TEMPS ET CLIMAT

Notices complémentaires par EUGÈNE LAHR

SOMMAIRE

Origines de la climatologie
Moyens nouveaux de la météorologie
Variations du climat
Contingences et corrélations
Application des règles de Baur
Bioclimatologie, climatologie médicale
Temps et santé, fronts, agriculture et constructions
Mesure du rayonnement solaire
Evapotranspiration
Prévisions du temps à longue échéance
Veille météorologique mondiale
Notre climat
Relevé climatologique 1961—65 et commentaires

ORIGINES DE LA CLIMATOLOGIE

Dans un domaine scientifique, dont l'instrument de base est le fonctionnement régulier d'un réseau de stations d'observations et dont le travail est organisé, tant sur le plan national que sur le plan international, il est malaisé de faire la part qui revient à chaque chercheur des idées et des découvertes. Il en est autant de la climatologie dont il est difficile de rendre à chaque pays, en vérité et en équité, la contribution qu'on lui doit.

La connaissance du climat d'un pays évolue en même temps que se multiplient ses données de base. En revoyant le passé, on ne peut qu'admirer les efforts réalisés par les pionniers de la climatologie. L'époque de Galilée y fut extrêmement fructueuse. L'invention des appareils de mesure des éléments du temps coïncide avec l'origine de l'idée de comparer les valeurs observées aux mêmes heures à des stations éloignées les unes des autres. Ainsi fut mis sur pied un réseau météorologique européen qui marqua le point de départ des

études climatologiques futures. Dans ce but, Léopold de Toscane fonda, en 1657, la « Accademia del Cimento » et fit distribuer, à partir de Florence, des instruments semblables et étalonnés pour la mesure de la température, de la pression et de l'humidité de l'air à des heures convenues de la journée. Vers 1775, Lavoisier en fit de même en France, et vers la fin du XVIII^{e} siècle, sous l'égide du prince-électeur Karl Theodor du Palatinat, la « Societas Meteorologica Palatina » entretint, à Mannheim, un ensemble de 39 stations européennes et extra-européennes dans lesquelles on fit observer, aux heures 0700, 1400 et 2100 de la journée, les indications des appareils de mesure de la température, de la pression et de l'humidité, en y ajoutant l'observation visuelle de l'aspect du ciel et la tendance générale du temps. Les heures d'observations précitées furent reconnues universellement comme les meilleures et sont entrées dans la littérature météorologique sous la désignation d'heures de Mannheim.

La fondation des instituts météorologiques fut réservée au XIX^{e} siècle. L'un des climatologistes les plus actifs de cette époque, qui traça le sillon que devaient suivre ses successeurs, fut Alexander von Humboldt. Ce savant publia, le premier, un travail d'ensemble, tablant sur les données météorologiques disponibles et intitulé: Sur les isothermes et la répartition de la chaleur à la surface de la terre (1817). Les idées de Parménidès d'Eléa qui, dès l'Antiquité, avait pressenti l'existence, autour du globe terrestre, de cinq zones climatiques, celles d'Albert le Grand qui avait commenté les écrits d'Aristote et celles de William Merle, qui, à toutes fins utiles, avait dressé, de 1337 à 1344, le premier journal du temps, trouvèrent ainsi une belle confirmation dans l'étude systématique de l'atmosphère.

A l'origine, la climatologie était appelée à élargir les connaissances en géographie. Le développement inattendu de l'aviation internationale, dès l'avènement du XX^{e} siècle, obligea les savants à étudier, par les moyens les plus divers, les couches d'air entourant le globe terrestre et à avancer leurs investigations dans la stratosphère, afin de se familiariser avec les lieux de parcours favoris des aéronefs. Une nouvelle branche de la Météorologie vit le jour. Ce fut l'Aérologie ou l'étude des

couches supérieures de l'atmosphère que les météorographes et les radiosondes continuent à explorer, toutes les six heures, dans l'intention de maintenir, en permanence, le contrôle de l'aspect et du comportement de l'air dans les régions supérieures. Il semble se confirmer, par surcroît, que l'exploration continue des hauts lieux va nous permettre, à brève échéance, de tenir en main la clé secrète du mécanisme duquel sont actionnées les variations multiples et combien capricieuses du temps à la surface du globe.

MOYENS NOUVEAUX DE LA MÉTÉOROLOGIE

Depuis vingt ans, la météorologie a connu une progression extrêmement rapide des moyens techniques destinés à lui assurer les données expérimentales nécessaires à la connaissance de l'état de l'atmosphère à un moment donné. Alors qu'il y a moins d'un siècle, cette science ne reposait guère que sur les observations visuelles, effectuées dans un nombre restreint de stations, des enregistreurs de toute espèce sont venus s'ajouter aux instruments classiques de mesure, tandis que le radar, le satellite, la fusée et le calculateur électronique concourent à des titres divers au développement, en élargissant de façon spectaculaire l'horizon des météorologistes. Ceux-ci sont même d'avis que l'utilisation des moyens nouveaux constitue nullement une fin, mais plutôt une étape et même un point de départ. L'observation de l'état du ciel, notamment des nuages et des précipitations, est l'une des missions importantes de la météorologie. La photographie, le radiosondage et les mesures télémétriques ont successivement apporté à l'observateur les moyens de préciser et de compléter ce que l'œil humain ne pouvait, de lui-même, percevoir, mais c'est le radar et les satellites météorologiques qui constituent actuellement les appareils capables de pousser, au-delà de la couverture des nuages, les investigations indispensables à la connaissance du milieu aérien.

Le principe du *radar panoramique* repose sur la remarque suivante. Tout nuage, étant composé d'un ensemble de gouttelettes d'eau en suspension, renvoie, en réflexion diffuse, une onde électromagnétique incidente, donne donc un écho-radar.

La puissance de cet écho varie en fonction de la grosseur des gouttelettes et de la fréquence utilisée. Les nuages qui donnent des précipitations sont disposés en couches horizontales comme les stratus (pluies) ou en couches verticales comme les cumulonimbus (averses). En considérant certains phénomènes de coalescence, les gouttelettes s'associent en gouttes plus grosses que peut détecter la bande des ondes centrimétriques. L'aérien parabolique des radars de précipitations ou radars panoramiques, opérant sur 3 cm de longueur d'onde, explore le ciel dans les différents azimuts, en pivotant sur un axe vertical; l'image apparaît sur un écran cathodique à rémanence exagérée pour pouvoir tracer une véritable carte des précipitations sur une zone à cercle de quelque 200 km de rayon. La brillance de l'écho est liée à l'intensité des précipitations, ce qui permet de dépister la nature des nuages pluvieux (brume, pluie, averse, orage), sources de dangers sérieux pour l'aéronautique et l'agriculture.

L'exploration de l'atmosphère, suivant un plan vertical, permet de connaître la structure interne des nuages et d'obtenir l'altitude des nuages précipitants, à partir du sîte et de la distance mesurée, et de localiser ainsi les phénomènes orageux. En détectant, par cette méthode, les précipitations venues des hautes altitudes où l'élément glace prédomine et en tâtonnant ainsi les différentes hauteurs, on a le moyen d'apprendre et de situer exactement l'endroit où se fait l'inversion des températures positives aux températures négatives, ce qui constitue un moyen indirect de mesure de l'altitude de l'isotherme zéro degré, c'est-à-dire du niveau de givrage, si important pour l'aéronautique.

Le radar est encore employé dans la *mesure du vent*. En repérant la dérive horizontale d'un ballon lancé dans l'atmosphère, cette dérive, prise pendant l'intervalle du temps unité, représente en direction et force le vecteur-vent cherché, à l'altitude moyenne du ballon. Le repérage du ballon, par trois coordonnées d'espace, s'est longtemps effectué par les seuls moyens optiques (théodolite). Limité par la visibilité oblique, en présence de nuages, on a eu recours au radiothéodolite qui permet de goniométrer la direction du ballon à partir de l'émission de la radiosonde emportée. Encore faut-il, dans ce cas,

calculer la troisième coordonnée linéaire d'espace en intégrant, suivant la loi de Laplace, les indications (pression, température, humidité) de la sonde. L'introduction prochaine du phénomène de résonance électromagnétique (dipoles de fil métallique très fin accordés sur la demi-longueur d'onde du radar) et de l'électronique quantique (masers et lasers) élargiront, de façon spectaculaire, l'horizon des météorologistes.

Les résultats excellents, obtenus dans la mesure des rayonnements issus de l'atmosphère, par les *satellites artificiels* des séries Vanguard, Explorer, Tiros et Essa conduisent aujourd'hui à la mise sur pied d'un système opérationnel international. Alors que Vanguard et Explorer ont fonctionné comme satellites d'essai, destinés à préparer la voie et à mettre à l'épreuve l'ensemble des dispositifs de mesure, Tiros (*T*elevision *I*nfra-*R*ed *O*bservation *S*atellite) a été mis sur une orbite terrestre, le 1er avril 1960, dans l'intention d'observer les phénomènes du temps d'une manière continue à l'échelle mondiale. Lâché au moyen d'une fusée Thor-Able, Tiros est un satellite témoin destiné à regarder la planète Terre, en photographiant la portion vue, avec ou sans nuages, et en mesurant les quantités de rayonnement issues de la Terre et de l'Atmosphère.

Tiros se présente sous forme d'un cylindre de 1 m de diamètre environ pour 50 cm de hauteur, pesant 130 kg en état de marche. Les surfaces latérale et supérieure de ce cylindre sont recouvertes de plus de 9000 cellules solaires, assurant une puissance de l'ordre de quelques dizaines de watts. Des batteries au cadmium-nickel complètent cet équipement. L'appareillage comporte six radiomètres et deux caméras de télévision, avec dispositifs associés d'enregistrement sur bande magnétique, des émetteurs de télémesure et un émetteur balise.

Les photographies, prises par Tiros, montrant l'atmosphère vue d'en haut et les masses nuageuses existantes, sont transmises, sous le nom de nephanalyses, aux centres météorologiques du monde, où elles complètent les sources d'information classiques. Les grandes masses nuageuses, associées aux tracés frontologiques, s'inscrivent sur la photographie et confirment expérimentalement les considérations abstraites de l'Ecole Norvégienne (frontologie) et de l'Ecole Française (systèmes nua-

geux). En outre, les clichés de Tiros révèlent des structures convectives et repèrent des cyclones tropicaux, au premier stade de leur développement, de manière que l'alerte puisse être donnée en temps utile. Attendu l'importance des dégâts provoqués par les cyclones et les pertes toujours possibles en vies humaines, un pareil système de protection se justifie amplement.

De plus, les mesures globales des rayonnements en provenance du système Terre-Atmosphère (rayonnement d'albédo et rayonnement thermique proprement dit) permettent d'accéder au bilan radiatif de l'atmosphère, indispensable pour la connaissance de la circulation atmosphérique. Des mesures dans les bandes de longueurs d'onde sélectionnées mènent à la connaissance indirecte de l'altitude des nuages, par un procédé compliqué où intervient la loi de Planck.

La section Espace de la Météorologie Nationale de France a installé, en 1963, un ensemble permettant de recevoir directement les images de la couverture nuageuse transmises par les satellites Tiros, puis Nimbus, lorsque ceux-ci passent à portée radioélectrique de la station. De la sorte, le Centre d'Etudes Météorologiques Spatiales, fonctionnant à Lannion (Côtes-du-Nord) a pu, dès le début des émissions à destination de l'Europe (16 décembre 1963), capter, dans d'excellentes conditions, les images transmises par Tiros 8, et le 30 août 1964, les premières images transmises par Nimbus A, au-dessus de l'Europe.

Le 4 février 1966 fut mis sur orbite le premier satellite météorologique de la série Essa (*E*nvironmental *S*cience *S*ervice *A*dministration) auquel succéda Essa II, le 28 février 1966. Les satellites Essa ont pour mission de prendre des images du globe terrestre, même pendant la nuit. Ils ne touchent pourtant pas les régions polaires, dont se chargeront les satellites du type Nimbus. Essa I transmet ses images emmagasinées sur demande, tandis que les satellites futurs les enverront automatiquement afin que chaque station bien équipée puisse les recevoir. La surface toutefois balayée par Essa sera de 3200 km de long sur 1300 km de large. En dehors des photographies de nuages et de l'enregistrement du rayonnement de la Terre et de l'Atmosphère, Essa aura d'autres investigations à faire. Il est appelé à éclaircir le problème des radia-

tions solaires et des variations de leur intensité dans les bandes visibles et ultraviolettes dont une partie est absorbée à l'altitude de 45 à 50 km par la couche d'ozone y présente. Si des variations d'intensité des radiations ultraviolettes y existent, la question se pose si elles sont à mettre en parallèle avec le cycle undécennal des taches solaires, quelles conséquences sont à attendre pour les variations de la température dans les couches supérieures de l'ozone et conjointement pour la formation et la désagrégation, respectivement la trajectoire des cyclones.

La NASA semble même envisager la mise sur orbite d'un satellite doté d'un computeur électronique minuscule capable d'enregistrer les données reçues par des fusées et utilisées sur place à l'intention d'en faire des prévisions météorologiques récentes pour le territoire survolé.

Au-delà de 40 km d'altitude, les ballons dilatables ne peuvent plus servir et l'exploration de la haute atmosphère impose la mise en œuvre de véhicules nouveaux du type fusées-sondes. La *fusée-sonde météorologique* est donc conçue pour atteindre des altitudes maximales comprises entre 50 et 100 km d'altitude, avec une charge utile de l'ordre de quelques kilogrammes. Le corps de la fusée, cylindre de grand allongement en alliage léger, comporte en ogive le coffret d'instruments. La stabilisation du système est assurée par des ailettes de queue. La propulsion des fusées est réalisée par des poudres composites, à base de perchlorates, enrobées dans un liant plastique. Leur combustion frontale s'effectue en une fraction de minute et la vitesse atteinte est sensiblement supérieure au kilomètre par seconde.

Les fusées-sondes météorologiques mesurent, à haute altitude, avant tout la pression, la température et le vecteur-vent. La pression est décelée au moyen d'un appareillage qui repose sur la mesure d'un courant d'ionisation, en fonction de la pression ambiante; la température est déterminée par la mesure des variations de résistivité d'un fil métallique fin et le vent par détermination, à l'aide d'un radar, de la dérive d'un élément matériel réflecteur à vitesse de chute ralentie, éjecté par la fusée au point culminant de sa trajectoire. Il peut être soit un parachute métallisé, soit un nuage de dipoles métalliques

accordés sur la demi-longueur d'onde du radar. Ces sondages stratosphériques, à l'aide de dipoles réflecteurs, ont permis la mise en évidence de la turbulence et de la structure feuilletée de l'atmosphère à ces niveaux.

