

H. ARCTOWSKI.

## Les variations séculaires du climat de Varsovie.

(ZMIANY WIEKOWE KLIMATU WARSZAWY).

Les données moyennes de la climatologie ne peuvent servir à la prévision du temps à longue échéance, car les saisons varient notablement d'une année à l'autre, le caractère des hivers et des étés change.

Il y a des régions où le climat est relativement constant et d'autres où il est essentiellement variable.

Il semble évident que ces variations ne peuvent survenir d'une façon absolument désordonnée. Aussi, dès les débuts même de la météorologie scientifique, des efforts ont été faits dans le but de connaître les facteurs qui troublent la marche régulière du jeu des saisons;—qu'il me suffise de citer les travaux de Dove. Pourtant, ce n'est que récemment que les recherches des Blanford, Hildebrandsson, Otto Pettersson, Meinardus, Bigelow, Hann, des Lockyer, de Merckel et d'autres, ont jeté quelque lumière sur le mécanisme des variations des climats.

Il me semble que pour arriver aux lois qui régissent ces variations, il faut analyser les phénomènes d'une façon détaillée, station par station, pays par pays, tout en ne cessant de comparer les données d'une région à celles d'autres régions.

C'est pourquoi, et comme suite à mes recherches publiées précédemment<sup>1)</sup>, il m'a paru utile d'étudier d'une façon plus détaillée les variations séculaires des éléments du climat de Varsovie.

<sup>1)</sup> Bull. Soc. belge d'Astronomie: 1907, 1908.

La première série d'observations météorologiques faites à Varsovie remonte à l'année 1760, mais ce n'est qu'à partir du mois de novembre 1825 que les observations de Varsovie présentent le grand avantage d'avoir été poursuivies à l'Observatoire où elles se font encore de nos jours<sup>1)</sup>. A l'E., au S. et jusqu'à un certain point à l'W. de l'Observatoire, les conditions n'ont pas varié bien sensiblement. Au N. et au NW., la ville a évidemment pris beaucoup plus d'extension (actuellement elle a même empiété jusqu'aux abords immédiats du Jardin botanique où l'Observatoire se trouve) mais, à titre de comparaison, on peut dire avec toute certitude que les conditions de cette station météorologique sont restées incomparablement plus constantes que celles de Greenwich, de Paris ou de Bruxelles.

L'influence des villes sur les données météorologiques est certaine et ne devrait jamais être négligée dans les discussions. Dans bien des cas, et notamment dans le cas des observations de Varsovie, il serait difficile de l'apprécier exactement et je ne pense pas qu'on saurait l'éliminer des séries d'observations de longue durée.

Tableau I.

|      | 1     | 2     | 3      | 4                   | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|------|-------|-------|--------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1810 | —     | —     | 573.4  | 421.0               | 495.1 | 729.7 | 583.9 | 496.6 | 655.3 | 570.1 |
| 1820 | 660.6 | 371.4 | 461.9  | 506.4               | 486.8 | 386.4 | 433.6 | 520.9 | 646.8 | 664.0 |
| 1830 | 390.3 | 511.0 | 1182.5 | 545.0               | —     | 443.1 | —     | —     | —     | —     |
| 1840 | 406.7 | 446.9 | 517.8  | 688.4               | 508.4 | 405.3 | 556.6 | 533.7 | 608.3 | 375.2 |
| 1850 | 847.9 | 474.8 | 772.9  | 726.4               | 833.9 | 534.6 | 573.3 | 687.4 | 734.2 | 603.3 |
| 1860 | 511.3 | 381.7 | 439.4  | 610.3               | 675.1 | 459.0 | 551.8 | 742.8 | 620.4 | 643.5 |
| 1870 | 674.7 | 589.1 | 573.1  | 443.5               | 562.5 | 577.2 | 490.8 | 542.8 | 573.0 | 527.1 |
| 1880 | 425.3 | 673.7 | 593.6  | 429.9               | 492.0 | 400.8 | 574.4 | 653.5 | 669.9 | 481.6 |
| 1890 | 579.1 | 420.4 | 475.3  | 511.1               | 424.2 | 473.0 | 578.4 | 594.3 | 683.4 | 529.2 |
| 1900 | 633.9 | 522.4 | 653.1  | 402.4 <sup>2)</sup> |       |       |       |       |       |       |

|           |   |                |         |
|-----------|---|----------------|---------|
| 1841—1850 | = | $\frac{m}{mm}$ | 5.547,3 |
| 1851—1860 |   |                | 6.783,7 |
| 1861—1870 |   |                | 5.635,3 |
| 1871—1880 |   |                | 5.553,8 |
| 1881—1890 |   |                | 5.394,7 |
| 1891—1900 |   |                | 5.268,4 |

Le tableau ci-dessus donne les sommes annuelles des précipitations atmosphériques<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Pour les renseignements spéciaux concernant les observations anciennes voyez le catalogue de E. L e y s t: *Repert. f. Meteor., Suppl.-Bd. IV.* p. 368.

