport.

En ne tenant compte que de la direction des vents aux divers niveaux, on obtient la répartition des fréquences des divers vents, présentée dans le tableau VIII. A titre de comparaison, j'y ai ajouté la fréquence des vents de Lausanne; il ne faut pas oublier que ces derniers furent déterminés en 1932/33 et non en 1936/38. La rose des vents est seulement divisée en 8 rumb: N = 336-025°; NE = 026 — 65°; E = 66-115°; etc.

Par hiver, nous désignons les mois de décembre, janvier, février; par printemps ceux de mars, avril et mai, etc. Sous la rubrique « matin » nous groupons les sondages effectués entre 0700 et 1200; sous « après-midi », ceux effectués entre 1200 et 1500 HEC. « Cal » signifie: vent de moins de 2 km/h.

TABLEAU VIII.

Altitude 500 m sur mer.

	Birsfelden										Cointrin																		
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal										
Hiver	3	8	40	25	17	26	43	6	7	Matin																			
Printemps	11	9	54	20	9	12	55	17	20	4	46	5	0	8	29	10	2	36											
Été	3	1	40	17	8	20	57	11	38	6	90	11	0	5	19	13	2	66											
Automne	6	2	34	23	7	25	26	2	22	13	56	9	1	15	33	11	5	86											
Année	23	20	168	85	41	83	181	36	87	16	43	8	3	8	17	5	7	44											
										39	235	33	4	36	98	39	16	232											
Hiver	3	3	41	19	12	17	40	9	21	Après-midi																			
Printemps	22	4	38	12	4	11	43	48	18	8	25	3	0	7	30	7	2	41											
Été	26	4	12	5	5	6	63	60	40	10	79	12	4	13	23	10	8	51											
Automne	11	6	25	27	6	13	41	24	42	6	59	9	4	14	30	22	2	82											
Année	62	17	116	63	27	47	187	141	121	8	50	10	1	10	22	6	4	44											
										32	213	34	9	44	105	45	16	218											
										Dübendorf										La Blécherette									
Hiver	8	18	17	16	32	19	22	7	21	Matin																			
Printemps	12	28	21	25	31	18	27	14	35	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0										
Été	10	16	20	27	35	14	33	15	42	8	1	2	2	4	6	5	3	1	0										
Automne	10	16	11	12	30	23	22	5	20	6	1	4	0	5	6	4	0	0											
Année	40	78	69	80	128	74	104	41	118	4	2	3	2	4	5	2	1	2	2										
										18	4	9	4	13	16	14	8	3	3										
										Après-midi																			
Hiver	10	22	10	13	21	29	31	8	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Printemps	23	41	10	10	14	18	42	19	36	1	2	1	1	0	1	1	0	0	0										
Été	21	25	2	9	14	23	62	20	50	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0										
Automne	14	21	15	8	15	22	44	24	34	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0										
Année	68	109	37	40	64	92	179	71	144	2	2	1	1	1	4	2	0	0	0										

Altitude 1000 m sur mer.

	<i>Birstelden</i>										<i>Cointrin</i>																	
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal									
Hiver	2	5	23	10	10	30	52	6	5	Matin										4	43	3	0	8	43	7	3	18
Printemps	10	9	34	15	13	17	55	13	18	Après-midi										11	108	6	2	10	26	14	5	25
Eté	4	6	18	13	8	15	77	17	23	Après-midi										25	89	1	0	11	49	11	2	43
Automne	3	2	14	12	6	25	52	4	11	Après-midi										14	51	1	0	7	37	5	1	24
Année	19	22	89	50	37	87	236	40	57	Après-midi										54	291	11	2	36	155	37	11	110
Hiver	2	17	9	5	7	27	55	3	9	Après-midi										9	30	0	0	8	42	7	5	17
Printemps	12	12	28	16	7	25	50	23	18	Après-midi										22	86	5	3	10	35	10	8	30
Eté	9	4	21	6	2	19	84	33	38	Après-midi										15	64	3	1	12	65	18	5	43
Automne	6	8	33	7	14	27	61	12	23	Après-midi										12	57	0	0	10	39	3	6	23
Année	29	41	91	34	30	98	250	71	88	Après-midi										58	237	8	4	40	181	38	24	113
	<i>Dübandorf</i>										<i>La Blécherette</i>																	
Hiver	1	5	11	7	14	26	57	4	5	Matin										0	0	0	0	1	0	0	1	0
Printemps	8	17	44	18	11	23	54	7	13	Après-midi										3	8	5	0	3	5	6	2	0
Eté	4	9	32	11	11	28	75	11	26	Après-midi										5	8	2	0	4	8	3	1	0
Automne	1	15	9	11	9	24	59	2	4	Après-midi										2	3	1	0	1	12	4	2	0
Année	14	46	96	47	45	101	245	24	48	Après-midi										10	19	8	0	9	25	13	6	0
Hiver	4	9	15	9	7	38	54	3	9	Après-midi										0	0	0	0	0	0	0	0	0
Printemps	12	32	32	7	8	30	47	14	22	Après-midi										1	3	0	1	1	0	1	0	0
Eté	13	22	21	2	5	30	76	13	39	Après-midi										1	0	0	0	1	0	1	1	0
Automne	5	21	16	6	12	22	70	13	15	Après-midi										0	0	0	1	0	0	1	0	0
Année	34	84	84	24	32	120	247	43	85	Après-midi										2	3	0	2	2	0	3	1	0

TABLEAU VIII (suite).
Altitude 1500 m sur mer.