L'ordinateur électronique s'est révélé comme un outil puissant dans l'analyse météorologique. Le calcul de l'évolution de l'atmosphère est l'un des problèmes fondamentaux de la météorologie. L'état de l'atmosphère peut être défini par les champs de 5 variables scalaires: pression, température et trois composantes du vent, prises dans tout l'espace atmosphérique. En considérant un champ-pilote, l'équation d'évolution de ce champ se présente sous la forme d'une équation aux dérivées partielles. Pour les études d'évolution des champs atmosphériques, l'ordinateur ou computeur électronique est mis en jeu. Son travail rapide écourte les études d'analyse et de prévision et est en même temps une aide précieuse dans la statistique climatologique.

VARIATIONS DU CLIMAT

En parcourant, une à une, les nombreuses publications sur les causes des fluctuations climatiques, on reste confus devant la multiplicité des idées et le désarroi des méthodes employées pour les expliquer. D'aucuns sont d'avis qu'il est de toute évidence d'invoquer d'abord les pressions atmosphériques à l'échelle mondiale, d'autres les changements continentaux ou régionaux des températures, d'autres encore croient devoir s'attacher plus spécialement à la variabilité de la pluviosité et rassemblent un nombre extraordinaire de données numériques pour appuyer leurs hypothèses. Dans la tâche immense qui attend les savants, il semble bien qu'on se trouve au début et que les lacunes du savoir doivent être comblées avant qu'une théorie raisonnable des variations du climat ne puisse donner satisfaction.

Des variations du climat se sont produites et se produisent encore à toutes les échelles du temps, depuis la variation diurne jusqu'aux variations des périodes géologiques, en passant par les variations saisonnières, annuelles, tricennales, séculaires et millénaires. Alors qu'on a voulu considérer,

comme pratiquement établie, la période undécennale, d'environ 11,5 ans, oscillant pourtant entre 8 et 15 ans, rattachée au cycle des taches solaires et celle de Brückner de 35 ans, variant effectivement entre 30 et 40 ans, le manque de régularité de ces périodes ne permet de prévoir, ni l'évolution probable du temps, ni la périodicité des températures, ni la relation entre les fluctuations de certains éléments climatologiques et la périodicité undécennale des taches solaires.

Il semble d'ailleurs inutile d'attribuer une trop grande importance à la conception brucknérienne. Franz Baur, le père de la Météorologie sur grande échelle, la rejette et y voit une irréalité et un simple espacement moyen entre deux extrêmes de valeurs météorologiques. Baur a pourtant réussi à faire un pas en avant en analysant la position des saisons par rapport à l'échéance des minima et des maxima des taches solaires. Il a pu réaliser des prévisions du temps à longue échéance en tablant sur la circulation atmosphérique générale, c'est-à-dire l'échange des masses d'air entre la région équatoriale et les régions polaires, l'influence du rayonnement ultraviolet et de la couche d'ozone existant dans la haute atmosphère. Les Américains espèrent se rapprocher, à leur tour, de la solution du problème en faisant intervenir, dans leurs calculs, l'usage d'un modèle simplifié de l'atmosphère.

De toute façon, il existe un grand nombre de possibilités d'interprétation des fluctuations climatiques, mais il serait prématuré de vouloir opter pour l'une ou pour l'autre, à une époque où l'on commence seulement à voir clair dans les corrélations significatives entre l'activité solaire et le mécanisme de la circulation générale.

Dans une publication récente, Hans von Rudloff expose « Les oscillations du climat en Europe depuis le début des observations instrumentales ». Il aborde le problème des variations climatiques séculaires en tablant sur les données d'observation d'un très grand nombre de stations de l'Europe. L'auteur dispose ainsi d'un matériel de base très vaste duquel il déduit les idées suivantes :

L'événement le plus remarquable de la variation du climat de notre siècle a été le réchauffement des régions polaires entre 1920 et 1940. La hausse générale des températures moyennes a favorisé le recul des glaciers polaires et semble avoir été responsable de plusieurs inondations catastrophiques (ras de marées, submersions etc.). Le seuil du

XX^{e} siècle, à partir de 1897, est marqué par une longue période d'hivers doux, d'étés chauds et de précipitations abondantes, d'une extension et d'une durée jusqu'alors inconnues, qui ont favorisé l'avance de la végétation printanière et le retardement de l'hivernation. Toute variation climatique semble être précédée d'une diminution du niveau de la pression atmosphérique et d'une déviation du sens de la circulation générale liée à une modification de l'activité solaire. L'optimum climatique, qui se situe autour de 1947, serait donc dépassé et l'évolution future tendrait imperceptiblement vers une normalisation. Ainsi, toutes les variations climatiques vécues durant le siècle courant, ne seraient donc, en somme, que des oscillations autour d'une valeur normale séculaire.

CONTINGENCES ET CORRÉLATIONS

Lorsqu'on étudie un ensemble d'observations par rapport à deux caractères associés, on peut rechercher si la présence de l'un exerce, ou n'exerce pas, une influence sur la présence de l'autre. Dans le cas de caractères qualitatifs on parlera de contingence, dans le cas de caractères quantitatifs ou mesurables on parlera de corrélation. Celle-ci peut être de nature assez labile, présumée ou stochastique; elle est fonctionnelle dans le cas d'une liaison rigide: ce qui est rare en météorologie.

Les éléments du temps sont étroitement liés les uns aux autres et découlent, en finale, des fluctuations du rayonnement solaire. Rien de plus naturel que de recourir aux activités périodiques du soleil et d'essayer de faire concorder les séries séculaires des valeurs observées. Une somme de travail inouïe a été consacrée à cet effet, gaspillée à vrai dire, et l'auteur de cette étude en a fait de même pour mettre en évidence des relations dans les séries luxembourgeoises. Mais en dépit de l'effort considérable et de l'idée extrêmement passionnante, le résultat a été très médiocre, parce que les périodicités des facteurs climatiques, concordant pendant un certain temps pour se disloquer ensuite, ne sont nullement persistantes.

Tel a été le cas pour les périodes undécennales, de 11,5 ans des taches solaires, pour les périodes de 16 ans de Wagner et de 35 ans (Brückner) des variations annuelles de la température. Les relations trouvées par Köppen, entre les cycles des taches solaires et les températures de la région équatoriale n'étant pas sures non plus, toute cette méthode semble être

vouée à l'échec. Baur a réussi à établir des principes plus précis en considérant la position d'une saison par rapport à l'échéance des minima et des maxima des taches solaires. Pour cet auteur, le temps n'a pas de période undécennale, mais accuse, dans le cycle des taches solaires, une variation double, triple ou même quadruple. De pareilles considérations, Baur déduit les règles suivantes:

1) Les étés qui précèdent de deux années un minimum de taches solaires sont, en général, trop secs en Europe Centrale.
2) Les étés qui précèdent de deux années un maximum de taches solaires sont plus secs que normalement.
3) Les étés qui suivent de deux années un maximum de taches solaires sont ordinairement très secs.
4) Les étés pluvieux se localisent, de préférence, dans l'entourage des extrêmes des taches solaires.
5) Les hivers rigoureux avoisinent, dans la plupart des cas, les années des extrêmes des taches solaires.

APPLICATION DES RÈGLES DE BAUR

Sans perdre son temps dans des développements théoriques pour voir s'il existe une contingence ou une corrélation entre les étés secs ou les hivers rigoureux des séries luxembourgeoises et les minima ou les maxima des taches solaires, il vaut mieux comparer les données disponibles et en tirer les conclusions. Il importe toutefois de retenir que le Grand-Duché de Luxembourg, faisant partie de l'Europe Occidentale et de ce fait soumis à l'influence de la mousson d'été qui se fait sentir de préférence au mois d'août pour en gâter souvent les beaux jours, sort parfois du cadre de la règle générale et tend à fausser les principes établis.

Les tableaux qui suivent renseignent:

1) sur les pluies excédentaires et déficitaires pendant l'été. Les données sont celles de Luxembourg-Ville de 1841 à 1967. Comme mois d'été nous avons calculé aussi bien la période de mai à juillet que celle de juin à août, pour mettre en évidence des corrélations éventuelles. La quantité normale,

pour les pluies d'été, a été fixé à 195 mm. Les valeurs qui dépassent cette normale indiquent des étés plutôt humides et pluvieux, les valeurs qui ne l'atteignent pas marquent donc des étés secs. Les différences excédentaires ou déficitaires ont été indiquées par leurs valeurs positives ou négatives;

2) sur les années à températures minima inférieures à —15°, qui caractérisent les hivers rigoureux;

3) sur les années des extrêmes des taches solaires et sur leur position vis-à-vis des étés et des hivers rigoureux, conformément aux règles de Baur. La justesse ou la déconvenue de ces règles pourra être appréciée par le lecteur.

Pluies excédentaires et déficitaires pendant l'été

Q = quantités enregistrées. Σ = ± 195,0 mm de pluie.
Station : Luxembourg-ville.

Années	Mai à Juillet		Juin à Août		Années	Mai à Juillet		Juin à Août	
	Q	Σ	Q	Σ		Q	Σ	Q	Σ
1841	228,1	33,1	276,8	81,8	1871	210,9	15.9	252,1	57,1
1842	—	—	—	—	1872	158,0	—37,0	168,5	—26,5
1843	—	—	—	—	1873	136,5	—58,5	129,0	—66,0
1844	—	—	—	—	1874	177,3	—17,7	154,2	—40,8
1845	—	—	—	—	1875	219,3	24,3	196,4	1,4
1846	—	—	—	—	1876	135,3	—59,7	155,1	—39,9
1847	—	—	—	—	1877	158,2	—36,8	147,2	—47,8
1848	—	—	—	—	1878	170,8	—24,2	242,7	47,7
1849	—	—	—	—	1879	255,6	60,6	273,2	78,2
1850	—	—	—	—	1880	111,1	—83,9	116,8	—78,2
1851	—	—	—	—	1881	42,8	—152,2	59,6	—135,4
1852	—	—	—	—	1882	224,1	29,1	300,2	105,2
1853	—	—	—	—	1883	163,6	—31,4	169,7	—25,3
1854	274,5	79,5	260,2	65,2	1884	102,4	—92,6	94,8	—100,2
1855	207,2	12,2	263,4	68,4	1885	125,5	—69,5	103,2	—91,8
1856	293,8	98,8	248,5	58,5	1886	152,0	—43,0	123,6	—71,4
1857	157,5	—37,5	95,1	—99,9	1887	94,7	—100,3	71,7	—123,3
1858	135,7	—59,3	144,6	—50,4	1888	172,9	—22,1	195,5	0,5
1859	210,6	15,6	129,6	—65,4	1889	183,5	—11,5	186,7	—8,3
1860	208,1	13,1	241,1	46,1	1890	142,1	—52,9	209,6	14,6
1861	242,6	47,6	214,8	19,8	1891	320,7	125,7	286,7	91,7
1862	265,2	70,2	261,5	66,5	1892	100,4	—94,6	101,9	—93,1
1863	129,0	—66,0	136,8	—58,2	1893	118,9	—76,1	127,1	—67,9
1864	168,1	—26,9	259,6	64,6	1894	181,9	—13,1	162,6	—32,4
1865	262,0	67,0	171,7	—23,3	1895	231,9	36,9	234,8	39,8
1866	252,3	57,3	327,0	132,0	1896	248,8	53,8	323,1	128,1
1867	210,9	15,9	226,8	31,8	1897	252,8	57,8	286,9	91,9
1868	156,6	—38,4	134,5	—60,5	1898	246,0	51,0	178,6	—16,4
1869	155,5	—39,5	49,6	—145,4	1899	187,1	—7,9	159,5	—35,5
1870	49,8	—145,2	107,2	—87,8	1900	257,5	62,5	248,8	53,8
Moy. de 30 ans	200,4		197,1		Moy. de 30 ans	176,1		182,0	

Pluies excédentaires et déficitaires pendant l'été (suite)

Q = quantités enregistrées. Σ = ± 195,0 mm de pluie.
Station : Luxembourg-ville.

Années	Mai à Juillet		Juin à Août		Années	Mai à Juillet		Juin à Août	
	Q	Σ	Q	Σ		Q	Σ	Q	Σ
1901	196,7	1,7	229,9	34,9	1931	241,2	46,2	362,5	167,5
1902	238,0	43,0	257,5	62,5	1932	202,5	7,5	191,1	—3,9
1903	274,6	79,6	347,5	152,5	1933	252,1	57,1	123,4	—71,6
1904	224,0	29,0	185,5	—9,5	1934	141,3	—53,7	170,6	—24,4
1905	192,5	—2,5	254,5	59,5	1935	215,3	20,3	199,7	4,7
1906	224,5	29,5	214,0	19,0	1936	210,3	15,3	295,7	100,7
1907	205,0	10,0	181,8	—13,2	1937	122,7	—72,3	96,8	—98,2
1908	281,4	86,4	294,4	99,4	1938	183,7	—11,3	215,0	20,0
1909	255,0	60,0	261,3	66,3	1939	144,5	—50,5	172,3	—22,7
1910	289,1	44,1	288,2	93,2	1940	215,4	20,4	234,8	39,8
1911	136,7	—58,3	154,8	—40,2	1941	189,1	—5,9	241,1	46,1
1912	137,6	—57,4	201,6	6,6	1942	247,1	52,1	175,6	—19,4
1913	230,8	35,8	130,7	—64,3	1943	156,1	—38,9	193,8	—1,2
1914	274,7	79,7	251,5	56,5	1944	155,8	—39,2	186,9	—8,1
1915	139,2	—55,8	165,0	—60,0	1945	155,4	—39,6	139,4	—55,6
1916	246,5	51,5	261,2	66,2	1946	209,4	14,4	209,0	14,0
1917	237,8	42,8	299,1	104,1	1947	171,9	—23,1	140,6	—54,4
1918	138,9	—56,1	151,5	—43,5	1948	200,4	5,4	280,1	85,1
1919	133,2	—61,8	152,4	—42,6	1949	108,3	—86,7	159,2	—35,8
1920	158,8	—36,2	143,7	—51,3	1950	203,3	8,3	213,2	18,2
1921	82,3	—112,7	93,9	—101,1	1951	167,5	—27,5	201,2	6,2
1922	248,5	53,5	293,2	98,2	1952	126,3	—68,7	159,4	—35,6
1923	238,0	43,0	188,5	—6,5	1953	228,4	33,4	239,2	44,2
1924	281,0	86,0	234,2	39,2	1954	162,7	—32,3	264,8	69,8
1925	208,8	13,8	238,5	43,5	1955	191,3	—3,7	121,9	—73,1
1926	295,5	100,5	191,2	—3,8	1956	310,4	115,4	269,6	74,6
1927	173,4	—21,6	288,2	93,2	1957	199,9	4,9	216,3	21,3
1928	139,8	—55,2	150,2	—44,8	1958	259,3	64,3	264,5	69,5
1929	188,5	—6,5	139,5	—55,5	1959	136,4	—58,6	143,4	—51,6
1930	324,6	129,6	305,5	110,5	1960	158,9	—38,1	242,9	47,9
Moy. de 30 ans	213,2		248,3		Moy. de 30 ans	188,9		204,1	

Pluies excédentaires et déficitaires pendant l'été (suite)

Q = quantités enregistrées. Σ = ± 195,0 mm de pluie.
Station : Luxembourg-ville.