<sup>2)</sup> Les chiffres relatifs à l'année 1904 n'ayant été obtenus qu'en cours d'épreuves n'ont pu être utilisés dans les tracés des figures.

<sup>3)</sup> Les données des années 1813 à 1882 ont été empruntées au tableau publié par H. W i l d dans son mémoire „Die Regen-Verhältnisse des russischen Reiches“ (*Repert. f. Met., Suppl.-Bd. V.*; celles des années 1883 à 1904 aux résumés annuels des *Annales de St.-Petersbourg.*

Afin de faciliter la discussion, les données pour 1841 à 1903 ont été traduites graphiquement sur le diagramme de la fig. 1.

L'inspection attentive de ce diagramme m'a fait penser qu'il est préférable de ne pas chercher à effacer les irrégularités, en calculant des moyennes à l'aide de la formule

$$\frac{a+6b+15c+20d+15e+6f+g}{64}$$

par exemple, formule dans laquelle  $a, b, c, \dots$  représentent les valeurs observées pendant des années successives.

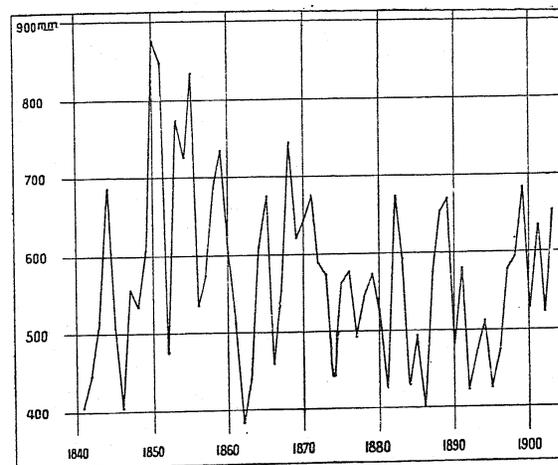


Fig. 1.

Il est visible, en effet, que la variation séculaire de la pluie à Varsovie se compose d'une superposition d'ondes de différents ordres de grandeur. Une variation de longue durée a son maximum vers l'année 1850 et son minimum vers 1895. L'onde qui la représente est certainement asymétrique: les sommes de la hauteur d'eau augmentent rapidement, d'année en année, depuis 1841 jusqu'en 1850, puis elles diminuent doucement. Si cette onde devait se répéter dans la suite des années, il serait intéressant de bien établir sa période. Mais, pour le moment, rien ne nous permet de le présumer. Plus est: quoique une période de 55 années de durée a déjà

été signalée dans différentes séries d'observations et pour différents ordres de phénomènes météorologiques<sup>1)</sup>, son existence réelle, en ce qui concerne la pluie à Varsovie, est rendue douteuse par la coexistence d'autres cycles de plus courte et peut-être aussi de plus longue durée.

Ainsi, une onde très caractéristique, délimitée par les minima bien accentués des années 1862 et 1886, est en quelque sorte enchâssée dans la précédente.

Si les variations se propagent de proche en proche à la surface de la terre et qu'il s'agit là d'ondes ayant différents centres d'origine, des phénomènes analogues aux interférences sont aisément imaginables. Dans ce cas la solution du problème sera au moins aussi complexe, si non bien plus difficile encore que ne l'est celle du phénomène des marées.

Si, au contraire, les variations séculaires des climats sont dues à des pulsations de plus ou moins grande continentalité, c'est-à-dire à de simples augmentations ou diminutions des gradients, le problème à résoudre est infiniment moins compliqué.

Mais il semble bien que ce n'est pas de la sorte que les choses se passent. Dans tous les cas, il importe de noter qu'en ce qui concerne la pluie, les maxima et les minima des variations ne s'observent pas partout simultanément.

Si la cause est commune, si les cycles de la pluie ne sont qu'une répercussion des cycles de l'activité du rayonnement solaire, il faut admettre qu'ils se manifestent avec des retards plus ou moins grands dans les différentes régions du globe.