	<i>Birstelden</i>											<i>Cointrin</i>																
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal										
Hiver	2	6	18	8	2	29	33	3	5	Matin																		
Printemps	7	14	25	11	7	21	47	14	12	9	16	0	2	12	39	7	4	9										
Été	4	7	15	6	7	29	74	6	15	14	79	9	7	27	23	8	7	15										
Automne	4	3	5	6	5	35	34	10	8	29	57	11	4	16	56	20	9	14										
Année	19	30	63	31	21	114	188	33	40	15	25	1	3	11	35	12	5	10										
										67	177	21	16	66	153	47	25	48										
										Après-midi																		
Hiver	2	3	15	3	5	29	33	1	9	8	14	0	0	10	46	9	1	4										
Printemps	10	21	26	14	8	28	36	13	8	40	44	8	7	26	31	13	8	14										
Été	6	5	20	7	8	33	77	16	26	33	39	2	5	9	70	18	22	16										
Automne	3	8	24	3	16	31	53	7	15	19	33	3	1	11	36	14	3	15										
Année	21	37	85	27	37	121	199	37	58	100	130	13	13	56	183	54	34	49										
										<i>La Blécherette</i>																		
										<i>Dübandorf</i>																		
Hiver	2	4	6	3	12	20	20	33	5	4	Matin																	
Printemps	5	11	36	11	21	13	42	9	9	0	0	0	0	1	1	0	0	0										
Été	5	7	18	3	17	20	79	14	19	6	6	1	2	3	5	3	1	0										
Automne	3	5	12	4	9	22	49	4	5	3	8	1	0	5	5	2	3	0										
Année	15	27	72	21	59	75	203	29	37	2	1	2	0	5	12	1	0	1										
										11	15	4	2	14	23	6	4	1										
										Après-midi																		
Hiver	3	2	9	3	7	25	47	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Printemps	7	9	23	15	27	18	39	8	17	1	2	0	0	0	2	0	2	0										
Été	6	10	19	9	10	34	72	7	21	2	0	0	0	0	1	0	0	0										
Automne	2	8	20	11	12	27	61	5	14	0	0	0	1	0	1	0	0	0										
Année	18	29	71	38	56	104	219	25	62	3	2	0	1	0	4	0	2	0										

Altitude 2000 m sur mer.

	<i>Birsfelden</i>										<i>Cointrin</i>									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal	
	Matin																			
Hiver	2	4	17	7	3	15	17	9	3	10	9	0	2	7	32	10	2	5		
Printemps	4	18	16	10	7	29	24	13	13	20	51	5	7	24	28	12	7	7		
Eté	7	7	8	6	5	32	58	7	15	28	32	7	1	15	58	22	14	10		
Automne	1	4	6	2	10	24	26	6	6	12	19	1	5	12	17	17	5	4		
Année	14	33	47	25	25	100	125	35	37	70	111	13	15	58	135	61	28	26		
	Après-midi																			
Hiver	5	3	13	2	8	25	19	6	4	5	8	1	1	9	23	9	7	4		
Printemps	12	11	24	8	11	45	36	12	7	25	38	10	6	23	32	10	7	4		
Eté	10	6	14	5	13	39	63	14	14	29	30	3	1	17	67	25	16	9		
Automne	8	2	14	9	12	41	40	5	5	9	23	2	3	17	31	16	8	5		
Année	35	22	65	24	44	120	158	37	30	68	99	16	11	66	153	60	38	32		
	Matin																			
Hiver	4	2	8	1	10	14	29	3	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0		
Printemps	4	17	21	12	22	13	38	11	8	3	5	3	1	0	2	1	4	0		
Eté	6	5	11	7	8	25	66	7	16	5	7	1	1	1	6	2	3	0		
Automne	1	6	7	3	12	22	32	6	2	1	0	1	2	2	8	3	3	1		
Année	15	30	47	23	52	74	165	27	29	9	12	5	4	4	17	6	10	1		
	Après-midi																			
Hiver	7	3	7	1	9	24	33	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Printemps	7	7	15	8	26	23	30	9	12	0	2	0	0	0	0	1	1	0		
Eté	4	11	11	9	15	52	58	3	13	0	0	0	0	1	0	1	0	0		
Automne	6	5	11	6	22	29	51	5	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
Année	24	26	44	24	72	128	172	21	36	0	2	0	1	1	0	2	1	0		

La Blécherette

Dübendorf

Altitude 4000 m sur mer.