Années	Mai à Juillet		Juin à Août		Années	Mai à Juillet		Juin à Août	
	Q	Σ	Q	Σ		Q	Σ	Q	Σ
1961	253,5	58,5	230,3	35,3	1966	253,9	63,9	227,7	32,7
1962	104,1	—90,9	92,9	—102,1	1967	194,4	—0,6	191,4	—3,6
1963	117,5	—77,5	172,0	—23,0	1968	199,1	4,1	294,4	99,4
1964	61,0	—134,0	103,0	—92,0					
1965	207,2	12,2	222,4	27,4					

Températures minima d'hiver ég. ou infér. à —15° C

Les années à températures minima inférieures à —15° C caractérisent les hivers rigoureux. En voici la liste de la période de 1840 à 1968. Les données sont celles enregistrées à la station météorologique de Luxembourg-ville.

Années	Tempér. minima ég. ou infér. à —15°C	Années	Tempér. minima ég. ou infér. à —15°C
1840	—15,0	1905	—16,4
1845	—17,8	1907	—18,3
1847	—16,3	1908	—16,0
1859	—16,0	1909	—16,0
1871	—18,5	1912	—15,0
1879	—22,0	1917	—19,7
1880	—16,0	1925	—16,5
1881	—17,0	1927	—15,2
1888	—21,5	1931	—16,0
1891	—15,0	1938	—19,4
1893	—16,5	1939	—18,2
1894	—15,0	1940	—23,1
1895	—18,0	1941	—15,0
		1942	—21,6
		1945	—18,9
		1946	—15,2
		1947	—16,0
		1954	—16,5
		1956	—19,6
		1960	—15,0
		1968	—18,5

Compte tenu des valeurs obtenues pour les pluies des mois d'été, caractérisant les étés secs et des températures minima d'hivers rigoureux, le tableau suivant est une belle confirmation des règles de Baur.

Extrêmes des taches solaires mesurées en nombre de Wolf-Wolfer		Étés secs précédant de 2 années les minima des taches solaires	Étés secs précédant de 2 années les maxima des taches solaires	Étés secs suivant de 2 années les maxima des taches solaires	Étés pluvieux avoisinant les extrêmes des taches solaires	Hivers rigoureux avoisinant les extrêmes des taches solaires. Tempér. min. $< -15°$
Années des minima	Années des maxima					
1843	—	—	—	—	—	1845
—	1848	—	—	—	—	—
1856	—	—	—	—	1854, 1855	—
—	1860	—	1858	—	1861	1859
1867	—	1865	—	—	1866	—
—	1870	—	1868	1872	—	1871
1878	—	1876	—	—	—	1879, 1880, 1881
—	1883	—	1881	1885	1882	—
1889	—	1887	—	—	1888, 1889, 1890	1881, 1891
—	1893	—	—	—	—	1893, 1894, 1895
1901	—	1899	—	—	1903	—
—	1905	—	—	1907	—	1905
1913	—	1911	—	—	1912/14	1907, 1908, 1909
—	1917	—	1915	1919	1917	1917
1923	—	1921	—	—	1924	1925
—	1928	—	—	—	1927	1927
1933	—	—	—	—	—	—
—	1937	—	—	1939	—	1938, 1939, 1940
1944	—	1942	—	—	—	1942
—	1947	—	1945	1949	1948	1945, 1946, 1947
1954	—	1952	—	—	1954	1954, 1956
—	1957	—	1955	1959	1956	—
1964	—	1962	—	—	1965	—
—	1969	—	1967	—	1968	1968

Malgré le scepticisme exprimé par beaucoup d'auteurs au sujet de l'influence des taches solaires sur les phénomènes du temps, l'activité solaire, dans son ensemble, ne manque pas d'être en cause. Si elle se confirme, une fois de plus, dans les règles établies par Baur, il importe de continuer les investigations dans cette voie. Elles nous rapprocheront certainement de la solution finale quelque difficile que soit la méthode à appliquer.

BIOCLIMATOLOGIE

Si la climatologie traditionnelle s'oriente, de préférence, vers la géographie et la statistique, la bioclimatologie a recours à la physiologie et aux disciplines apparentées dans le but de faire connaître l'influence des météores sur la vie organique.

A cet effet, la bioclimatologie comprend la climatologie médicale qui s'occupe de la santé et du bien-être de l'homme, la climatologie agricole qui recherche les conditions les meilleures pour la vie des plantes cultivées, la climatologie des habitations qui aide les architectes et les ingénieurs dans la planification des constructions, la climatologie touristique des vacanciers, la climatologie des stations de cure ou climathérapie et bien d'autres.

Dans les études climatologiques courantes, les valeurs moyennes et extrêmes des températures et les sommes diurnes, mensuelles et annuelles des précipitations constituent la base des études. Il en est autrement en bioclimatologie où prévalent les phénomènes du rayonnement. La durée de l'insolation, l'intensité de l'insolation, la radiation circumglobale, les rayonnements ultraviolet, infrarouge et diffus, la grandeur de réfrigération du corps et l'humidité physiologique, la fréquence et la durée des précipitations, la teneur de l'air en matières étrangères finalement donnent des indications qu'il y a lieu d'observer régulièrement et dont il faut tenir compte dans l'étude du climat d'une région ou d'un pays.

La *climatologie médicale* vise la recherche des corrélations entre les phénomènes rythmiques et apériodiques d'une part et les effets biologiques et météorologiques de l'autre (effets prodromaux). Ces effets semblent résulter, dans leur ensemble, de phénomènes advectifs tels qu'ils se présentent lors des changements du temps et plus spécialement à l'approche des fronts et de leurs discontinuités. Les études des différentes écoles laissent prévoir qu'on pourra disposer, dans un certain avenir, de données suffisantes pour expliquer et même localiser les météorotropies et pour les assimiler à des situations météorologiques particulières, pourtant bien définies.

On sait depuis longtemps que le fœhn alpin déclenche, chez les individus sensibles, des malaises de nature différente qui affectent tantôt le bien-être corporel, tantôt la vie psychique, tantôt les deux à la fois.

Certains auteurs, parmi lesquels Flach et Mörikofer, ont laissé entrevoir que le passage de fronts froids ou de fronts chauds, imperceptibles à la plupart des organismes, est décelé par un groupe de personnes incapables de s'adapter rapidement aux changements du temps. Les organismes météorotropes éprouvent des malaises et des douleurs, dues à des congestions de sang qui se localisent dans la tête, dans les membres ou dans les organes fonctionnels, de préférence dans les cicatrices des blessures postopératoires et cela vingt-quatre à quarante-huit heures avant l'aggravation du temps.

Ces personnes sont donc de véritables baromètres vivants ultrasensibles qui ressentent des malaises bien avant la baisse du baromètre instrumental.

Les savants ont cru devoir imputer l'hypersensibilité de ces organismes aux fonctions du système neuro-végétatif, pour trouver la raison d'être de pareilles douleurs. Effectivement, le système neuro-végétatif, dont les centres sont étagés le long de l'axe encéphalo-rachidien et dont les ramifications nerveuses se répandent à travers tout le corps, ne commande pas le fonctionnement des organes. Il en est le régulateur et comme il ne dépend pas de notre volonté, son activité, du type réflexe, ne peut guère fournir, à lui seul, une explication plausible de tous les phénomènes soumis aux variations du temps. Mais le fait existe, et les recherches, patronnées actuellement, sur grande échelle, par l'Organisation Météorologique Mondiale, prouvent combien le corps vivant est soumis à l'influence des changements du temps. Ainsi, la vitesse de réaction de l'individu diminue, les réflexes s'émoussent et l'aptitude au travail s'estompe. Des défaillances peuvent arriver qui provoquent des accidents de toute sorte et même la mort.

Ludwig et Ranscht-Froensdorff (Fribourg-en-Brisgau) se sont mis à rechercher les points du système nerveux central, sensibles aux effets météorotropiques. Ils ont imputé des énergies électriques qui semblent précéder, sur de grandes distances, les fronts froids et les fronts chauds et qui seraient

assimilables à des espèces de rayonnements électro-magnétiques à grandes longueurs d'onde, sortes de rayons d'impulsion issus de décharges électriques dans l'atmosphère. Ces rayonnements, dont l'instrument de mesure doit encore être inventé, seraient reçus, dans l'organisme, par des éléments minuscules du système nerveux, les synapses, qui relieraient entre elles les cellules nerveuses et transmettraient l'excitation obtenue d'une cellule à l'autre. Le neuroplasme de la synapse, dépourvu de fibres nerveuses proprement dites, agirait comme récepteur des impulsions électriques. Celles-ci modifieraient la perméabilité et le potentiel électrique des membranes synapsiques et provoqueraient, pour la transmission des impulsions, des phénomènes chimiques, à la base desquels il y aurait une migration d'ions de sodium et d'ions de potassium d'une cellule nerveuse à sa voisine. Les synapses constituent donc de véritables antennes qui captent les rayonnements électromagnétiques en cause. Leur sensibilité est pourtant individuelle. Vu le nombre immense de synapses, réparties à la surface du corps humain, il semble bien que leur effet s'ajoute et qu'il puisse, par conséquent, atteindre des valeurs appréciables, suffisamment grandes pour produire les réactions citées.

Le météorotropisme peut être saisonnier ou apériodique. Le premier se manifeste au printemps et en automne, pendant les mois d'avril à mai et d'octobre à novembre (décembre), durant lesquels les giboulées et les rafales accompagnent les variations rapides et brutales de la pression atmosphérique. En ces jours le barographe accuse, sur le papier enregistreur, des traits agités, des courbes raides et des crochets, qui proviennent de la turbulence des masses d'air en mouvement. La répercussion des variations rapides de la pression, précédées du passage des ondes électromagnétiques spéciales, sur le corps sensible ou maladif, n'est que trop naturel.

Le météorotropisme peut être encore apériodique et s'étendre sur tous les jours de l'année, toutes les fois que la situation atmosphérique générale empire et que la prédisposition de l'individu, soumis aux variations du temps qu'il ressent d'avance, est en cause. Des recherches, entreprises à Bad Tölz, ont clairement prouvé que la phase météorologique la plus défavorable aux personnes météorotropes est celle qui pré-

cède l'aggravation du temps, dont le côté frontal dépressionnaire est caractérisé par une invasion de masses d'air chaud et humide. Une autre phase, non moins troublante, mais aussi pernicieuse pour les personnes souffrantes, se situe à la fin d'une période dépressionnaire, au moment où le baromètre en hausse indique l'invasion de masses d'air froid. Le passage des fronts à masses d'air chaud ou froid répercute donc sur l'organisme sensible.

Certains hôpitaux de l'étranger recommandent à leurs médecins d'inclure, dans le diagnostic des malades, la réaction de leurs clients aux changements du temps. De toute façon, il est bon d'user, en de pareils jours, d'une extrême prudence à l'égard de malades atteints d'hypertension artérielle, d'angine de poitrine, d'affections pulmonaires ou vasculaires ou d'autres troubles circulatoires et de remettre, si possible, les interventions chirurgicales à une date ultérieure.

L'importance des situations météorologiques pour la santé et le bien-être des personnes météorotropes a amené la science pharmaceutique à rechercher des remèdes susceptibles d'adoucir les souffrances. Les substances administrées sont, en général, des dérivées de l'atropine et de l'ergot de seigle, mélangées à des dérivées de la phénazone et de la cofféine. Leur absorption vise uniquement le soulagement des symptômes, sans toucher au météorotropisme lui-même qui est constitutionnel et pour cela acquis pour toute la vie.

Soucieux d'apporter leur contribution à la solution de l'énigme du météorotropisme, Brezowsky, Reiter et Ungeheuer ont établi une classification des phases du temps susceptibles d'agir sur le système nerveux des personnes sensibles et ont analysé les effets que ces phases sont capables de produire. Ils distinguent six phases du temps différentes, depuis le beau temps serein jusqu'à l'amélioration suivant le temps franchement mauvais à grande pluie ou neige et s'accordent avec les auteurs, précédemment cités, pour mettre l'accent sur l'importance du passage des fronts (froids ou chauds) pour expliquer le comportement différent des personnes en cause. L'auteur a jugé bon de simplifier la compréhension de la théorie, en en disposant les détails dans un tableau synoptique dans lequel il a fait la synthèse des caractères météorologiques

des six phases du temps différentes et la réaction des personnes météorotropes aux variations du temps (voir Temps et santé). En analysant ce tableau et en poursuivant, pendant une certaine période, le propre comportement, on arrivera, par observation de soi-même, à comprendre que le météorotropisme est beaucoup plus répandu qu'on ne le pense généralement (Wetterfühligkeit).

Est-il besoin d'ajouter que l'humidité joue un rôle important dans la santé. L'humidité atmosphérique, si variable au fil des jours et des saisons, concourt avec celle qui se dégage du sol pour rendre insalubres les maisons, construites sur fond non drainé et aqueux. La santé en souffre sans que l'homme parvienne souvent à détecter la véritable cause de toute une série de malaises, pourtant bien plausibles. A cet effet, il importe aux architectes et constructeurs, d'inclure dans leurs prospections l'examen de l'état du sol autant que la situation et l'exposition de l'édifice à construire.