Ainsi, une période de 55 ans de durée a été admise par W o e i k o w pour les hauteurs d'eau tombée à B a r n a o u<sup>2)</sup>; mais, les maxima s'y observeraient vers 1838 et 1893 et le minimum vers l'année 1864.

Dans la Sibérie occidentale on aurait donc une variation précisément inverse de celle de Varsovie. Mais il ne faut pas aller si loin pour constater des différences. A Bruxelles un maximum bien prononcé s'observe en 1878 et la marche du phénomène n'a presque rien de commun avec la courbe de Varsovie<sup>3)</sup>. Les courbes établies par Eugen Heintz<sup>4)</sup> à l'aide des sommes par lustres notamment, et par décades d'années, pour

St.-Petersbourg, Riga, Helsingfors, Varsovie, Cracovie, Moscou, Kiew, Lugan, Odessa, Bogoslawsk, Slatoust, Katharinenbourg, Astrakhan, Bakou et Tiflis démontrent que, même pour des stations relativement rapprochées, les dates d'apparition des maxima de pluie diffèrent, ainsi que les amplitudes et probablement aussi les durées des périodes.

C'est également ce que Eugeniusz Romer<sup>1)</sup> a démontré dans une discussion du travail de Brückner sur les variations des climats. Hann<sup>2)</sup> aussi a prouvé qu'une coïncidence des années de maximum de précipitations atmosphériques est inadmissible pour les longues séries d'observations de Padoue, Milan et Klagenfurt et, tout récemment, W. Krebs<sup>3)</sup> a développé des considérations intéressantes sur la probabilité de la propagation des ondes d'oscillations.

Ces faits prouvent que dans l'étude des variations séculaires des climats il faut éviter les sommations des données de stations différentes.

Mais il y a lieu aussi de ne pas se hâter d'éliminer les irrégularités des courbes, telles par exemple que celles de figure ci-après.

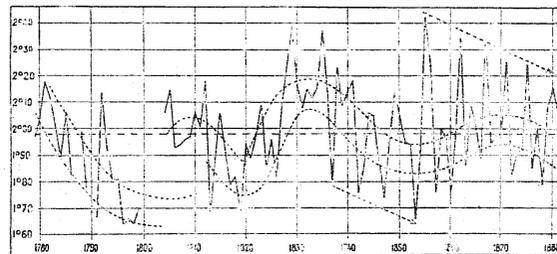


Fig. 2.

Cette figure représente graphiquement les moyennes annuelles des variabilités interdiurnes de la température à Varsovie, moyennes renseignées sur le tableau II.

<sup>1)</sup> 55=approximativement 5 cycles de taches solaires.

<sup>2)</sup> Petermann's Mitt., 1901, p. 199. Brückner a contesté les conclusions de la discussion de W o e i k o w (ibid., 1902, p. 175).

<sup>3)</sup> Arctowski, Recherches sur la périodicité des phénomènes météorologiques à Bruxelles (Bull. Soc. belge d'Astron., XIII, p. 54).

<sup>4)</sup> Über Niederschlagsschwankungen im europäischen Russland (Rep. f. Met., XVII, Nr. 2).

<sup>1)</sup> Die Mängel der Methode E. d. Brückner's... (Das Wetter, Heft. 6 u. 8, 1896)

<sup>2)</sup> Die Schwankungen der Niederschlagsmengen in grösseren Zeiträumen (Sitzb. Ak. d. Wiss., Wien, 1902).

<sup>3)</sup> Klimaschwankungen (Zeitsch. f. Socialwissenschaft, XI f'd., 1908).

Ces données sont empruntées au mémoire inachevé de E. W a h l e n sur les températures observées dans 18 stations météorologiques de l'Empire russe<sup>1)</sup>.

Peu de mots suffiront pour expliquer la signification réelle de ces chiffres. Il s'agit de moyennes annuelles des différences des températures d'un jour au jour suivant, sans égard au signe.