	<i>Birsfelden</i>							<i>Cointrin</i>																		
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cal								
Hiver	7	0	0	0	1	4	3	5	0	Matin								5	0	2	0	0	0	0	0	
Printemps	8	2	4	1	2	5	7	5	3	Matin								15	11	6	3	10	14	10	14	0
Été	7	2	2	1	4	17	18	12	4	Matin								26	5	0	2	4	16	21	29	0
Automne	2	3	1	1	3	5	8	3	1	Matin								9	2	0	1	4	3	5	9	1
Année	24	7	7	3	10	31	36	25	8	Matin								55	18	8	6	19	37	47	54	1
										Après-midi																
Hiver	1	1	0	0	7	3	5	2	1	Après-midi								2	2	0	0	0	7	10	6	1
Printemps	5	0	4	4	4	7	6	8	2	Après-midi								13	6	8	7	11	13	12	17	4
Été	7	3	1	0	6	12	30	17	3	Après-midi								17	6	2	2	5	16	29	24	0
Automne	11	3	3	2	11	19	12	6	1	Après-midi								6	6	0	2	12	9	10	7	0
Année	24	7	8	6	28	43	53	33	7	Après-midi								38	20	10	11	28	45	61	54	6
										<i>Dübbendorf</i>																
Hiver	8	2	1	0	3	6	9	6	0	Matin								0	0	0	0	0	0	0	0	0
Printemps	12	9	7	5	13	19	16	15	6	Matin								4	2	0	0	0	1	1	1	0
Été	15	1	3	1	8	11	31	20	4	Matin								2	3	2	0	2	0	3	4	0
Automne	6	7	0	2	3	9	11	4	1	Matin								1	0	0	0	1	1	2	3	0
Année	41	19	11	8	27	45	67	45	11	Matin								7	5	2	0	3	2	6	8	0
										Après-midi																
Hiver	4	4	1	4	5	4	11	4	1	Après-midi								0	0	0	0	0	0	0	0	0
Printemps	11	7	6	6	8	18	19	9	4	Après-midi								0	0	0	0	0	0	1	0	0
Été	11	0	1	1	10	17	32	21	2	Après-midi								0	0	0	0	0	0	1	0	0
Automne	10	6	2	2	4	19	15	17	1	Après-midi								0	0	0	0	1	0	0	0	0
Année	36	17	10	13	27	58	77	51	8	Après-midi								0	0	0	0	1	0	2	0	0

En hiver, quelques sondages de Dübendorf furent effectués le dimanche matin à 1100 h.

Dans les quelques paragraphes qui suivent, je ne relève que les principaux points des tableaux précédents.

Analyse des vents à 500 m.

A Genève, le matin et l'après-midi (pour alléger le texte, nous écrirons « après-midi » au lieu de « début de l'après-midi »), pendant les quatre saisons, le maximum de fréquence des vents du NE est beaucoup plus développé que celui du SW; les courants du SE sont pour ainsi dire inexistants, ceux du NW sont bien peu nombreux. Au printemps, les courants du NE paraissent beaucoup plus fréquents que pendant les autres saisons; par contre ceux du SW sont les plus rares en automne.

La répartition de la fréquence des vents est pratiquement la même le matin que l'après-midi. Ce fait est remarquable. Les influences orographiques, celles du Jura en particulier, sont donc prédominantes.

A Zurich, au contraire, le régime des vents change beaucoup du matin à l'après-midi. Au printemps, le matin, les vents du S, du NE et d'W sont les plus fréquents; ceux du N, du NW et du SW sont les plus rares. En été, vers 0800 h, les maxima du S et d'W comparés à ceux de la saison précédente sont un peu plus développés, celui du NE a disparu, le minimum du SW est un peu plus creusé. En automne et en hiver, la fréquence des vents est semblable; ceux du S sont toujours les plus nombreux. Les maxima du S et d'W ainsi que le minimum du SW sont un peu inattendus; ils s'expliquent partiellement par des considérations orographiques.

L'après-midi, nous trouvons une toute autre répartition des vents: il existe un maximum principal très bien développé des courants d'W, un autre secondaire des vents du NE, le maximum des vents du S a disparu, soit à cause de la rotation diurne des vents, soit par suite de l'échange alterné des masses d'air du Plateau aux Alpes ou vice-versa. Le courant alpin cesserait au cours de la matinée; cette question sera étudiée ailleurs.

En été, les vents d'W sont bien plus nombreux que ceux du NE; au printemps, ces deux courants sont d'égale fréquence.

L'après-midi, le régime de ces vents rappelle celui de Birsfelden et un peu celui de Cointrin.

A *Birsfelden*, les vents paraissent canalisés par le relief. Il existe, aussi bien le matin que l'après-midi, deux maxima de fréquence: l'un correspondant aux vents d'E, l'autre à ceux d'W. Le matin, ces deux maxima sont de même importance; l'après-midi, celui d'W l'emporte nettement, comme à Dübendorf. Les minima de fréquence des vents correspondent aux vents du NE et à ceux du S. J'ai l'impression qu'ils sont dus aux effets orographiques protecteurs de la Forêt Noire et du Jura. Le minimum du NE est bien marqué tout au cours de l'année, tandis que l'autre est surtout prononcé l'après-midi, du printemps à l'automne. Les vents d'E sont les plus fréquents en hiver et au printemps. Les matins d'automne, les vents d'W soufflent moins souvent que pendant le reste de l'année; c'est en été — comme à Cointrin ou à Dübendorf — qu'ils sont le plus fréquent. Les après-midi d'été, les vents du secteur NE à SW sont rares.

A l'Observatoire astronomique et météorologique de Binningen, situé à 5 km et 50 m plus haut environ que l'aéroport, le régime des vents enregistrés diffère de celui indiqué ci-dessus. La principale cause de cette différence est à attribuer probablement au fait que les observations à Binningen furent très régulières, tandis que la fréquence des sondages à Birsfelden dépendait du temps.

D'une manière générale, sur le Plateau suisse et dans le Jura:

les « bises » prédominent au printemps, en particulier le matin et non pas l'après-midi comme c'est le cas au sol à Genève;

les vents du SW sont les plus fréquents en été.

Analyse des vents à 1000 m.