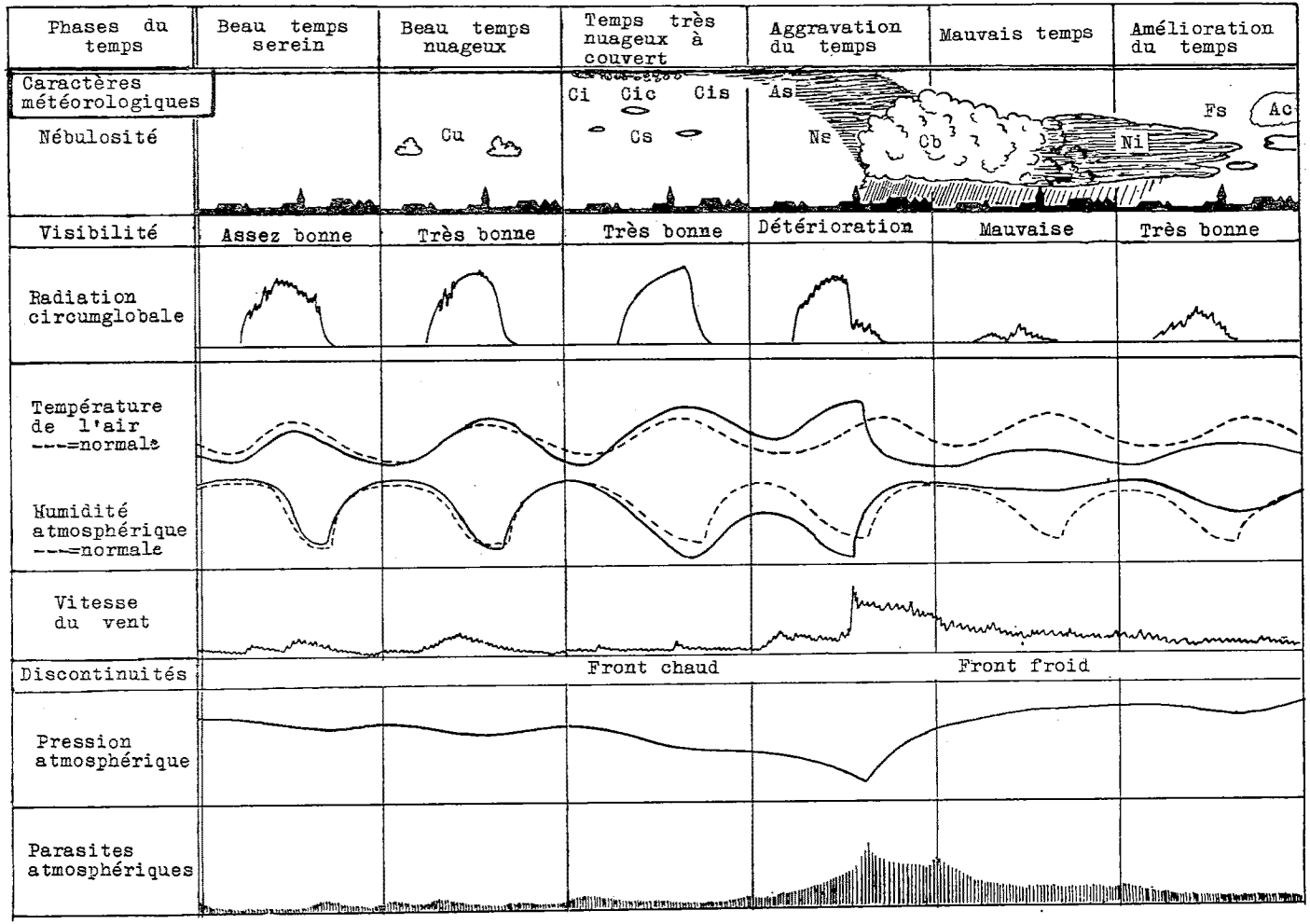
Légende du tableau :

Signification des symboles des nuages

Cu = Cumulus — Ci = Cirrus — Cic = Cirrocumulus — As = Altostratus — Ns = Nimbostratus — Fs = Fractostratus — Cb = Cumulonimbus — Fc = Fractocumulus — Ac = Altocumulus. (L'aspect et la forme de ces nuages peut être vérifié dans tout manuel de météorologie.)

Temps en général	Beau serein	Beau nuageux	Bruines, pluies légères	Pluies ou neiges	Fortes pluies, orages, grêles possibles	Pluies suivies d'averses et d'éclaircies
Phases du temps	Beau temps serein	Beau temps nuageux	Temps très nuageux à couvert	Aggravation du temps	Mauvais temps	Amélioration générale
Effets météorotropiques						
Réaction des personnes météorotropes aux changements du temps	Effet biologique bienfaisant Activité accrue Allégresse Gaîté Rendement maximum au travail	**Au début :** Bonne disposition au travail **Plus tard :** Sensation de congestions de sang. Migraines. Tiraillements dans les membres. Engourdissements. Malaises instantanés. Cicatrices et cors douloureux.	**Cas bénins :** Variation du comportement physique et psychique. Distractions involontaires. Concentration difficile. Fatigue rapide. Inquiétude. Irritabilité. **Cas graves :** Congestions fortes. Migraines accentuées. Tension artérielle diminuée. Réduction du pouls. Battements du cœur.	Irritabilité. Enervement. Douleurs souvent générales, non localisées. Accentuation des malaises. Distractions fortes. Augmentation du nombre des accidents de travail et de circulation. Sommeil agité ou nul.	**Au début :** **Cas bénins :** Accentuation des spasmes musculaires. **Cas graves :** Nouvelles migraines. Possibilité d'accès d'infarctus, d'asthmes, d'emphysèmes, d'embolies, de thromboses et de coups d'apoplexies. **Plus tard :** Amélioration du comportement général. Vitalité accrue. Vitesse de réaction accentuée.	Reprise de l'effet biologique bienfaisant. Atténuation des douleurs. Activité accrue.

Les phases du temps et leur action sur l'organisme humain



Caractères météorologiques des phases du temps

Les fronts

Les météorologistes norvégiens de l'Ecole Bjerknes ont imaginé une théorie qui explique la formation des masses nuageuses et de la pluie (neige) au moyen de « surfaces de discontinuité » atmosphériques. A cet effet, ils ont développé la théorie dite: « théorie frontale des dépressions ».

En somme, ce n'est pas réellement une théorie, telle qu'on a l'habitude de l'appeler, mais plutôt la confirmation d'un état de faits observés.

Considérons le cas très simple de la juxtaposition d'une masse d'air chaud et d'une masse d'air froid qui se touchent suivant une ligne droite. Le système est en équilibre, mais pour un temps de courte durée. La moindre chute locale de pression, le long de la ligne de démarcation, appelée front, engendre une distorsion du front, sous forme d'une onde: il s'ensuit un creusement continu et le développement d'une dépression. Le front, à peu près stationnaire au début, se déplace maintenant selon la circulation des vents. La section avant du centre de la dépression, où l'air chaud repousse l'air froid, est, par conséquent, considérée comme un front chaud et la section arrière comme un front froid. La dépression, ainsi formée, voyageant avec les fronts, a une vitesse initiale pareille à l'air chaud. Plus tard, la dépression se creuse, l'équilibre des isobares rectilignes, dit géostrophique, est détruit et le mouvement est altéré. Il se produit, dans la dépression, une convergence (une entrée d'air venant de l'extérieur) et l'air y acquiert un mouvement ascendant. On dit que l'air chaud, sur le front chaud, se glisse vers le haut par-dessus l'air froid, comme si l'air froid était un obstacle solide.

L'ascension de l'air chaud entraîne son refroidissement adiabatique et des nuages Cirrus se forment au-dessus de la surface frontale. En se rapprochant du sol, la base des nuages s'abaisse, les nuages s'épaississent en passant, d'une manière continue, par les états de Cirrostratus à Altostratus et finalement Nimbostratus, dont la base près du front peut toucher, à peu près, le sol. De la pluie ou de la neige commence à tomber des Altostratus qui s'épaississent, s'abaissent graduellement et déchargent leurs météores aqueux à 300 km environ en avant du front. Dès ce moment, il est probable que la pluie

(neige) continue à tomber jusqu'à l'arrivée du front chaud; après quoi les précipitations cessent rapidement. En dehors des nuages frontaux, il y a des Fractonimbus bas dans l'air froid, au-dessous des Altostratus et des Nimbostratus. Leur existence est due à la turbulence, car l'air froid devient très humide par évaporation de la pluie tombante.

Le passage du *front chaud* apporte donc la cessation de la pluie, la rotation des vents vers la droite, la hausse de la température et la hausse du point de rosée, correspondant au changement des masses d'air. La pression atmosphérique, qui avait baissé rapidement, devient constante ou ne tombe plus que lentement. Il va de soi que des modifications si importantes et si brusques dans l'atmosphère ne peuvent rester sans répercussion sur les organismes sensibles météorotropes. Les colonnes 2 et 3 du tableau précédent renseignent amplement sur la réaction des personnes à ces changements du temps.

Le *centre d'une dépression* est souvent marqué par un temps calme, clair, ensoleillé même, à ciel garni de quelques nuages Stratus ou Stratocumulus, mais ce temps se détériore progressivement par l'apparition d'un voile d'Altostratus et de Cumulonimbus, d'une brume, d'un brouillard et de la condensation de l'air assez saturé d'humidité, sous forme d'une bruine. Le baromètre se trouve à son point le plus bas et montre une tendance nette à la hausse. Le crochet, indiqué sur la feuille du papier enregistreur, marque donc nettement le changement, amorcé par l'arrivée ou l'invasion de masses d'air nouvelles.

L'air du secteur chaud monte graduellement au-dessus de la surface frontale chaude et, à un moindre degré, au-dessus du *front froid*. La quantité d'air chaud s'étend sur le sol et la superficie du secteur chaud diminue progressivement. Le front froid rattrape donc le front chaud: les deux se rapprochent et se touchent. Ce phénomène conduit à l'encerclement de la dépression par de l'air froid et est appelé «processus d'occlusion». Quand l'occlusion est complète, on dit que la dépression est « occluse » et le front résultant est appelé « *occlusion* ». Tôt ou tard, une occlusion dégénère et disparaît. Le système ne donne que peu ou pas de pluie, sauf des averses locales d'instabilité. En l'absence d'instabilité verticale, le passage du front

froid est souvent difficile à déceler. Il existe parfois un rouleau caractéristique de nuages bas qui s'étend le long du front, et qui est formé par des rafales de vents au sol. Ces rafales sont le trait le plus frappant du passage du front. Celui-ci entraîne ensuite une rotation vers la droite de la direction générale du vent, la température tombe brusquement et la chute du point de rosée est très marquée. La pression baisse, à l'approche du front, mais commence à remonter rapidement après son passage.

Sans infirmer l'ancienne théorie cyclonique française, l'association des idées françaises et norvégiennes permet de serrer de près le problème délicat des rapports entre les nuages, les masses d'air et les variations de pression et de faire des analyses détaillées de la structure des perturbations et de l'évolution de celles-ci. En même temps, elles nous rapprochent de l'interprétation des phénomènes du temps en général et de leur répercussion sur l'organisme vivant.

Agriculture et constructions

L'assistance à l'agriculture porte principalement sur la prévision des gelées printanières et des conditions atmosphériques en période de traitements ou de travaux, comme les labours et les récoltes. On recommande, à ce sujet, l'élaboration de bilans hydriques qui font apparaître l'état de la réserve d'humidité du sol ainsi que l'intensité du déficit d'alimentation en eau potable des plantes. Ces données sont importantes pour la conduite des irrigations.

De plus il est intéressant de rappeler combien la connaissance du temps et du climat favorise, de nombreuses manières, l'exercice de l'agriculture. Signalons en bref le choix des produits, du bétail, des méthodes qui stimulent le progrès et le profit de l'agriculture, la détermination des périodes favorables aux semailles, à la fenaison et aux moissons, la prévoyance des coupe-vent et des protections contre la chaleur et le froid, les entreprises de reboisement ou d'irrigation pour suppléer à un déficit de pluviosité et d'accroissement des récoltes, le traitement des cultures par pulvérisation d'engrais ou d'autres produits chimiques, lorsqu'il est présumé que le temps sera favorable, la lutte générale contre la prolification des insectes nuisibles et contre les maladies cryptogamiques.

Si la nature du terrain et son comportement vis-à-vis de l'eau forment la base de la *planification des constructions,* les facteurs météorologiques tels les précipitations, les vents, les températures, l'humidité et le rayonnement solaire sont des données très importantes. Dans cet ordre d'idées, il y a lieu de considérer non seulement les quantités et les nombres des jours de pluie et de neige mais encore les fréquences moyennes de leurs sommes journalières, les durées moyennes des périodes de pluie et de sécheresse, les formes des précipitations, la hauteur et la durée de l'enneigement et les directions et forces moyennes des vents dominants qui accompagnent la chute de ces météores.

Pour les températures, les valeurs moyennes de longues périodes doivent céder la place aux données de fréquence des moyennes et des extrêmes, aux durées des périodes de froid et de chaleur. De toute façon, le temps passé à examiner en premier lieu les conditions climatiques, qui correspondent à un projet, est du temps bien employé et cet effort est doublement rémunérateur.

MESURE DU RAYONNEMENT SOLAIRE

Dans un climat comme le nôtre, dans lequel les jours sombres ont le pas sur les jours clairs, qui n'est donc pas trop favorisé par l'insolation, il est de toute évidence de s'occuper de la mesure du rayonnement et d'apporter ainsi une aide précieuse à l'agriculture, à la viticulture, au tourisme et au séjour en plein air.

Les instituts météorologiques de l'étranger consacrent, à ces fins, une sollicitude particulière et se munissent d'appareils modernes pour l'observation et l'enregistrement des effets du rayonnement solaire. Cette étude est complémentaire des observations traditionnelles et fournit des données indispensables à la connaissance du climat local.

Soucieuse de servir et d'augmenter son rendement, dans le cadre restreint de ses moyens, la station météorologique de Luxembourg-ville a eu soin d'installer, à côté de l'abri qui contient les appareils de mesure classiques, une plate-forme

bien exposée, sur laquelle sont réunis les instruments de mesure du rayonnement solaire.

En dehors de l'héliographe Campbell-Stokes, qui enregistre la durée journalière de l'insolation, le plateau porte un couple de thermomètres Arago-Davy qui mesurent l'intensité du rayonnement aux heures de lecture, un actinographe Robitzsch-Fuess qui trace, sur bande de papier, la courbe continue de l'intensité du rayonnement solaire et un pyranomètre sphérique du type Bellani qui totalise, le long de la journée, la somme de chaleur incidente, en calories par cm^2 de surface et par jour. Depuis janvier 1969, on a ajouté un frigorimètre afin de pouvoir mesurer la grandeur de réfrigération ou quantité de chaleur perdue par un corps, maintenu à la température du corps humain, soit 36,5°. Cet appareil complétera la *petite station héliométrique,* si importante pourtant par les données régulièrement observées qu'elle fournira aux chercheurs futurs.

La *durée de l'insolation* est donc mesurée au moyen de l'héliographe Campbell-Stokes. L'appareil se compose d'une sphère massive en verre, montée sur un support et exposée de façon que la vue du soleil n'y soit jamais masquée par aucun obstacle. Une bande de carton, glissée dans des rainures, derrière la boule de verre, au foyer de l'image du soleil, est carbonisé aux points de contact. La trace obtenue, composée de points séparés ou d'un trait continu suivant la durée de l'insolation, indique le temps où le soleil a brillé et la durée de chaque éclaircie. Une addition judicieuse des traces marquées sur le carton, subdivisé en heures et fractions d'heures, constitue la durée de l'insolation d'une journée.

L'intensité du rayonnement solaire au moment de la lecture est obtenue par le pyranomètre Arago-Davy-Robitzsch. Ce sont deux thermomètres conjugués, montés parallèlement, en position horizontale, sur un support et bien exposés au soleil. La boule de mercure de l'un des thermomètres a été enduite d'une mince couche de plâtre blanc, tandis que celle de l'autre a été revêtue de noir de fumée. Chacune des deux boules de mercure est, par surcroît, entouré d'une boule sphérique en verre extérieure, pour éviter les déperditions brusques de chaleur dues aux coups de vent. La lecture des deux températures se fait aux heures d'observations (à 0700, 1300 et 2100 heures).

La différence des températures relevées est approximativement proportionnelle à l'énergie du rayonnement visible du soleil et du ciel, rapporté au rayonnement vertical. Un facteur d'étalonnage, fourni avec les thermomètres, donne, par multiplication avec la différence des températures, la quantité en cal/cm²/min, du rayonnement solaire au moment de la lecture. L'appareil ne constitue pas une solution idéale du problème. Pour des raisons techniques qu'il est inutile d'exposer en bref, la plupart des centres de rayonnement l'ont abandonné. Mais la méthode a aussi ses avantages qui militent en faveur de son maintien à l'avenir.