Si la température variait parfaitement régulièrement pendant l'année, que la température moyenne de la journée la plus froide était de  $-20^{\circ}$  et celle de la journée la plus chaude  $+20^{\circ}$  par exemple, la marche de la variation annuelle étant de  $40^{\circ}$  (pour 6 mois), la différence moyenne de la température d'un jour au jour suivant serait à peu près  $80^{\circ} : 365 = 0^{\circ}22$  c'est-à-dire d'une valeur très minime. Mais il n'en est rien. La température ne cesse d'osciller irrégulièrement pendant tout le cours de l'année et les

Tableau II.

|      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1770 | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 1.97 | 2.04 |
| 1780 | 2.18 | 2.12 | 2.01 | 1.89 | 2.06 | 1.82 | —    | 1.99 | 1.78 | —    |
| 1790 | 1.66 | 2.14 | 1.93 | 1.80 | 1.81 | 1.64 | 1.66 | 1.64 | 1.70 | —    |
| 1800 | —    | —    | —    | 2.06 | 2.15 | 1.93 | 1.94 | 1.96 | 1.97 | 2.06 |
| 1810 | 2.01 | 2.18 | 1.69 | 1.89 | 2.06 | 1.93 | 1.79 | 1.82 | 1.69 | 1.94 |
| 1820 | 1.89 | 1.97 | 2.09 | 1.86 | 1.96 | 1.82 | 2.10 | 2.25 | 2.39 | 2.17 |
| 1830 | 2.08 | 2.15 | 2.12 | 2.16 | 2.37 | 2.14 | 1.81 | 2.23 | 2.09 | 2.14 |
| 1840 | 2.18 | 1.76 | 1.86 | 2.06 | 2.05 | 1.88 | 1.74 | 1.95 | 2.14 | 2.03 |
| 1850 | 1.95 | 1.94 | 1.66 | 1.91 | 2.42 | 2.24 | 1.76 | 2.00 | 1.96 | 1.77 |
| 1860 | 1.99 | 2.34 | 1.86 | 2.09 | 2.01 | 1.89 | 2.32 | 1.94 | 1.97 | 1.98 |
| 1870 | 2.25 | 1.82 | 1.91 | 1.92 | 2.24 | 1.85 | 2.00 | 1.79 | 2.08 | 2.15 |
| 1880 | 2.06 | 1.87 |      |      |      |      |      |      |      |      |

changements brusques de température, parfois très considérables, sont précisément l'une des caractéristiques climatologiques.

Il est certain que c'est dans les régions d'extrême continentalité, là où les chaleurs de l'été et les froids de l'hiver sont excessifs, là où les limites de la marche de la température sont les plus étendues, que les facteurs qui amènent les changements brusques du temps pourront produire les effets les plus marqués. C'est là que les variabilités interdiurnes pourront donc avoir les plus grandes valeurs, et c'est précisément ce que H a n n a démontré en faisant les calculs pour un assez grand nombre de stations<sup>2)</sup>.

Les valeurs des variabilités interdiurnes peuvent donc être considérées comme étant une caractéristique de la propriété de plus ou moins grande de continentalité climatologique.

Malgré tout l'intérêt qu'elles offrent, les variations séculaires des variabilités interdiurnes n'ont, à ma connaissance, été prises en considération que par M e r e c k i<sup>1)</sup>.

Ces données sont pourtant un excellent critérium de la réalité de l'existence des variations; elles suggèrent d'ailleurs l'hypothèse de changements de la fréquence des dépressions atmosphériques, hypothèse que les travaux de M e r e c k i<sup>2)</sup> rendent parfaitement plausible.

Or, que nous enseigne le diagramme?

Il nous montre à l'évidence que les valeurs n'oscillent pas au hasard en plus et en moins de la valeur moyenne qui est  $1^{\circ}98$ . C'est par périodes d'années que les écarts sont de préférence positifs, ou négatifs, par rapport à cette valeur.

Il est visible qu'à partir de l'année 1781 les valeurs vont en diminuant jusqu'au minimum de 1796. Les minima suivants s'observent vers 1819, 1847 et après 1882, tandis qu'il y a des maxima vers 1805, 1829 et vers 1867. Il y a une variation séculaire. Afin de la rendre bien apparente j'ai démarqué par des traits pointillés la zone délimitant les oscillations des valeurs. La comparaison avec la courbe de la variation séculaire des taches solaires montre que (s'il y a une relation entre les deux ordres de phénomènes considérés) le maximum de 1807 semble être anormal. C'est pourquoi j'ai également relié, sur le diagramme, le maximum de 1829 à celui de 1781 par une courbe régulière.

Pour connaître d'une façon plus exacte les positions des maxima et des minima, ainsi que les longueurs des intervalles, je devrais faire les calculs pour établir la courbe. C'est expressément que je tiens à éviter la précision sous ce rapport. Le diagramme nous démontre en effet des particularités peut-être plus intéressantes encore que les variations séculaires. Nous remarquons de fait qu'à partir de 1835 environ le caractère de la courbe change.