A *Genève*, aussi bien le matin que l'après-midi, le caractère du régime des vents ne change pas entre 500 et 1000 m.s.m. Le matin, les courants du NE sont plus nombreux que l'après-midi. Le maximum absolu de fréquence est encore celui du NE, le maximum secondaire correspond aux vents du SW; le

rapport entre les maxima principal et secondaire est moins grand qu'à 500 m. En hiver, comme à une moindre altitude et l'après-midi seulement, les vents du SW sont plus nombreux que ceux du NE tandis que c'est toujours l'inverse qui a lieu pendant le reste de l'année. Le minimum absolu de fréquence des vents est localisé dans le secteur E-SE; il est plus développé que ce ne fut le cas au voisinage du sol. Un minimum relatif enrobe les vents d'W et surtout ceux du NW. Notons en passant que ces derniers sont ceux dont les directions sont plus ou moins perpendiculaires à celle de la chaîne du Jura, laquelle joue donc encore un rôle protecteur notable à 1000 m.

A *Zurich*, le régime des vents varie beaucoup moins, entre le matin et l'après-midi, qu'à l'étage inférieur.

Le matin, durant toute l'année, il existe un maximum très marqué (quoique moins développé que celui de la bise à Cointrin) de fréquence des vents d'W, puis un autre — bien plus faible — correspondant aux courants d'E nombreux au printemps et en été. En automne et en hiver, il n'existe pratiquement qu'un maximum, les vents du secteur NE-E étant peu nombreux. Ces maxima sont décalés de 45° par rapport à ceux de Genève. A *Dübendorf*, les maxima des vents du NE et du S à 500 m sont remplacés à 1000 m, le premier par un maximum d'E, le second par un minimum relatif. Les vents du N sont toujours ceux qui sont les moins fréquents. Le matin et l'après-midi, les bises et les vents d'W soufflent le plus fréquemment:

les premières au printemps,
les seconds en été.

Entre le matin et l'après-midi, il n'y a pas d'évolution notable à signaler: le maximum absolu correspond aux vents du SW; le maximum relatif d'E est étalé vers le NE; le minimum « relatif » du SE-S est plus accusé et devient le plus important. En hiver, les vents du secteur NW-NE-S sont bien peu fréquents.

A *Bâle*, du matin à l'après-midi le caractère du régime des vents reste le même. Il y a deux maxima de fréquence des vents: le principal correspond à ceux d'W, le secondaire à ceux d'E;

ce dernier est approximativement trois fois moins développé que le premier.

Divers vents sont également plus fréquents à Birsfelden pendant certaines saisons que pendant le reste de l'année; il s'agit en particulier:

- des vents d'W en été;
- des vents d'E au printemps, le matin;
- des vents d'E en automne, l'après-midi.

Les courants du N et du S sont aussi rares l'un que l'autre. A 1000 m, l'effet protecteur de la Forêt-Noire est bien moins sensible qu'à 500 m; en hiver, l'après-midi, il paraît faire défaut; un léger maximum des vents du NE le remplace.

D'une saison à l'autre, le régime des vents évolue peu, surtout le matin. Les principaux maxima de Birsfelden ont les mêmes azimuts que ceux de Dübendorf; ils sont donc également décalés de 45° par rapport à ceux de Cointrin.

A 1000 m, les régimes des vents à Bâle et à Zurich présentent passablement d'analogie entre eux; ils restent très différents de celui de Genève.

Analyse des vents à 1500 m.

A Genève, un grand changement est à signaler: les vents du SW sont aussi fréquents que ceux du NE; le matin, « les bises » sont encore les plus nombreuses, mais l'après-midi ce n'est déjà plus le cas.

Le matin, le régime des vents rappelle encore celui des étages inférieurs. C'est au printemps que les « bises » sont les plus répandues et en hiver qu'elles seraient les plus rares (il ne faut pas oublier qu'aucun sondage ne peut être fait si le brouillard règne ou si le plafond est trop bas), comme ce fut déjà constaté à 500 et à 1000 m.

En été, les vents du SW sont toujours plus fréquents que pendant les autres saisons.

Les courants du secteur E-SE sont moins rares, en particulier au printemps et en été, qu'à plus faible altitude.

L'après-midi, l'évolution continue; le maximum de fréquence des vents du NE cède non seulement le pas devant celui du SW,

mais il s'étale simultanément vers le N. Ce fait a deux causes: d'une part, au printemps, la fréquence des « bises » diminue beaucoup au cours de la journée; d'autre part, simultanément le nombre des vents du SW croît notablement.

Les vents du NW (Joran frontal), qui, à 500 et 1000 m sont peu fréquents (plus rares en été que pendant d'autres saisons), sont au contraire assez nombreux dès 1500 m.

L'hiver, l'absence absolue des courants du secteur E à SE l'après-midi, leur rareté le matin — de même que pendant le reste de l'année — semblent dues au phénomène de rétention exercé par le Jura sur les masses d'air situées entre 1000 et 1500 m; cette influence s'exerce également à des altitudes plus basses ou plus élevées, mais moins vigoureusement. De 500 à 1500 m environ, dans le secteur N à E, la fréquence saisonnière des courants conserve le même caractère; elle diminue du printemps à l'hiver.

Les vents du S — qui à des altitudes moindres sont très gênés par le Salève et le Jura — sont au printemps presque aussi nombreux que ceux du SW; il en est de même à plus haute altitude.

A 1500 m, l'influence du Jura diminue beaucoup; c'est la raison pour laquelle le caractère du régime des vents se rapproche de ceux de Dübendorf et de Birsfelden.