La radiation du soleil et du ciel, à tout moment du jour et de la nuit, est enregistrée à l'aide de l'actinographe Robitzsch-Fuess. L'appareil, nommé encore actinomètre enregistreur, se compose essentiellement de deux lames blanches en bimétal entre lesquelles se trouve une lame noire. La différence de leur déformation, sous l'effet du rayonnement direct ou diffus à travers les nuages, est démultipliée au moyen d'un système de leviers, dont le bras le plus long porte une plume encrée, frottant contre un tambour, enduit d'une feuille hebdomadaire qu'un mouvement d'horlogerie déplace à une vitesse uniforme. Les courbes indiquent la somme de la radiation du soleil et du ciel, ramenée à la surface horizontale. Les courbes, tracées sur la bande de papier, enveloppant le tambour, indiquent, à tout moment, le montant du rayonnement du soleil et du ciel, couvert ou non de nuages, exprimé en cal/cm²/min. Pour apprendre à connaître la somme des valeurs momentanées d'une journée, on détermine la surface ainsi tracée, soit par planimétrie, soit par intégration déterminée, d'après la formule:

$$\int_{x_0}^{x_n} y \, dx$$

ou en approximation simplifiée:

$$S = (x_1 - x_0)\frac{y_0 + y_1}{2} + (x_2 - x_1)\frac{y_1 + y_2}{2} + \ldots + (x_n - x_{n-1})\frac{y_{n-1} + y_n}{2}$$

Dans cette équation, S est la valeur de l'intégrale recherchée, x_0, x_1, x_2 . . . x_n sont les portions des heures de la journée (abscisse) et y_0, y_1, y_2 . . . y_n traduisent les hauteurs des courbes tracées, en cal/min/cm² (ordonnée).

L'appareil actinographe de Robitzsch-Fuess est construit de façon telle que les effets de la température sont totalement compensés.

L'actinomètre totalisateur ou pyranomètre sphérique de Bellani indique automatiquement la *radiation circumglobale de la journée,* c'est-à-dire la radiation incidant de toutes les directions sur une sphère librement exposée, radiation évaluée en cal/cm²/jour. L'appareil simplifie le calcul fastidieux des inscriptions de l'actinographe Robitzsch et est utile non seulement en biologie mais aussi en géophysique. Il est tout en verre et fabriqué et étalonné par l'Observatoire physico-météorologique de Davos. Un tube en verre gradué, de 50 cm de long sur 2 cm de diamètre, est surmonté d'une sphère double, l'une extérieure de 8 cm de diamètre, protectrice et transparente, l'autre intérieure de 5 cm de diamètre, recouverte d'un manteau métallique et contenant un liquide volatilisable. Les rayons solaires directs et diffus traversent la sphère extérieure et tombent sur le manteau métallique qu'ils échauffent. Cette chaleur provoque la distillation du liquide intérieur qui se vaporise, mais se recondense dans le tube gradué. La hauteur du liquide recondensé, multipliée par un facteur d'étalonnage, indique le nombre de calories rayonnées par cm² de surface et par jour. Chaque soir, le niveau du liquide dans le tube est ramené à zéro par simple culbute de l'appareil autour d'un axe horizontal du support métallique.

L'auteur se passe de la description d'appareils très coûteux du même genre tels que les actinomètres à piles électriques (Moll, Volochine, Kipp, Eppley) ainsi que les pyrhéliomètres à compensation et disque d'argent réservés aux observatoires spécialisés.

Le corps humain est soumis à une perte constante de chaleur qu'il abandonne au milieu extérieur. Pour éviter des pertes excessives, préjudiciables à la santé, l'homme porte des vêtements chauffants, séjourne en appartement chauffé, s'adapte, par autorégulation, aux conditions ambiantes. Pour

la bioclimatologie il est indispensable de connaître la *grandeur de réfrigération.* C'est une donnée complexe qui caractérise l'ensemble des facteurs climatiques réfrigérants. La composante principale est l'air en mouvement, le vent; la température et les pertes de chaleur par rayonnement ne sont que secondaires. Le degré de réfrigération exprime la perte de chaleur, subie par cm² de surface, d'une sphère de cuivre noircie, maintenue à la température de 36,5° C et exposée librement aux influences climatiques.

La température de 36,5° C est celle du corps humain, en pleine vitalité. Elle est maintenue dans la sphère de cuivre au moyen d'un courant électrique. Les pertes de chaleur mesurées sont indiquées sur un compteur de watts-heures. Il renseigne sur la résultante des éléments climatiques qui agissent sur l'économie calorifique du corps humain. Des valeurs élevées de la grandeur de réfrigération sont défavorables pour une station de cure ou de villégature, tandis que des variations faibles de cette donnée ménagent l'organisme maladif. Le frigorimètre de Davos, fabriqué et étalonné par l'Observatoire physico-météorologique de Davos, nécessite, pour son entretien, le courant électrique du secteur. La valeur du refroidissement est obtenue par le nombre de calories que le courant électrique doit fournir à la sphère de cuivre pour la maintenir à la température de 36,5° C. Un enregistreur, analogue au compteur électrique habituel, est utilisé pour la lecture, mais avec l'avantage d'une impression horaire des résultats, si bien que la mesure n'exige pas le relevé habituel par un observateur.

Evaluation subjective de la grandeur de réfrigération

(d'après les études du Dr E. Flach de Davos)

Grandeur de réfrigération en millicalories par cm² de surface et par seconde:

0—5	5—10	10—15	15—20	>20
temps chaud à désagréablement chaud (lourd)	temps agréablement chaud	temps agréablement frais	temps franchement frais	temps désagréablement froid

Si l'évaporation est un fait qui se manifeste à tout moment à la surface du globe terrestre, si cette vapeur d'eau, visible ou invisible, se mélange à l'air pour en déterminer la teneur aussi variable que possible, le mécanisme de l'évaporation est encore mal connu. On sait bien qu'il dépend d'un ensemble de facteurs parmi lesquels la pression atmosphérique, la température, l'insolation, le vent et le degré de saturation en vapeur d'eau de l'air jouent un rôle prépondérant.

En recourant aux facteurs température et précipitations, Köppen a distingué cinq zones climatiques principales qui s'échelonnent de l'équateur aux pôles et correspondent aux formations végétales à la surface du globe. Thornthwaite a modifié et élargi cette classification, en se basant sur l'évaluation de l'évapotranspiration potentielle. Les différents types de climats ont trait à l'humidité, la variation saisonnière de l'humidité, l'efficacité thermique et la concentration estivale de l'efficience thermique. Des indices d'humidité ou d'aridité, calculés à partir des moyennes de la température et des précipitations, mènent à des formules caractéristiques (symboles et types) de climats. La méthode de Thornthwaite a l'avantage de tenir compte de l'efficience de certains éléments météorologiques plutôt que des éléments eux-mêmes. Cela conduit finalement à une classification plus rationnelle et mathématique qui permet de distinguer de légères variations de climats, même dans une région peu étendue.

Les professeurs Dingens et Vernemmen de l'Université de Gand ont adapté les principes de Thornthwaite à une classification des climats de la Belgique et du Grand-Duché de Luxembourg. D'autre part, M. Verhoeven a fait, dans les années passées, une grande série de levées dans notre pays et nous dotera certainement, à brève échéance, d'une publication pareille qui se basera sur les idées de Thornthwaite.

La notion d'évapotranspiration, introduite par Thornthwaite, est à définir par la perte d'eau d'un sol recouvert de plantes, par opposition à l'évaporation ou la perte d'eau d'un sol sans végétation. L'évapotranspiration potentielle renseigne sur la quantité d'eau qu'un sol planté abandonne à l'air, s'il

contient toujours de l'eau facilement assimilable en quantité suffisante et cela dans des conditions d'humidité optimales.

Albrecht recommande, pour les recherches, l'usage d'un thermohygrographe, installé au ras du sol, qui pourra mesurer le bilan de radiation. En déterminant le rayonnement global d'une journée, composé du rayonnement solaire direct et du rayonnement solaire diffus du ciel, il égale cette valeur obtenue à la somme de chaleur absorbée par le sol plus celle cédée à l'air et celle absorbée par évaporation.

L'évapotranspiration potentielle peut encore se mesurer à l'aide d'un lysimètre gazonné, maintenu humide par un niveau d'eau constant ou par des arrosages. Penman a élaboré une formule qui combine le bilan d'énergie et le transfert turbulent de la vapeur pour calculer, à partir de données climatiques courantes, l'évaporation d'une nappe d'eau libre. Haude simplifie le procédé en admettant que le potentiel d'évaporation d'une journée peut être égalé au déficit de saturation obtenu par mesure à 14 heures de la journée.

De toute façon, il s'agit d'évaluer le besoin en eau des plantes, base des améliorations foncières par drainage ou par irrigation. Celles-ci ne semblent pas souffrir de la sécheresse lorsque le sol est à la capacité de rétention, mais bien quand elles subissent un déséquilibre hydrique dès que l'absorption d'eau par les racines est inférieure aux pertes subies par transpiration. Des appareils simples pour la mesure de l'évaporation sont connus dans le commerce sous le nom d'évaporomètres. Ils sont placés, soit dans un abri météorologique spécial, pour ne pas influencer les indications des psychromètre, polymètre et hygrographe de la station d'observation, soit en plein air, et renseignent sur la vitesse d'évaporation par la mesure d'un volume d'eau perdu par le tube en un temps donné. Les mesures obtenues par ce genre d'appareils sont particulièrement influencées par le vent et ne sont, en général, pas comparables à celles données par les bacs à grande surface (voir « Temps et Climat », page 103).

L'évaporateur de Piche est un tube en verre gradué de 0 à 30 cmc, contenant la provision d'eau qui correspond à un champ de mesure de 30 mm de hauteur d'évaporation. A la base du tube se trouve un disque en papier buvard de 30 mm

de diamètre, pressé par une agrafe en fil métallique contre l'ouverture inférieure du tube de mesure.

L'appareil est monté à un support de manière que la distance entre l'appareil et le support soit de 30 cm environ. Le dispositif de fixation est un crampon avec filet à bois que l'on visse dans le support. Le crampon serre la manche dont la langue élastique tient le tube de mesure.

L'évaporomètre de Vilkner comprend une boule de 20 mm de diamètre en matériel céramique, avec une surface effective d'évaporation de 12 cmq. La boule est rattachée, à quelque distance latérale, au bout inférieur du tube de mesure moyennant un bouchon en caoutchouc et une canule en verre. Le tube est gradué jusqu'à 30 cmc, ce qui correspond à un champ de mesure de 25 mm de hauteur d'évaporation. Grâce à la forme sphérique de la boule d'évaporation, les influences du courant d'air et de la radiation sont indépendantes de la direction resp. de l'angle d'incidence. Etant suspendue vers le sud, la boule est exposée à la pleine insolation pendant toute la journée, tandis qu'au cas d'une disposition concentrique, comme il est le cas dans l'évaporomètre de Piche, la surface d'évaporation est ombragée, par le tube de mesure, à un degré variable qui dépend de la hauteur du soleil.

Dans le cas de variations de la température, l'air amassé dans le tube de mesure agit comme thermomètre à gaz; en se dilatant, l'air presse, hors du tube, une quantité d'eau correspondante qui, mesurée comme évaporation, peut fausser les résultats. Voilà pourquoi on a incorporé dans le bouchon en caoutchouc, qui ferme le tube de mesure, une canule de compensation, recevant provisoirement cette quantité d'eau pour la remettre au tube quand l'air se comprime en se refroidissant. La même canule fait entrer, en perles, dans le tube de mesure, la quantité d'air correspondant à l'eau évaporée, de sorte que l'air n'est pas forcé à passer par les pores de l'évaporateur, remplies d'eau. De plus, elle sert d'une manière simple à remplir l'appareil de la façon suivante: On y met un flexible en caoutchouc mince, on enfonce la boule de l'évaporomètre dans le vase de remplissage et on aspire l'eau par la bouche.

La pluie, reçue par la boule, s'écoule par la canule de compensation sans influencer la mesure. Les boules d'évapora-

tion sont fabriquées d'une qualité constante, à bon marché, d'une longue durée de service et bien échangeables (Fuess).

L'évaporomètre de Leistner-Robitzsch est un tube de mesure en verre, formé à sa partie inférieure par un évaporateur sphérique de deux hémisphères métalliques à parois minces revêtues de papier buvard ou d'étoffe et jointes de manière à former une boule d'une surface de 100 cmq. La boule est maintenue par un anneau en fil métallique et pressée contre le tube de mesure par un petit ressort. Le tube, gradué jusqu'à 70 cmc, rend disponible un champ de mesure de 7 mm de hauteur d'évaporation.

A l'aide d'un thermomètre sec et d'un thermomètre humide, revêtus tous les deux de la même étoffe que l'évaporateur, on peut mesurer simultanément la différence psychrométrique, importante pour la théorie de l'évaporation. La forme sphérique de l'évaporateur rend les mesures indépendantes du courant de l'air incident. La petite capacité calorifique et son inertie thermique garantissent une température bien définie dans la cage d'évaporation, égale à celle du thermomètre humide.

Les thermomètres et l'évaporateur doivent être soumis à la même radiation et à la même ventilation. Sur la base de la quantité d'eau évaporée et de la différence psychrométrique, on peut calculer le facteur de ventilation, important des points de vue physique et physiologique. Il représente l'échange des masses d'air entre la surface resp. la couche limite du corps examiné et l'air ambiant, décisif pour les procès de l'échange de chaleur et de l'évaporation. Comme valeur intégrale pour un intervalle de temps donné, par exemple 1 minute, cet échange résulte des données de l'appareillage d'après la formule:

$$M = \frac{V \cdot L}{C_p (t-t')}$$

où signifient:

M (g/min) = poids d'air échangé
V (g/min) = quantité d'eau évaporée
C_p = chaleur spécifique de l'air = 0,241 cal/g
L = capacité calorifique de la vapeur d'eau = 604 cal/g

t = température du thermomètre sec

t' = température du thermomètre humide

Dans *l'évaporomètre de Mitscherlich,* l'évaporateur est constitué par un cylindre en poterie perméable à l'eau et sans glaçure, d'une surface effective de 242 cmq, fermé en haut et en bas par des couvercles en métal cimentés au cylindre. Par une forure du couvercle inférieur, l'intérieur communique avec le tuyau élévateur introduisant l'eau et enfoncé dans le cylindre de mesure, gradué jusqu'à 280 cmc. La pression atmosphérique extérieure remplace automatiquement, par le tuyau, la quantité d'eau évaporé. Le champ de mesure est de 12 mm de hauteur d'évaporation.

La balance d'évaporation de Wild est constitué par une balance à inclinaison portant une cuvette métallique d'une surface d'évaporation de 250 cmq et remplie d'eau. La graduation permet de lire la hauteur d'évaporation en mm. La vis de réglage sert à ajuster l'aiguille au repère « vide », la cuvette étant vide. L'échelle est graduée jusqu'à 15 mm. On peut lire directement 0,2 mm et évaluer 0,1 mm.