En 1853, nous avons une valeur extrêmement basse,  $1^{\circ}66$  (la plus basse si l'on excepte le minimum de 1796) et deux ans après, en 1855, c'est la valeur la plus élevée,  $2^{\circ}42$ , que nous notons. Il y a là un saut brusque.

Or, ce saut est précédé par les minima des années 1837, 1842, 1847, minima qui vont en s'accroissant de plus en plus. Puis, le maximum de 1855 est suivi par les maxima exceptionnels des années 1862, 1867, 1871, 1875 et 1880, maxima qui vont en décroissant régulièrement. Les intervalles des

<sup>1)</sup> Repertorium f. Meteor., Suppl.-Bd. III.

<sup>2)</sup> Julius Hann, Lehrbuch der Meteorologie, p. 116.

<sup>1)</sup> Prace mat.-fiz., t. XIV, XVI, Warszawa, 1903, 1905.

<sup>2)</sup> Rozprawy Akad. w Krakowie, XXV (1899), p. 429.

minima anormaux des années 1837 à 1853 sont 5 ans, 5 et 6 ans; les intervalles entre les maxima anormaux de la période de 1855 à 1880 sont 7, 5, 4, 4 et 5 ans.

D'autres particularités sont à remarquer: maxima intermédiaires en 1858, en 1864, effacé en 1869, légèrement apparent en 1873, mieux caractérisé en 1877; donc presque nul là où l'intervalle n'est que de 4 ans.

A titre de comparaison, j'ai fait les tracés à l'aide des données d'autres stations. Les chiffres calculés par W a h l é n donnent pour Wilno une courbe qui diffère assez sensiblement de celle de Varsovie.

Les minima et les maxima anormaux dont il vient d'être question se retrouvent dans la courbe de Wilno, mais la variation séculaire est autre. La valeur moyenne de la variabilité interdiurne est 2<sup>o</sup>0.

Or, à partir de 1778 jusqu'à l'année 1812, presque tous les chiffres sont supérieurs à cette valeur. Un maximum est bien marqué vers 1802. Le minimum qui le précède tombe vers 1793 et celui qui le suit s'observe en 1826. Les chiffres pour 1802 et 1826 sont respectivement 2<sup>o</sup>48 et 1<sup>o</sup>43 et la descente est parfaitement continue.

Mais, de 1826 à 1829 la courbe remonte brusquement. Les valeurs allant en diminuant de nouveau à partir de 1829, il y a là comme une rupture de la courbe, rupture très nettement apparente.

En ce qui concerne les autres courbes, il me suffira de dire qu'à Arkhangelsk on observe une montée assez régulière à partir de 1822 jusqu'en 1840, puis une descente brusque, une nouvelle montée de 1845 à 1857 suivie également d'une descente brusque, et puis, denouveau une montée allant depuis l'année 1859 jusqu'en 1882.

Cet exemple démontre que, de même que les variations séculaires de la pluie, les variations des variabilités interdiurnes doivent être étudiées station par station et région par région; car, il ne peut être question de simultanéités dans les apparitions des maxima et des minima.

J'ai fait cette même constatation, précédemment<sup>1)</sup>, en comparant entre elles les courbes exprimant les variations des différences des températures observées à 7<sup>h</sup> du matin et à 1<sup>h</sup> de l'après-midi en un certain nombre de stations de Russie. Ces différences dépendent de la marche diurne de la température. Elles sont grandes lorsque la marche diurne est élevée; elles sont donc les plus grandes pour les stations d'extrême continentalité.

Les variations des valeurs moyennes de ces différences semblent donc dénoter des variations de la propriété de continentalité.

Dans la 1-re colonne de chiffres du tableau suivant je donne ces différences, pour Varsovie, pour les années 1870 à 1904, d'après les moyennes

Tableau III.