A *Zurich*, d'une manière générale, le régime des vents évolue peu de 1000 à 1500 m; le maximum des vents d'W est trois fois plus développé que celui des vents d'E. Les premiers sont toujours plus nombreux en été que pendant les autres saisons; c'est au printemps qu'ils seraient les moins fréquents, mais les précipitations, empêchant les sondages, en sont probablement partiellement responsables. Les vents d'E sont: les plus nombreux au printemps, les plus rares en hiver. Les courants du SE et SW sont moins fréquents le matin que l'après-midi.

En particulier le matin, les vents du S sont proportionnellement plus fréquents qu'à 1000 m. A part ce point, le régime des vents évolue peu au cours de la matinée.

Plus qu'à Genève, les divers vents semblent avoir un régime saisonnier.

A *Birsfelden*, la répartition de la fréquence des vents, matin

et après-midi, est très semblable à celle qui existe à 500 m. Les vents d'E sont plus fréquents l'après-midi que le matin; la raison pourrait être due au fait que, par les « bises, accompagnées de ciel nuageux ou couvert, la nébulosité se désagrège souvent vers midi. Les matins d'automne, la rareté des vents d'E paraît anormale. En été, les vents d'W sont plus fréquents que pendant le reste de l'année.

Analyse des vents à 2000 m.

A Genève, tant le matin que l'après-midi, le maximum des vents du SW l'emporte sur celui des vents du NE. Au printemps, ces derniers sont plus fréquents que pendant les autres saisons. En été, le nombre des courants du SW est presque aussi élevé que celui correspondant aux trois autres saisons. Les vents du secteur E à SE sont proportionnellement plus fréquents qu'aux altitudes inférieures; en hiver, ils sont cependant pour ainsi dire inexistant; c'est au printemps qu'ils sont le moins rares. Le courant du NW est proportionnellement plus fréquent qu'à 1500 m; il souffle surtout en été, tant le matin que l'après-midi. La rareté de ces vents à 500 et 1000 m semble bien être due à l'effet protecteur du Jura.

A Dübendorf, le maximum des vents d'E s'efface de plus en plus; en particulier en été et en automne, il a disparu; il subsiste encore faiblement en hiver et au printemps; pendant cette dernière saison il s'étale. Le matin, la répartition annuelle des vents est très semblable à celle qui existe à 1500 m. Les vents saisonniers les plus nombreux sont: ceux du S au printemps et ceux d'W en été.

L'après-midi, les vents du S et du SW sont notablement plus fréquents que le matin. Au printemps, en été et en hiver le maximum des vents d'W s'étale vers le SW. Au cours de cette dernière saison, celui d'E s'étend vers le NE. Plus qu'aux étages inférieurs, les régimes saisonniers des vents sont semblables.

A Birsfelden, comme à Cointrin et à Dübendorf, le maximum des vents d'E s'efface; par contre, celui des vents d'W se renforce. En outre, en particulier au printemps, le matin, les deux tendent à se déplacer: le premier vers le NE, le second

vers le SW. Le maximum d'E est pour ainsi dire inexistant les matins d'été et d'automne, de même que l'après-midi. Les vents d'W sont plus fréquents en été que pendant les autres saisons. En hiver, le matin, les vents d'E sont pratiquement aussi fréquents que ceux d'W ou du SW.

Analyse des vents à 3000 m.

A Genève, le maximum du NE s'est déplacé vers le N; le matin, il est plus développé que celui du SW. L'après-midi, c'est l'inverse. La fréquence des vents du NW a proportionnellement beaucoup augmenté, en particulier le matin. C'est en été que ces vents sont les plus fréquents; ceux d'E — et tout spécialement ceux du SE — sont assez rares, surtout en hiver. Au printemps, les vents du NE sont plus nombreux que pendant le reste de l'année.

A Dübendorf et à Bâle, la répartition de la fréquence des vents est presque identique; elle diffère en plusieurs points de celle de Cointrin: au maximum pointu du SW en Pays genevois correspond un large maximum d'W qui s'étale vers le SW; le maximum du N fait défaut en Suisse alémanique; par conséquent, il n'y existe plus qu'un minimum au SE; il est moins profond qu'en Pays romand.

Analyse des vents à 4000 m.

Sur tout le versant N des Alpes, la fréquence des vents ne présente plus qu'un maximum (secteur SW-NW-N) et qu'un minimum (secteur NE-S). Le régime annuel des vents est assez homogène à 4000 m sur le Jura et sur le Plateau suisse. Le maximum est plus développé — mais aussi plus étroit — à Zurich qu'ailleurs.

A Genève, grâce à l'augmentation de la fréquence des vents du NW et à la rotation des vents du NE vers le N, un large maximum s'étend du SW au NNE. Le régime de la fréquence des vents à Bâle se rapproche davantage de celui de Zurich que de celui de Genève.

Rien n'a encore été dit au sujet des « calmes ».

A 500 m, à Genève, grâce à la protection orographique qui s'étend sur un large secteur, ils sont très nombreux (environ

deux fois plus qu'à Bâle et qu'à Dübendorf). Ce qui étonne un peu c'est de constater qu'à Bâle, malgré la protection du Jura, des Vosges, etc., ils sont moins fréquents (environ 30%) qu'à Zurich.

A 1000 m, leur fréquence a diminué de moitié environ. C'est à Zurich, cette fois, qu'ils sont le moins nombreux.