L'évaporateur de Piche enregistre l'évaporation potentielle en utilisant le disque en papier buvard de Piche, universellement connu et apprécié comme corps standard d'évaporation. Comme le disque fin ne possède qu'une masse minime et qu'il prend rapidement la température du thermomètre humide, il travaille pratiquement sans inertie. Le mécanisme, très sensible, n'est pas influencé par le vent. L'inclinaison de la courbe est proportionnelle à l'intensité de l'évaporation. Au lieu de disques en papier buvard, il est possible d'utiliser la sphère en céramique de l'évaporomètre de Vilkner.

La construction de la *balance à inclinaison,* dite balance d'évaporation enregistrante de Kassner, correspond au modèle précédent. Les amplitudes de la balance sont transmises, par une tringlerie, à une plume enregistrant continuellement la hauteur d'évaporation sur un tambour enregistreur. Celui-ci peut être à temps de révolution d'une journée ou d'une semaine.

PRÉVISIONS A LONGUE ÉCHÉANCE

L'analyse de certaines corrélations météorologiques mène à une constatation qu'on pourrait admettre comme point de départ pour aborder le problème épineux des prévisions du temps à longue échéance. Si l'on était à même de prédire, avec une grande probabilité, que l'été prochain serait sec ou pluvieux, que l'hiver prochain serait doux ou rigoureux, on aurait déjà réalisé un grand pas en avant. Il semble que Baur ait réussi à accumuler des preuves suffisantes à l'appui de telles idées, qui ont d'ailleurs été exposés dans les pages précédentes. Encore faut-il que l'activité solaire soit mieux connue pour pouvoir avancer dans cette voie tracée.

D'autres auteurs ont abordé le même problème, mais d'une façon tout-à-fait différente. Leurs progrès ont pu être réalisés, grâce à une meilleure connaissance de la théorie de la circulation générale des masses d'air autour du globe terrestre, à la mise en service de meilleurs réseaux d'observations en surface et en altitude, à l'emploi de calculateurs électroniques et au travail des données d'observations recueillies par les fusées et les satellites météorologiques.

Si les travaux de recherche sont encore loin d'avoir atteint le stade de maturité, ils s'orientent depuis quelques années vers la mise en équation de l'énergétique de l'atmosphère, considérée dans son ensemble et de ses échanges avec l'espace extérieur, le soleil et les milieux sous-jacents. Cette nouvelle orientation semble promettre de meilleurs résultats que les méthodes purement statistiques et climatologiques ou d'analogues qui sont encore utilisées dans la pratique courante. Elle nécessitera pourtant la collecte de nombreuses données à l'échelle hémisphérique.

La méthode Grappe, citée dans la publication « Temps et Climat » de l'auteur (pages 62 et 63), est fondée sur la statistique climatologique et sur les relations significatives des éléments météorologiques. Elle recourt aux singularités qui se répètent approximativement, chaque année, aux mêmes périodes de l'année. Grappe utilise un procédé de synchronisation, en comparant la marche de la courbe barique actuelle avec une courbe-pilote issue des moyennes pentadaires.

Boomans suit minutieusement, semaine par semaine, la répartition synoptique des centres anticycloniques et dépressionnaires et cherche à en dégager l'évolution future. A cet effet, il étudie les situations analogues des pressions atmosphériques antérieures de toute la série disponible et en dégage, par sélection, celles qui sont les plus probables. L'abstraction successive mène finalement à un cas restant qui se rapproche, autant que possible, de la réalité.

D'autres procédés empiriques cherchent à atteindre le même but. Signalons les travaux de Multanowsky et de Pagawa sur les périodes synoptiques naturelles et ceux de Baur sur la notion de météorologie à grande échelle, qui utilisent des cartes cinématiques collectives à représentation barique caractéristique et tendance déterminée en fin de période. Des trajectoires générales, nommées axes, indiquent le comportement des centres de pression. L'idée de Baur de faire intervenir les corrélations multiples entre éléments du temps contribue à augmenter les chances de succès.

Relevons enfin les travaux de l'école de Chicago qui utilise, pour ses prévisions, des types nommés prédicteurs et qui distingue deux espèces de circulation considérée à l'échelle hémisphérique, tablées sur l'indice zonal et les travaux de l'école allemande de Weickmann qui se base sur l'existence d'ondulations périodiques, observées dans les couches supérieures de la troposphère et dans la stratosphère. Ces ondulations semblent pivoter autour de points de mire que l'analyse périodogrammique est appelée à extrapoler.

Malgré la diversité des méthodes employées, dont il est difficile de reproduire le résumé en quelques phrases très simples, la solution intégrale du problème de la prévision du temps à longue échéance reste ouverte. Pour les uns, elle paraît impossible en raison de la complexité et de l'interdépendance des phénomènes multiples dont se compose le temps, pour les autres la solution ne pourra être que régionale, tout comme le temps lui-même, pour d'autres enfin, et nous devons y inclure la majorité des savants qui s'occupent du problème, la solution ne tardera pas à se faire jour au prix d'efforts conjugués.

VEILLE MÉTÉOROLOGIQUE MONDIALE

Une science comme la météorologie, qui table uniquement sur les observations régulières et continues, ne doit cesser de développer et d'accroître ses moyens d'existence. Pour remédier à l'insuffisance des renseignements météorologiques et organiser un système mondial de surveillance des phénomènes variables et variés de l'atmosphère, l'Organisation Météorologique Mondiale a conçu le projet de la Veille météorologique mondiale. Mis en œuvre, le vaste projet sollicite le concours de tous les pays, soit individuellement, soit collectivement et leur promet, en revanche, de les faire bénéficier, au même titre, des avantages procurés. Les principales caractéristiques de ce projet seront une amélioration des moyens d'observations de l'atmosphère, un système plus serré des télécommunications et la création de divers centres de Veille météorologique mondiale. A cet effet, les nouvelles techniques, précédemment exposées, seront mises à profit dans une large mesure et procureront des avantages tangibles et substantiels à l'humanité tout entière. Ces avantages ressortiront de deux facteurs, pratiquement interdépendants.

Le système perfectionné d'observation et le dispositif nouveau de rassemblement, traitement et redistribution des renseignements amélioreront, au niveau national, le rendement de chaque service météorologique, notamment en ce qui concerne la prévision à partir de la connaissance du temps présent. La veille météorologique facilitera grandement les recherches sur les processus atmosphériques, d'où il découlera, tout naturellement, une progression des techniques de prévision et peut-être même des méthodes pratiques de modification du temps.

Par les avantages indiqués, on arrivera à la fourniture de meilleurs conseils pour de nombreuses applications pratiques de la météorologie liée au développement économique. Quant à l'agriculture, la connaissance du temps actuel et du temps moyen ou climat favorise, de nombreuses manières, l'exercice de l'agriculture: choix du bétail, des produits et des méthodes qui stimulent le progrès et le profit de l'agriculture; détermination des périodes favorables aux semailles, à la fenaison et aux moissons; prévoyance de coupe-vent et d'écrans contre

les chasse-neige et les chasse-sable; protection efficace contre le gel; reboisement ou irrigation pour suppléer à un déficit de pluviosité et accroissement du rendement des récoltes; traitements des cultures par pulvérisation de produits chimiques lorsqu'il est présumé que le temps sera favorable au développement de certaines maladies cryptogamiques; lutte générale contre la prolification des insectes nuisibles etc.

Les renseignements météorologiques sont non moins essentiels pour l'exploitation des ressources hydrauliques. Pour établir de vastes projets, comportant l'utilisation de l'eau à grande échelle, il est indispensable de disposer de données suffisantes sur les précipitations, le ruissellement et dans certains cas sur l'évaporation. Faute de ces informations, des investissements élevés, tels que la construction de barrages, risquent d'être moins rentables que prévus ou bien d'être débordés par les ressources hydrauliques naturelles disponibles.

Dans le domaine des transports, l'importance de la météorologie pour l'aviation et la navigation est trop évidente pour qu'il soit nécessaire de la souligner, mais de meilleures prévisions accroîtront les services rendus à l'une et à l'autre. Il est à noter que les nouveaux progrès de l'aviation, tels l'introduction et la mise en service d'avions supersoniques et les trajets effectués à travers la stratosphère, exigent un renforcement de la protection météorologique.

Signalons, pour finir, parmi l'infinité des cas qui réclament les renseignements météorologiques dans le commerce et l'industrie: la pollution industrielle et ménagère de l'eau et de l'atmosphère, le transport maritime ou terrestre de marchandises périssables, les fluctuations de la demande en courant électrique par temps chaud et par temps froid, l'installation d'air conditionné, l'organisation de fêtes, de compétitions sportives, de journées de plaisance etc.

La liste des catastrophes, dues aux phénomènes atmosphériques, contient toute une gamme d'événements dévastateurs, depuis les ouragans, typhons, tempêtes, orages et blizzards jusqu'aux averses, trombes d'eau et inondations. Des essais ont été faits pour en atténuer artificiellement la fureur, mais les résultats n'ont pas été concluants. La prévision précoce et précise de leur formation, de leur évolution et de leur trajectoire

reste le seul moyen de protéger la vie et les biens des hommes. C'est le devoir des services météorologiques d'y arriver, pour le plus grand bien de l'humanité.

NOTRE CLIMAT

La période quinquennale, de 1961 à 1965, dont les données d'observation sont indiquées, en raccourci, dans les pages qui suivent, n'apporte aucun changement dans le compte-rendu général sur le climat luxembourgeois, décrit dans les deux volumes cités en tête du chapitre.

Notre climat est tempéré et assez humide. Sa pluviosité est suffisante, parfois même excessive. Son insolation, déficitaire durant la mauvaise saison, est acceptable de mars à septembre. Les vents sont faibles ou modérés.

Le climat est tempéré, car la température présente des moyennes favorables à la santé et des amplitudes plus ou moins restreintes. La température de l'air, qui est commandée dans une large mesure par la radiation solaire et ses dérivées, la radiation du ciel bleu et des nuages, est une notion universellement répandue, dont la détermination est facile à tout instant et en tout lieu et qui est étroitement liée aux conditions de la vie de l'homme, des animaux et des plantes. Aussi joue-t-elle un rôle primordial dans les considérations relatives au climat. A Luxembourg-ville, la température moyenne annuelle normale est de 8,6 degrés, tout comme celle de la période quinquennale de 1961 à 1965. Le mois le plus chaud de l'année est, en règle générale, le mois de juillet, parfois aussi le mois de juin ou d'août, le plus froid est ordinairement janvier, rarement décembre ou février. La variation annuelle de la température présente ainsi un décalage par rapport à celle de la radiation globale du soleil qui montre son maximum en juin et son minimum en décembre. L'existence de ce décalage provient de l'inertie calorifique de la masse des couches superficielles du sol et prouve qu'on ne saurait, dans les applications, considérer comme équivalentes les sommes de la radiation globale et les sommes des températures. La carte des isothermes moyennes, tracée d'après les indications des stations d'observation en service, montre, sur une distance de 80 km,

comptée de la pointe septentrionale du pays à l'extrémité méridionale de la vallée mosellane, de Huldange à Schengen, un échelonnement des températures annuelles moyennes, allant de 7,0° à 10,0°.

Les vents sont, en général, faibles ou nuls, parfois modérés, rarement assez forts pour gêner la marche ou causer des dégâts aux arbres et aux constructions. Leur prédominance varie suivant les régions et les obstacles interposés. Les vents de N et de S prévalent à Clervaux et à Grevenmacher, comme d'ailleurs le long de presque toutes nos vallées encaissées (qui ont la direction Nord-Sud), tandis qu'ils arrivent surtout du S et du SW à Mondorf-les-Bains (plaines ondulées), du SW à Berlé et à Echternach (pénéplaines de l'Oesling et vallées élargies du Gutland) et de SW à W à Esch-sur-Alzette et à Luxembourg-Ville (hauteurs dégagées).

Les moyennes correspondantes de l'humidité relative accusent, elles aussi, un échelonnement analogue, par diminution de leurs valeurs, de l'ouest avec 85%, à l'est avec 78%. La variabilité et l'irrégularité des précipitations trouvent leur expression, pourtant ordonnée, dans une diminution manifeste des quantités moyennes annuelles, de l'ouest à la frontière belge avec 1000 mm ,à l'est, à la frontière allemande avec 725 mm. C'est encore la vallée de la Moselle qui, en dehors des chutes de pluies orageuses, parfois catastrophiques, bénéficie, dans l'ensemble, d'une pluviosité amoindrie. Favorisé, par surcroît, d'une durée d'insolation supérieure à celle des régions du centre et de l'ouest, le pays de la Moselle luxembourgeoise se voit donc attribuer le meilleur climat du pays. Toutes proportions gardées, la « Riviéra » luxembourgeoise est bien située le long des pentes où fleurit et mûrit le bon vin qui ne cesse de faire la renommée des crûs de vins de notre terre natale.

D'après la carte pluviométrique, établie pour les périodes 1931—60 et 1961—65, l'isohyète de 950 mm de pluie moyenne annuelle longe la frontière qui sépare la province du Luxembourg belge du Grand-Duché. Une inflexion de la courbe, aux environs d'Arsdorf, fait présumer que la région limitrophe bénéficie d'une pluviosité encore plus grande.

Des comparaisons faites avec les stations météorologiques du réseau national il résulte que la primauté de la plus grande

pluviosité moyenne annuelle du Grand-Duché, attribuée précédemment à Arsdorf (950 mm de pluie moy. ann.) doit être cédée à la localité de Perlé (1000 mm de pluie moy. ann.) et à ses environs.

TABLEAUX STATISTIQUES ET COMMENTAIRES

Pour caractériser de façon simple le climat, ou l'état moyen de l'atmosphère d'une région, on a l'habitude de considérer les moyennes des paramètres météorologiques (pression, température, humidité, nébulosité, direction et force des vents etc.). Les études, faites pour les périodes antérieures à 1960 et publiées sous les titres de « Un Siècle d'Observations météorologiques au Grand-Duché de Luxembourg », 1950, et « Temps et Climat au Grand-Duché de Luxembourg », 1964, traitent des particularités du climat luxembourgeois et de ses rapports avec les sciences connexes. Les pages qui suivent se rapporteront à la période quinquennale de 1961 à 1965 et n'emprunteront aux périodes tricennales précédentes que les moyennes générales ou normales. En se basant sur des quantités de données horaires, l'astronome Bessel a prouvé, par déduction mathématique, comment on pouvait se limiter à trois observations par jour et en tirer des moyennes qui se rapprochent de la moyenne journalière vraie. En faisant donc les observations à 0700, 1300 et 2100 heures, on aura, de chaque élément, trois valeurs journalières qui peuvent suffire au calcul des moyennes du jour correspondant, en faisant la somme qu'on divisera ensuite par 3. La moyenne du mois est obtenue par addition des moyennes de tous les jours et division de la somme par le nombre des jours (28, 29, 30 ou 31) du mois. La moyenne de l'année se dégagera de la somme des moyennes mensuelles et de leur division par 12. Finalement, trente moyennes annuelles successives, ajoutées et divisées par 30, suffiront à caractériser la valeur moyenne typique du lieu en question. Les éléments du temps à périodes diurnes, tels que la température, l'insolation et l'humidité, sont donc bien marqués par les 3 lectures assez distantes les unes des autres. Il en est autant des autres, qui ne montrent pas de période diurne prononcée, comme la pression atmosphérique, la nébulosité et le vent, desquels il est possible de dégager des moyennes journalières à leur tour.