A 1500 et 2000 m, ils sont pratiquement aussi fréquents à un endroit qu'à un autre. A 3000 et 4000 m, c'est à Genève qu'ils sont le plus rares. La diminution de fréquence des calmes entre 500 et 4000 m, exprimée en %, est la suivante:

Genève 98%;

Birsfelden et Dübendorf 93%.

Jusqu'à 2000 m, c'est en été que les calmes sont généralement le plus fréquents; à 3000 et 4000 m, c'est soit au printemps, soit en été.

En résumé, nous constatons que:

L'influence du relief altère plus ou moins profondément les courants aériens; cette influence diminue rapidement en fonction de l'altitude. Deux courants dominent le régime de nos vents:

Celui du SW-W domine à basse et à moyenne altitude en Suisse allemande (où celui de l'E disparaît dès 2000-3000 m);

Celui du NE — dont la fréquence maximale est située vers 1000 m — domine en Suisse romande en dessous de 2000 m; plus haut, il s'efface et tourne au N et se confond avec le maximum du SW qui s'est étalé vers le NNW.

Dès 4000 m, sur tout le versant N des Alpes, les vents du secteur SW-NW-NNE prédominent très nettement.

La fréquence des calmes, relativement grande au voisinage du sol — surtout à Cointrin —, diminue très rapidement dans les couches inférieures de l'atmosphère.

Jusqu'à 4000 m, les vents du SW sont régulièrement plus fréquents en été que pendant les autres saisons; cependant, à Bâle et à Genève, ceux du printemps sont également bien nombreux. Au cours de l'année, c'est au printemps que les bises prédominent (jusqu'à 2000 m à Genève, 3000 m à Zurich); à Bâle, cependant, elles soufflent toute l'année — à une altitude ou à une autre — mais aussi surtout au printemps. A plus de

3000 m, elles viennent davantage du N, en particulier au printemps et en été.

On peut être tenté de chercher à établir une relation entre les vents du Léman et ceux mesurés à Cointrin à 500 m d'altitude. En réalité, ces derniers sont ceux qui règnent dans la couche atmosphérique comprise entre 400 et 600 m.s.m.

Les calmes, très nombreux à Genève, correspondent probablement aux périodes de faibles brises de jour ou à celles de nuit, qui n'atteignent pas Cointrin.

Les vents du N ne peuvent être en aucun cas attribués au « Morget » ou au « Morgasson » puisque ces derniers soufflent au cours de la nuit entre le coucher et le lever du soleil; en outre, le « Morget » est un vent qui n'atteint pas la région de Cointrin. Ces vents du N ne peuvent également pas être attribués au Joran de beau temps, puisqu'ils furent généralement enregistrés les matins d'automne.

Les vents du NE ne sont pas autre chose que les bises bien connues dans le pays; au-dessus du sol, contrairement à ce que l'on constate à terre, elles sont plus fréquentes le matin que l'après-midi.

Les vents d'E paraissent pouvoir être attribués partiellement à la « bise noire » et, pendant la belle saison, partiellement au « Séchard »; il est évident que ces deux vents — venant de l'ENE — fournissent également un léger apport au courant du NE.

Aucun des vents d'E ne paraît pouvoir être attribué à la vaudaire dont la zone extrême d'action s'arrête à la hauteur de la pointe d'Yvoire et de Rolle.

Les rares vents du SE correspondent peut-être au « Mòlan », vent d'orage. La grande majorité des vents du S observés à Cointrin n'appartient pas au « Birran » puisqu'il souffle après le coucher du soleil, surtout en été, et qu'il n'atteint que rarement la rive N du lac. Le « Bornan », vent violent qui souffle de préférence l'hiver, a probablement été enregistré à quelques reprises à Cointrin; il n'est certes pas le seul vent du S qui ait influencé nos sondages. Le « Fraidieu », brise matinale ou vespérale, soufflant du S, a peut-être entraîné, en particulier en été, quelques-uns de nos ballons-pilotes.

Le courant du SW est dû au « Vent » qui nous apporte une forte nébulosité accompagnée de pluies et un air tempéré.

Les vents d'W, en particulier ceux de l'après-midi en été, semblent correspondre au « Vent blanc », les autres au « Bourguignon ».

Les vents peu nombreux du NW s'identifient au Joran frontal dont une étude détaillée paraîtra prochainement.

3. Bises et vents.

Avant de terminer cette analyse, je désire présenter quelques remarques qui permettront de comprendre pourquoi les bises sont plus fréquentes et les vents moins nombreux en Pays romand qu'en Suisse alémanique.

Portons notre attention sur le courant d'WNW à NNW qui balaye l'W de l'Europe et qui atteint la Suisse après le passage de la grande majorité des dépressions dont les trajectoires s'étendent d'W en E, au N de la ligne Bretagne-Danemark et au S du cercle polaire.

Avant d'envisager le côté météorologique de la question, il est utile de rappeler quelques notions orographiques concernant le Jura, les Vosges, la Forêt-Noire, les Alpes et le Lomont puis de styliser l'orientation de ces diverses chaînes.

Je reprends ces divers cas.

Le Jura, du Crêdo au Mont-Tendre, s'élève à 1600 m en moyenne; le point culminant est le Crêt-de-la-Neige (1725 m), à l'WNW de Genève. Au NE du Mont-Tendre, les sommets sont de moins en moins élevés; de larges échancrures les séparent. Le Jura prend de plus en plus le caractère de montagne tabulaire; il domine la plaine de:

1400-1200 m en Suisse romande;

1200-700 m dans la région du lac de Bienne;

700-500 m dans les cantons de Soleure et d'Argovie.

L'orientation générale du Jura est:

du S-N sur 30 km environ à l'W de Chancy (prolongement du Jura);

du SW-NE sur 150 km environ du Fort-de-l'Écluse
à la région de Soleure;

du WSW-ENE sur 80 km environ de Soleure à Brugg.

La configuration diffère d'une région à la suivante: au SW du Mont-Tendre, le Jura est formé de nombreux chaînons parallèles étroits et boisés; plus les chaînons sont situés au SE, plus ils sont élevés; le dernier domine le Plateau suisse; sa crête est en général déboisée, son flanc SE s'abaisse rapidement vers la Plaine.

Dans la région de Bienne à Brugg, le Jura est principalement constitué par de larges croupes ou des plateaux boisés, coupés de vallées longitudinales relativement peu développées.

La zone médiane, située entre le Mont-Tendre et la région de Bienne, présente des caractères intermédiaires.

Les monts du Lomont s'étendent vers l'W du Mont-Terri (près de Saint-Ursanne) jusqu'à Baume-les-Dames sur le Doubs; l'altitude de ce chaînon atteint 800 m et plus; il est coupé une seule fois par le passage étroit du Doubs à Pont-de-Roide.

Les Vosges sont orientées du S vers le N; elles sont aussi élevées que le Jura à l'E de la ligne Soleure-Delémont; leur extrémité méridionale est formée de larges croupes. Une large échancrure, de 50 km au moins, la sépare du Jura.

La Forêt Noire est parallèle aux Vosges; son altitude est un peu plus grande que celle du Jura bâlois et notablement plus élevée que celle du Jura argovien. Une coupure assez étroite, où coule le Rhin, les sépare du Jura.

Les Alpes forment un barrage important, qui bien souvent altère profondément l'écoulement des masses d'air qui déferlent contre elles (effets de rétention ou de foehn). Elles dominent le Plateau suisse de 2500 à 3500 m. Par courant du NW, si on se limite à analyser ses effets sur le versant N des Alpes, le détail de la configuration de celles-ci ne joue pas un rôle bien grand; il est cependant judicieux, pour notre analyse, de les diviser en trois tronçons dont les orientations sont:

du S au N de la Méditerranée à l'Isère;

du SSW au NNE de l'Isère aux Alpes vaudoises;

de l'W à l'E, à l'E des Alpes vaudoises.

Quelles seront les influences de ces diverses chaînes de montagnes sur les courants du NW ?

La branche occidentale du courant du NW — atteignant la Suisse — vient se heurter au Jura; ce dernier retient la majeure partie des basses masses d'air et contraint celles qui s'écoulent à l'W à obliquer vers le S. Il n'est pas possible de désigner un lieu géographique où cette déviation commence, car elle se déplace.

Elle dépend de la direction du courant général; si ce dernier vient de l'WNW, cette déviation a lieu dans la région du coude formé par les zones orientées S-N et SW-NE du Jura; si le courant tourne au NW, voire au NNW, cette déviation commence dans la région de Saint-Claude ou encore plus au NE sur territoire français; cette déviation est plus accusée au SW qu'au NE. Pour une situation donnée, elle varie progressivement d'un endroit à l'autre.

Ce courant dévié vers le S, puis renforcé à l'W du Jura, du Mont Vuache et du Salève, crée un léger appel d'air dans le Pays de Genève.

Les masses basses d'air qui heurtent le Jura et qui n'ont pas été déviées vers le S sont poussées par celles qui les suivent et contraintes de le franchir puis elles plongent quelque peu sur le Plateau et viennent heurter les Alpes; il en est de même pour les masses d'air de moyenne altitude dont les couches inférieures sont d'autant plus soulevées par les masses sous-jacentes qu'elles sont basses.

Toutes ces masses d'air viennent heurter plus ou moins obliquement les Alpes, qui les dévient également vers le S; la zone où cette déviation commence est mobile.

Ce courant général du N qui se développe à l'W du Jura et des Alpes est favorisé par la formation d'une dépression secondaire qui se creuse en Méditerranée, au large de la côte française, dès que les masses d'air froid atteignent la mer.

Les filets d'air situés le plus à l'W sont déviés sans grande peine. Les autres éprouvent une difficulté d'autant plus grande à passer qu'ils sont situés plus à l'E, car à leur droite la « route » est déjà barrée par d'autres filets qui se compriment mutuellement; une partie de ces derniers n'aura plus la possibilité de

s'écarter latéralement, ils seront contraints de chevaucher sur les autres, donc à s'élever malgré leur aversion pour tout changement d'altitude, forcément lié à un certain travail mécanique.

La branche orientale du courant du NW (atteignant la Suisse) franchit les Monts du Lomont, le Jura et les Vosges méridionales sans être autant altérée — puisque ces montagnes sont relativement peu élevées — que celle qui heurte le Jura en Suisse romande et qui déferle ensuite contre les Alpes. Les basses masses d'air s'engouffrent dans l'échancrure entre le Jura et les Vosges; l'orientation de ces montagnes et de la chaîne du Lomont les dévie vers l'E.