Dans les études climatologiques courantes, les valeurs moyennes et extrêmes des températures et les sommes diurnes, mensuelles et annuelles des précipitations constituent la base des études. Il en est autrement en bioclimatologie où prévalent les phénomènes du rayonnement. La durée de l'insolation, l'intensité de l'insolation, la radiation circumglobale, les rayonnements ultraviolet, infrarouge et diffus, la grandeur de réfrigération et l'humidité physiologique agissant sur le corps vivant, la fréquence, l'intensité et la durée des précipitations, la teneur de l'air en matières étrangères, solides telles que les poussières minérales et organiques, liquides telles que les vapeurs chimiques, gazeuses tels que les gaz nuisibles et délétères, les éléments radioactifs ainsi que les variations du champ électrique de l'air et son degré d'ionisation finalement donnent des indications qu'il y a lieu d'observer régulièrement et dont il faudra tenir compte dans l'étude du climat d'une région ou d'un pays.

Est-il besoin d'ajouter que la fréquence des phénomènes météorologiques joue un rôle prépondérant dans l'étude du climat. Il en est autant de l'indication des dates qui correspondent à l'incidence de phénomènes météorologiques spéciaux. Toutes ces données, réunies en tableaux ou citées au cours de l'exposé d'un climat, contribuent non seulement à rendre attrayante la lecture, mais sont d'une grande utilité pour les développements théoriques et la comparaison des climats entre eux. Toutes les données, ainsi observées ou calculées, peuvent être avantageusement représentées en graphiques qui traduisent la variation d'un élément par rapport à un autre ou par rapport au temps durant lequel l'observation a été faite. Il est encore possible de porter, sur une carte géographique, les valeurs d'un élément climatologique et de faciliter la compréhension de ses fluctuations, en la rendant accessible d'un seul coup d'œil. Cette méthode, sugérée par l'astronome anglais Halley, a été perfectionnée dans la suite par les météorologistes allemands Humboldt et Dove et continue d'être appliquée universellement. Son usage reste pourtant limité en raison des simplifications qui risquent toujours de voiler les données accidentelles, mais très intéressantes.

D'après la carte pluviométrique, établie pour les périodes 1931—60 et 1961—65, l'isohyète de 950 mm de pluie moyenne annuelle longe la

frontière qui sépare le Luxembourg belge du Grand-Duché. Une inflexion, aux environs d'Arsdorf, laisse présumer que la région limitrophe bénéficie d'une pluviosité encore plus grande.

Pour tirer le problème au clair, M. Robert Faber, ingénieur-inspecteur de l'Adm. des Eaux et Forêts, a entrepris des mesures de la pluie en plaçant des pluviomètres aux localités de Boulaide, Kaundorf, Lultzhausen et Perlé ainsi qu'au lieu dit « Daerent » et a fait faire des relevés réguliers, jour par jour, par l'intermédiaire des employés de son administration. (Voir Soc. des Natur. Lux., Bulletin 1962, pages 43 à 48, « Météorologie du sud-ouest de l'Oesling ».) Les mêmes observateurs se sont occupés de la mesure des températures aux dits lieux dans le but « de fixer quelques données météorologiques sur le microclimat de la vallée de la Sûre supérieure avant la réalisation du lac de barrage d'Esch-sur-Sûre ». Des comparaisons faites avec les stations météorologiques du réseau national il résulte que la primauté de la plus grande pluviosité moyenne annuelle du Grand-Duché, attribuée précédemment à Arsdorf (950 mm de pluie moy. ann.), doit être cédée à la localité de *Perlé* (1000 mm de pluie moy. ann.).

Voilà d'ailleurs une belle confirmation de l'idée développée par M. Faber dans son étude sur « L'influence de la forêt sur les précipitations » (voir Soc. des Natur. Lux., Bulletin 1963, pages 199—200) où l'auteur met en cause les effets de l'orographie, du frottement et du refroidissement qui tous, quelque minimes qu'ils soient au-dessus d'une forêt, s'ajoutent, dans ce cas au-dessus de la vaste forêt d'Anlier toute proche, pour produire, par vents de sud-ouest à ouest, la condensation hâtée des nuages de pluie.

RELEVÉ CLIMATOLOGIQUE DES ANNÉES 1961 à 1965

Données et stations	1961	1962	1963	1964	1965	Moyennes de cinq ans
Pressions atmosph. moyennes						
Clervaux	721,7	721,7	720,6	722,6	720,0	721,3
Echternach	747,6	747,8	746,7	748,7	746,0	747,4
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	729,2	—
Luxembourg-ville	733,1	733,1	732,1	733,8	731,3	732,7
Pressions atmosphér. maxima						
Clervaux	737,2	737,3	737,8	738,6	738,5	
Echternach	764,4	765,5	766,5	766,0	765,8	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	748,1	
Luxembourg-ville	748,6	748,1	749,2	750,0	749,8	
Pressions atmosphér. minima						
Clervaux	696,4	697,6	720,6	697,9	690,1	
Echternach	723,8	720,4	726,7	722,1	716,9	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	702,7	
Luxembourg-ville	710,4	710,9	713,4	708,2	706,0	
Températures moyennes						
Clervaux	9,3	7,3	7,0	8,2	7,1	7,8
Echternach	10,0	8,2	7,8	9,1	8,2	8,7
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	8,3	—
Luxembourg-ville	9,7	8,0	7,8	9,2	8,3	8,6
Températures maxima						
Clervaux	30,0	28,7	30,0	33,5	28,0	
Echternach	33,0	31,5	32,5	37,0	30,0	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	28,3	
Luxembourg-ville	31,0	30,5	31,0	35,5	28,3	
Températures minima						
Clervaux	—12,0	—14,2	—17,1	—11,5	—16,7	
Echternach	—11,7	—12,5	—20,0	—13,0	—11,8	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	—9.8	
Luxembourg-ville	—10,2	—12,3	—13,6	—10,0	—10,5	
Humidités relat. moyennes						
Clervaux	83	82	83	84	87	84
Echternach	78	74	76	74	76	76
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	77	—
Luxembourg-ville	80	80	80	78	83	80
Humidités relatives minima						
Clervaux	33	21	26	35	33	
Echternach	23	22	21	19	20	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	20	
Luxembourg-ville	26	34	32	25	25	

Données et stations	1961	1962	1963	1964	1965	Moyennes de cinq ans
Pluies - quantités annuelles						
Clervaux	999,1	833,3	694,4	646,6	1098,7	854,4
Echternach	753,9	590,2	568,7	547,9	982,5	688,6
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	1016,6	—
Luxembourg-ville	837,9	595,6	604,2	530,0	1030,1	719,6
Pluies diurnes maxima						
Clervaux	43,4	45,1	53,4	30,9	32,2	
Echternach	29,2	38,4	31,5	26,2	24,9	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	37,5	
Luxembourg-ville	44,0	33,6	27,0	28,2	33,2	
Pluies - nombre de jours						
Clervaux	195	191	188	168	235	195
Echternach	167	143	141	128	180	152
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	204	—
Luxembourg-ville	192	176	181	162	230	188
Insolation (en heures)						
Clervaux	1395	1414	1332	1525	1314	1396
Echternach	1460	1631	1514	1688	1427	1544
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	1322	—
Luxembourg-ville	1311	1466	1275	1492	1211	1351
Nébulosité moyenne						
Clervaux	7,0	6,9	6,9	6,7	7,1	6,9
Echternach	6,9	6,4	6,9	6,6	6,6	6,7
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	6,8	—
Luxembourg-ville	6,6	6,7	6,8	6,7	7,2	6,8
Prédominance des vents						
Clervaux	S	N	S	N	N	N
Echternach	SW	SW	SE	SW	S	SW
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	SW	—
Luxembourg-ville	W	W	SW	W	E	W
Nombre des jours d'été						
Clervaux	21	11	10	31	6	16
Echternach	39	37	38	57	20	38
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	8	—
Luxembourg-ville	26	17	14	38	8	21
Nombre des jours de glace						
Clervaux	19	29	68	32	20	34
Echternach	19	23	57	22	8	26
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	19	—
Luxembourg-ville	19	24	61	28	22	31

Données et stations	1961	1962	1963	1964	1965	Moyennes de cinq ans
Nombre des jours de gelée						
Clervaux	78	118	115	102	102	103
Echternach	73	82	106	86	87	86
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	80	—
Luxembourg-ville	48	83	95	82	76	77
Nombre des jours sereins						
Clervaux	28	39	32	46	29	35
Echternach	35	66	37	58	65	52
Esch-sur-Alzette	—	—		—	43	—
Luxembourg-ville	48	45	38	44	31	41
Nombre des jours couverts						
Clervaux	173	174	178	160	196	176
Echternach	175	157	174	169	172	169
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	176	—
Luxembourg-ville	177	170	171	167	189	177
Jours à sol couvert de neige						
Clervaux	33	56	82	49	74	59
Echternach	4	18	65	29	26	28
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	30	—
Luxembourg-ville	20	49	81	48	67	53
Hauteurs maxima de la couche de neige						
Clervaux	10,0 (5. 1.)	15,0 (14. 2., 21. 11.)	23,0 (22. 2.)	36,0 (5. 12.)	24,0 (15. 2.)	
Echternach	3,0 (7. 11.)	15,0 (5. 3., 21. 11.)	10,0 (17. 2., 22. 2.)	8,0 (5. 12.)	7,0 (14. 11.)	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	7,0 (14. 11.)	
Luxembourg-ville	4,5 (6. 1.)	14,0 (5. 3., 6. 3.)	17,5 (15. 2., 22. 2.)	14,0 (5. 12.)	11,0 (3. 3.)	
Dernier jour de glace						
Clervaux	27. 1.	18. 3.	26. 2.	16. 3.	4. 3.	
Echternach	27. 1.	26. 2.	25. 2.	8. 3.	4. 3.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	4. 3.	
Luxembourg-ville	27. 1.	5. 3.	24. 2.	7. 3.	4. 3.	
Dernier jour de gelée						
Clervaux	28. 3.	14. 4.	3. 4.	8. 4.	21. 5.	
Echternach	29. 3.	1. 5.	3. 4.	8. 4.	21. 5.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	20. 4.	
Luxembourg-ville	28. 3.	1. 5.	3. 4.	8. 4.	20. 4.	

Données et stations	1961	1962	1963	1964	1965	Moyennes de cinq ans
Fonte de la dernière neige						
Clervaux	21. 3.	26. 3.	9. 3.	18. 3.	14. 3.	
Echternach	26. 1.	14. 3.	6. 3.	15. 2.	5. 3.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	6. 3.	
Luxembourg-ville	4. 2.	18. 3.	7. 3.	19. 3.	19. 4.	
Premier jour d'été						
Clervaux	25. 5.	14. 6.	31. 5.	12. 6.	14. 5.	
Echternach	25. 5.	24. 4.	31. 5.	24. 5.	14. 5.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	14. 5.	
Luxembourg-ville	18. 6.	25. 4.	31. 5.	12. 5.	14. 5.	
Dernier jour d'été						
Clervaux	20. 9.	3. 9.	6. 8.	14. 9.	5. 8.	
Echternach	24. 9.	3. 9.	6. 8.	16. 9.	25. 9.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	5. 8.	
Luxembourg-ville	24. 9.	3. 9.	6. 8.	15. 9.	5. 8.	
Première gelée d'automne						
Clervaux	6. 11.	13. 11.	8. 10.	14. 10.	24. 10.	
Echternach	4. 11.	16. 10.	27. 10.	25. 10.	12. 10.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	23. 10.	
Luxembourg-ville	4. 11.	30. 10.	3. 12.	21. 10.	24. 10.	
Premier jour de glace						
Clervaux	8. 12.	13. 11.	5. 12.	30. 11.	13. 11.	
Echternach	16. 12.	21. 11.	9. 12.	30. 11.	13. 11.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	14. 11.	
Luxembourg-ville	8. 12.	22. 11.	9. 12.	30. 11.	13. 11.	
Première chute de neige						
Clervaux	7. 11.	11. 11.	13. 12.	24. 10.	12. 11.	
Echternach	7. 11.	21. 11.	0	3. 12.	13. 11.	
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	13. 11.	
Luxembourg-ville	4. 11.	11. 11.	13. 12.	23. 10.	12. 11.	
Nombre des jours d'orage						
Clervaux	17	12	20	14	20	15
Echternach	14	10	9	10	10	11
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	20	—
Luxembourg-ville	16	17	14	14	16	15
Nombre des j. de brouillard						
Clervaux	30	22	24	35	61	34
Echternach	86	32	49	51	60	56
Esch-sur-Alzette	—	—	—	—	68	—
Luxembourg-ville	66	36	93	72	61	65

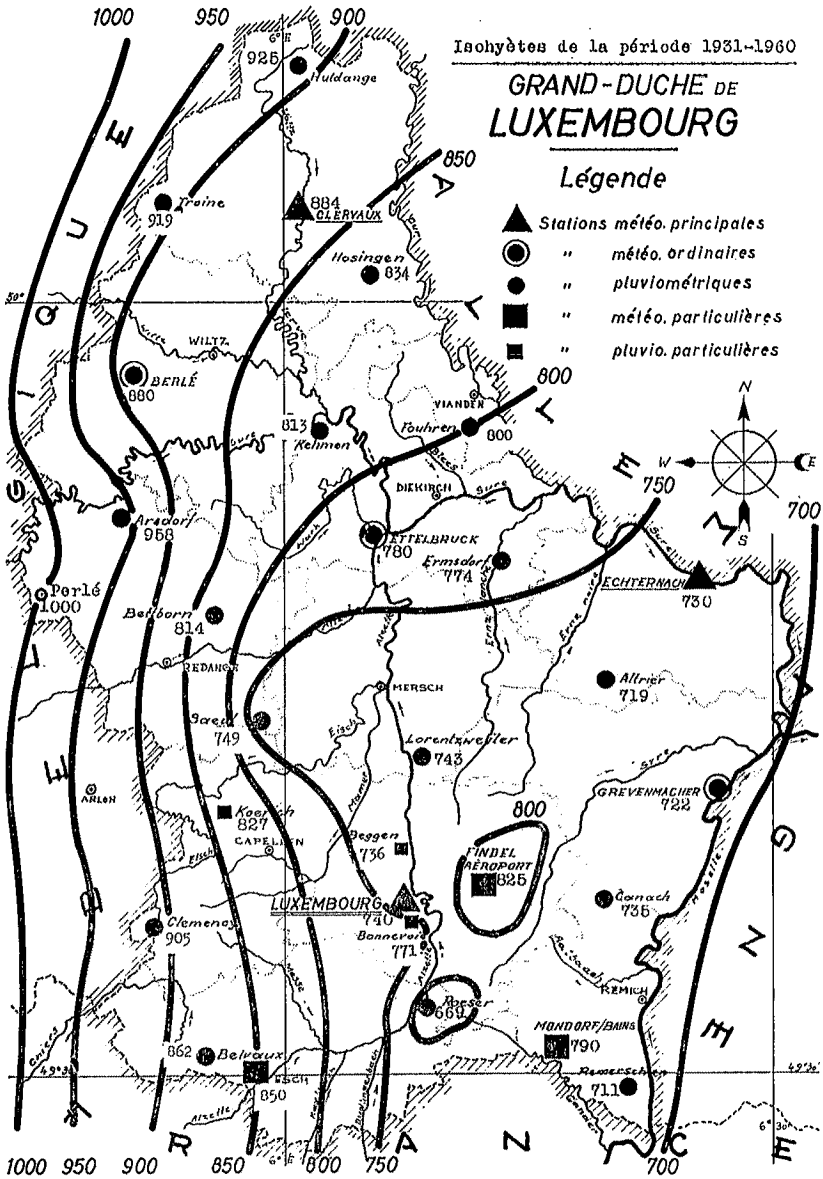
Quantités et nombres de jours de pluie enregistrés

q = quantités de pluie en mm ; n = nombre de jours de pluie

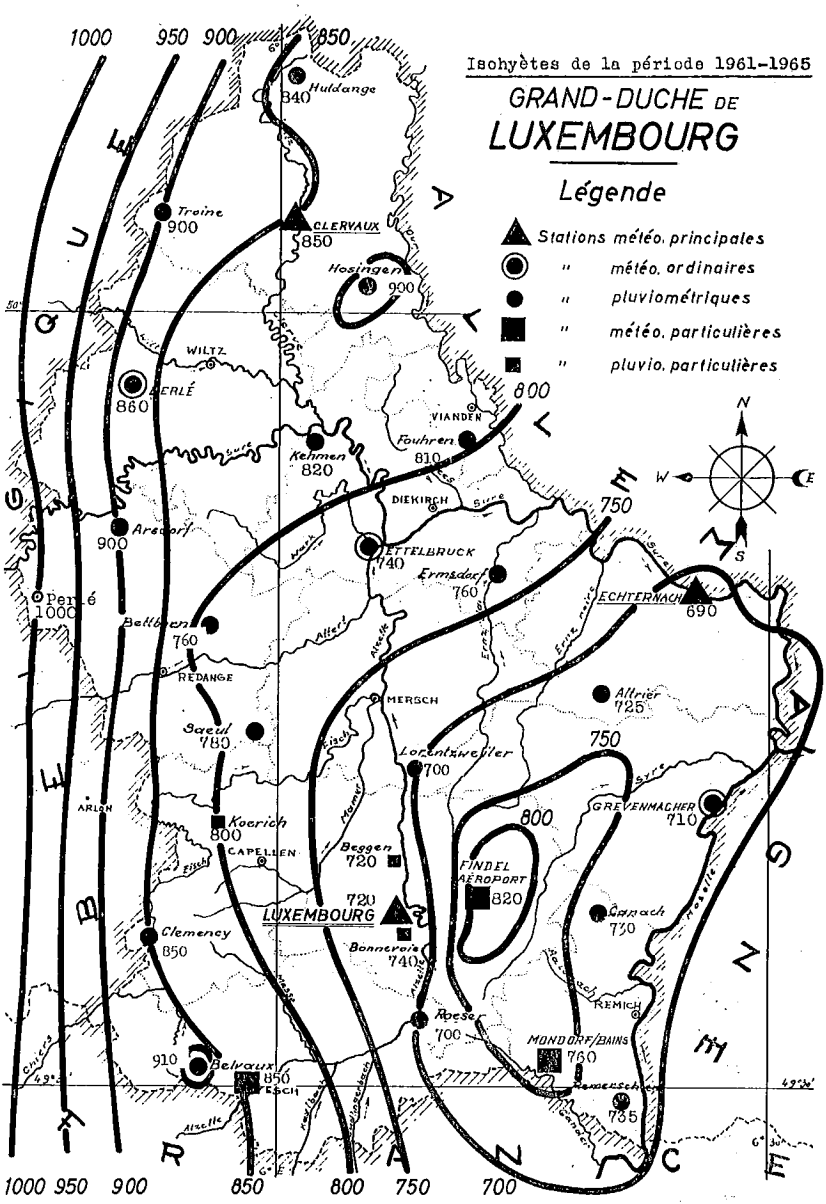
Postes pluviométriques		1961	1962	1963	1964	1965	Moyennes de cinq ans
Luxembourg-ville	q	837,9	595,6	604,2	530,0	1031,1	719,6
	n	194	176	181	162	230	188
Clervaux	q	999,1	833,3	694,4	646,6	1098,7	854,4
	n	195	191	188	168	235	196
Echternach	q	753,9	590,2	568,7	547,9	982,5	688,6
	n	167	143	141	128	188	152
Esch-sur-Alzette	q	—	—	—	—	1016,6	—
	n	—	—	—	—	204	—
Berlé	q	1065,6	804,9	680,8	644,2	1120,3	836,2
	n	206	193	208	187	254	210
Ettelbruck	q	869,6	650,3	578,3	524,8	1067,8	738,2
	n	118	—	—	103	154	—
Grevenmacher	q	789,2	607,1	602,8	590,1	972,9	712,4
	n	150	125	—	106	172	—
Luxembourg-Aéroport	q	947,0	714,6	684,8	651,1	1100,8	819,7
	n	190	186	175	153	205	182
Mondorf-les-Bains	q	836,2	630,3	705,5	565,3	1069,2	761,3
	n	170	167	158	139	205	168
Haut-Bellain	q	1119,3	819,0	621,5	600,5	1048,1	841,7
(Huldange à partir de 1963)	n	171	174	151	159	214	174
Troine	q	999,4	874,5	749,3	700,1	1161,2	896,9
	n	198	200	194	181	230	201
Arsdorf	q	1055,9	809,6	713,5	664,5	1261,3	900,9
	n	176	156	143	130	189	159
Kehmen	q	946,7	736,3	687,8	568,9	1155,7	819,1
	n	134	133	134	116	178	139
Hosingen	q	1078,4	745,4	775,5	627,2	1278,4	901,0
	n	172	169	144	142	207	167
Fouhren	q	946,7	716,9	673,0	608,8	1099,1	808,9
	n	195	171	169	156	233	185
Bettborn	q	855,5	666,6	647,9	507,6	1131,7	761,9
	n	162	142	127	121	196	149
Saeul	q	968,5	652,8	635,7	556,0	1106,6	783,9
	n	178	164	152	133	206	187
Lorentzweiler	q	805,0	572,3	614,0	530,0	977,6	699,9
	n	190	173	178	154	241	187
Ermsdorf	q	918,7	697,3	594,4	571,4	1034,5	763,3
	n	174	142	134	144	204	159
Altrier	q	806,7	592,5	587,4	574,6	1061,8	724,6
	n	179	161	149	144	192	165

Postes pluviométriques		1961	1962	1963	1964	1965	Moyennes de cinq ans
Clemency	q	1015,0	689,5	687,1	672,4	1197,3	852,3
	n	185	171	165	138	211	174
Belvaux	q	1019,4	809,6	782,2	668,4	1286,2	913,2
	n	166	—	156	124	208	164
Roeser	q	727,6	568,5	636.6	551,0	1007,7	698,3
	n	194	163	172	133	221	177
Canach	q	769,1	589,7	626,1	597,7	1052,9	727,1
	n	176	171	142	151	222	172
Remerschen	q	846,5	590,8	677,0	537,9	1018,7	734,2
	n	153	139	139	112	182	145
Bonnevoie	q	799,2	623,9	595,8	568,3	1019,7	721,4
	n	186	155	143	137	200	164
Beggen	q	865,1	630,9	616,7	547,1	1050,8	742,1
	n	162	139	130	125	161	143
Koerich	q	941,8	708,4	660,4	596,0	1116,6	804,6
	n	172	144	144	141	199	169

Toutes les données de base ont été gracieusement mises à la disposition de l'auteur par le Service météorologique et hydrologique national auquel s'adressent les sentiments d'une vive gratitude.



Répartition moyenne de la pluviosité annuelle.
Période 1931—60. — Echelle de la carte 1 : 500 000.



Répartition moyenne de la pluviosité annuelle.
Période 1961-65. — Echelle de la carte 1 : 500 000.

OUVRAGES CONSULTÉS

Annuaires météorologiques et hydrographiques, 1961 à 1965, du Service météorologique et hydrologique national — Adm. des Services techniques de l'Agriculture, Luxembourg.

Albrecht Fritz — Die Berechnung der natürlichen Verdunstung (Evapotranspiration) der Erdoberfläche aus klimatologischen Daten — Ber. des Deutschen Wetterdienstes Nr. 83, Bd. 11, Offenbach am Main 1962.

Baur Franz — Großwetterkunde und langfristige Witterungsvorhersage, 35 Abb., geb., Akademische Verlagsgesellschaft Frankfurt am Main 1963.

Bider Max — Klimaschwankungen in Basel im laufenden Jahrhundert — Separatdruck aus Regio basiliensis III/2, S. 216—239. Mitteilungen des Astronom.-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel. Meteor. Reihe Nr. 12. 1962.

Boomans J. F. — Evolution de la recherche sur la prévision du temps à moyenne et longue échéance au sein du Service météorologique des F. A. B. Bruxelles.

Calembert J. et Bentz A. — Etude comparative de la mesure et du calcul de l'évaporation et de l'évapotranspiration potentielles — Pédologie XII, pp. 115—128, 3 fig. tabl. Gand 1962.

Courvoisier P. et Wierzejewski H. — Das Kugelpyranometer Bellani — Beiträge zur Strahlungsmeßmethodik V. Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B. Bd. 5. 3.—4. Heft 1954.

Dingens P. en Vernemmen C. — De klimaatindeling volgens de methode van C. W. Thornthwaite, toegepast op de meteorologische gegevens van 339 waarnemingsstations over de gehele wereld verspreid, voor de periode 1931—1940. Natuurwet. Tijdschr. 43, 1961, pp. 3—32, Pl. I—V, Gent 1961.

Dingens P. en Vernemmen C. De klimaatklassifikatie van C. W. Thornthwaite toegepast op België en het Groot-Hertogdom Luxemburg — Een kartografisch voorstelling. Natuurwet. Tijdschrift 45, 1963, pp. 145—198, 48 fig. Gent 1964.

Flach Emile (Davos) — Zur Klimatologie der Abkühlungsgröße in der Schweiz — Verh. der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft Scuol 1962.

Flach Emil u. Mörikofer W. — Comprehensive climatology of cooling power as measured with the Davos Frigorimeter. Part I. General results. — Observatoire physico-météorologique Davos-Platz (Suisse) 1962.

Flohn Hermann — Klimaschwankungen und großräumige Klimabeeinflussung — Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen, 1963.

Haude W. — Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration — Mitt. des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 8. Mai 1954. Bad Kissingen.

Hofmann Alfred — Der internationale Stand des Problems der Langfristvorhersage — Ann. der Meteorologie. Neue Folge. Offenbach am Main 1963.

Lahr Eugène — Temps et Climat au Grand-Duché de Luxembourg — Service météorologique et hydrographique national. Administration des Services agricoles, Luxembourg 1964.

Lahr Eugène — Méthodes et résultats de la statistique météorologique. Bulletins du Statec, Service central de la statistique et des études économiques. Vol. XII, N° 7/1966. — Statistique météorologique et prévision du temps. Vol. XV, N° 1/1969. Luxembourg.

Lorente Jose-Maria — Vendran años secos ? Calendario meteoro-fenologico 1966. — Servicio meteorologico nacional. Seccion de Climatologia. Parque del Retiro. Apartado 285. Madrid 9.

Mörikofer W. — Das Schweizerische Forschungsinstitut in Davos — Hundert Jahre Fremdenort Davos. Jubiläumsausgabe der « Davoser Zeitung » vom 6./7. Februar 1965, Blatt 3. Davos-Platz.

— Das Physikalisch-Meteorologische Observatorium Davos (Mörikofer).

— Das Lichtklimatische Observatorium in Arosa (Dütsch) — Hundert Jahre Meteorologie in der Schweiz, 1864—1963 — Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt, Zürich 1964.

Mörikofer W. — Grundzüge der Bioklimatologie — Naturforschende Gesellschaft in Bern. Neue Folge. 17. Bd. 1959.

Mörikofer W. — Zur Klimatologie der Zirkumglobalstrahlung, gemessen mit Kugelpyranometer — Schweiz. Naturforschende Gesellschaft Scuol 1962. S. 69—71.

Météorologie Nationale, Paris — Moyens nouveaux de la Météorologie 1963. Préface de M. André Viaut.

Organisation Météorologique Mondiale — La Veille Météorologique Mondiale. N° 183. T. P. 92. Genève 1966.

Reidat Rudolf — Klimadaten für Bauwesen und Technik — Bd. Lufttemperatur. Ber. des Deutschen Wetterdienstes. Nr. 64, Offenbach a. M. 1960 und Bd. Niederschläge. Ber. des Deutschen Wetterdienstes. Nr. 86. Bd. 12. Offenbach am Main 1963.

Rudloff Hans von — Die Klimaschwankungen in den Hochalpen seit Beginn der Instrumenten-Beobachtungen — Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B. Bd. 13, 3. Heft 1964.

Thams J. C. & Wierzejewski H. — Die Größe der diffusen Zirkumglobalstrahlung — Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B. Bd. 12. 1. Heft 1962. Springer-Verlag Wien.

Thams J. C. & Wierzejewski H. — Messungen der Zirkumglobalstrahlung am Alpensüdfuß — Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B. Bd. 9. 2. Heft 1958. Springer-Verlag, Wien.

Uhlig Siegfried — Bestimmung des Verdunstungsanspruchs der Luft mit Hilfe von Piche-Evaporimetern — Mitt. des Deutschen Wetterdienstes. Nr. 13. Bd. 2, 1955. Bad Kissingen.

Ungeheuer Hans — Ein meteorologischer Beitrag zu Grundproblemen der Medezin-Meteorologie — Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 16, Bd. 3, 1955. Bad Kissingen.

Weickmann L. und Flohn H. Alexander von Humbold-Gedenkfeier in Frankfurt am Main am 19. Juni 1959 — Berichte des Deutschen Wetterdienstes, N. 59. Bd. 8, 1959. Offenbach am Main.

Viaut A. — Bilan des travaux de la Météorologie française. Juillet 1945 à juillet 1964. Direction de la Météorologie Nationale, Quai Branly n° 1, Paris 7°. Août 1964.

Wierzejewski H. — Theoretisches und Konstruktives zur Messung der Abkühlungsgröße — Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie. Serie B, Bd. 2, 1.—2. Heft 1950. Springer-Verlag, Wien.