Les masses d'air situées à des niveaux plus élevés sont également déviées vers l'E pour les raisons suivantes:

La dépression qui provoque ce courant NW est plus proche; la circulation cyclonique de l'air lui obéirait mieux si le voisinage des Alpes ne la perturbait pas. A faible altitude, la chaîne alpine entravant l'arrivée de l'air dans le secteur SE-S-SW de la dépression, il en résulte un appel d'air plus intense dans le secteur SSW-WSW qui dévie le courant du NW vers l'E. La poussée des nouvelles masses d'air venant du NW déforme cette déviation, les filets d'air ne restent plus parallèles mais chevauchent les uns sur les autres, surtout le long du versant N des Alpes, et sont contraints de s'élever dans cette région.

La branche médiane du courant du NW atteint de front le Jura. Les masses basses d'air — ne pouvant s'échapper ni au SW, ni au NE à cause des branches latérales de ce courant — sont contraintes de le franchir et s'abaissent un peu en débouchant sur le Plateau suisse. Continuant leur course, elles viennent buter contre les Alpes — de même que les couches d'air plus élevées. La partie W de cette branche arrive souvent à être déviée vers le S; le reste est contraint, soit de franchir les Alpes en s'élevant, soit de se mélanger à la branche orientale, d'où il s'ensuit une élévation contrainte.

Sous l'effet des influences conjuguées de ces diverses chaînes de montagnes, le courant du NW est donc profondément déformé en dessus du Plateau suisse; il s'y divise en deux branches: une du N à NE en Suisse romande, l'autre de l'WNW

à SW en Suisse orientale; c'est dans la région de Soleure à Olten — suivant la direction du courant primitif — que cette division commence au sol. Dans un triangle, dont le sommet oscille entre ces deux localités, dont la base s'appuie aux Alpes et dont les côtés sont limités par les courants du NE et W-WNW, l'air est pratiquement calme au voisinage du sol.

Le courant du N-NE, s'écoulant dans un secteur de plus en plus étroit (à cause de la convergence des chaînes jurassienne et alpine en direction du SW), augmentera d'intensité de Suisse alémanique en direction de la Suisse romande; dans certains cas, ce courant étant très faible, le calme règne dans les régions des lacs de Neuchâtel et de Bienne tandis que la bise soufflera en Pays genevois. Outre cette influence, le large fleuve aérien du NW apporte, en franchissant les crêtes du Jura, de nouvelles masses d'air déviées vers le SW qui augmentent le débit de ce courant en Suisse romande.

Ces deux phénomènes sont responsables d'une fréquence des bises plus élevée en Pays romand.

La branche orientale du courant du NW, déviée vers l'E, est moins altérée et contribue à augmenter la fréquence des vents d'W en Suisse alémanique; du sol à moyenne altitude, ce courant est assez homogène.

Le courant du N-NE se présente en forme d'un dièdre aigu dont l'arête (située horizontalement) est en Suisse centrale et dont la base se trouve dans la région de Genève. Ce coin est surmonté de courants du secteur NNW à W.

L'étalement du courant du NW vers le S et vers l'E est souvent bien marqué sur les cartes météorologiques détaillées de Suisse dessinées dans nos centres de prévisions.

Les déviations que subit ce courant contribuent ainsi à différencier l'écoulement de l'air en Suisse romande de celui en Suisse alémanique.

Pour terminer, je désire dire encore quelques mots de l'effet du Jura sur la nébulosité et les précipitations par vent du NW.

Les masses d'air venant du NW qui affrontent le Jura au SW des Verrières sont contraintes à s'élever jusqu'à 1500, voire 1700 m. Elles sont le siège de condensations — si leur teneur en humidité relative est suffisante — provoquant des précipi-

tations qui atteignent et dépassent souvent les crêtes du Jura. Sur le versant suisse, ces masses d'air — étant ainsi quelque peu desséchées — se déversent sur le Plateau, tout en s'affaisant et se réchauffant adiabatiquement. En outre, grâce au fait que les masses d'air d'altitude moyenne peuvent s'étaler plus facilement, elles s'affaissent proportionnellement davantage que les masses inférieures. Le résultat de ces diverses actions est que les masses nuageuses se désagrègent, tout le long du versant SE du Jura. Cette dissolution peut aller si loin qu'un ruban de ciel bleu apparaît; les navigateurs du Léman lui donnent le nom de « faux clair ». Cette dissolution a la même origine mécanique que le fœhn. En avant de ce ruban bleu, le ciel est très nuageux à couvert, surtout près des Alpes, à 1000-1500 m.s.m.

Les masses d'air venant du NW qui franchissent le Jura dans la région Weissenstein-Vosges-Forêt-Noire ne sont pas contraintes de s'élever beaucoup; elles perdront donc moins d'humidité par suite de précipitations et se réchaufferont moins en débouchant sur le Plateau suisse; le ruban de ciel bleu n'est plus visible. Ces masses d'air seront donc plus humides lorsqu'elles viendront heurter contre les Alpes; la condensation commencera par conséquence à des altitudes plus faibles, les nuages se formeront plus bas.

Les masses d'air de la branche médiane du courant du NW, après avoir franchi le Jura (en provoquant des pluies sur le versant français et en se desséchant quelque peu par effet fœhnique au-dessus de la vallée de l'Aar), sont contraintes de s'écouler par-dessus les Alpes; la condensation débutera plus bas qu'en Suisse romande et plus haut qu'à l'E du Pays. Ce phénomène de rétention est lié bien souvent à des pluies persistantes sur le flanc N des Alpes et à des nuages bien bas; il est souvent bien marqué à l'E de la région de Fribourg-Berne et s'étend jusqu'en Bavière; en altitude, les masses nuageuses peuvent s'élever à un tel niveau que tous les sommets alpins sont dans les nuages.