|      | Δ temp.<br>1 <sup>h</sup> .-7 <sup>h</sup> . | Nébulosité       |                  |                  |     | jours         |              | Humidité<br>moy   |
|------|----------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----|---------------|--------------|-------------------|
|      |                                              | 7 <sup>h</sup> . | 1 <sup>h</sup> . | 9 <sup>h</sup> . | moy | cou-<br>verts | se-<br>reins |                   |
| 1870 | 4 <sup>o</sup> .8                            | 6.6              | 7.1              | 6.3              | 6.7 | 101           | 37           | 82 <sup>o</sup> . |
| 71   | 4.8                                          | 6.0              | 6.6              | 5.4              | 6.0 | 68            | 46           | 82 <sup>o</sup> . |
| 72   | 5.0                                          | 5.8              | 6.6              | 5.2              | 5.9 | 71            | 32           | 80                |
| 73   | 4.8                                          | 6.2              | 7.2              | 5.7              | 6.4 | 95            | 34           | 81 <sup>o</sup> . |
| 74   | 4.6                                          | 6.8              | 7.0              | 5.7              | 6.5 | 143           | 47           | 79                |
| 75   | 4.3                                          | 7.0              | 7.1              | 6.1              | 6.7 | 157           | 31           | 8 <sup>o</sup> .  |
| 76   | 4.2                                          | 7.0              | 7.2              | 6.1              | 6.8 | 158           | 38           | 81                |
| 77   | 4.1                                          | 7.2              | 7.3              | 6.3              | 6.9 | 160           | 37           | 80                |
| 78   | 4.3                                          | 6.8              | 7.1              | 6.1              | 6.7 | 144           | 40           | 80                |
| 79   | 4.0                                          | 7.2              | 7.3              | 6.5              | 7.0 | 165           | 36           | 80                |
| 1880 | 4.2                                          | 6.8              | 6.8              | 5.8              | 6.5 | 153           | 53           | 77                |
| 81   | 4.4                                          | 6.5              | 6.9              | 6.0              | 6.5 | 153           | 54           | 76                |
| 82   | 4.2                                          | 7.6              | 7.9              | 7.2              | 7.5 | 200           | 25           | 78                |
| 83   | 4.0                                          | 6.9              | 7.2              | 6.4              | 6.8 | 159           | 39           | 78                |
| 84   | 4.3                                          | 6.9              | 7.2              | 6.3              | 6.8 | 159           | 39           | 77                |
| 85   | 4.4                                          | 6.8              | 6.9              | 5.9              | 6.5 | 119           | 24           | 79                |
| 86   | 5.1                                          | 6.5              | 6.6              | 5.6              | 6.2 | 127           | 51           | 78                |
| 87   | 4.2                                          | 6.7              | 7.3              | 5.5              | 6.5 | 139           | 41           | 80                |
| 88   | 4.3                                          | 7.8              | 7.6              | 6.8              | 7.4 | 184           | 28           | 79                |
| 89   | 4.2                                          | 7.4              | 7.8              | 6.6              | 7.3 | 173           | 23           | 79                |
| 1890 | 4.9                                          | 7.2              | 7.7              | 6.5              | 7.1 | 171           | 32           | 80                |
| 91   | 4.9                                          | 7.5              | 7.8              | 6.4              | 7.2 | 174           | 35           | 81                |
| 92   | 5.6                                          | 7.0              | 7.2              | 6.1              | 6.8 | 157           | 38           | 76                |
| 93   | 4.9                                          | 7.6              | 7.9              | 6.1              | 7.2 | 176           | 29           | 80                |
| 94   | 5.1                                          | 7.3              | 7.5              | 6.4              | 7.1 | 175           | 45           | 79                |
| 95   | 5.3                                          | 7.2              | 7.9              | 6.6              | 7.2 | 186           | 33           | 77                |
| 96   | 4.8                                          | 7.4              | 7.7              | 6.7              | 7.3 | 188           | 32           | 80                |
| 97   | 4.5                                          | 7.2              | 8.0              | 6.8              | 7.3 | 198           | 33           | 81                |
| 98   | 4.6                                          | 7.6              | 7.9              | 6.7              | 7.1 | 184           | 32           | 81                |
| 99   | 4.7                                          | 8.0              | 8.0              | 6.9              | 7.6 | 194           | 22           | 80                |
| 1900 | 5.2                                          | 7.1              | 7.4              | 5.9              | 6.8 | 162           | 42           | 80                |
| 01   | 5.1                                          | 8.3              | 8.5              | 6.5              | 7.8 | 208           | 16           | 80                |
| 02   | 4.5                                          | 8.7              | 8.9              | 7.1              | 8.2 | 228           | 14           | 81                |
| 03   | 4.6                                          | 8.6              | 9.2              | 7.5              | 8.4 | 247           | 17           | 83                |
| 04   | 4.8                                          | 8.0              | 8.6              | 7.1              | 7.9 | 218           | 20           | 78                |

<sup>1)</sup> Bull. Soc. belge d'Astronomie, XII, p. 89.

annuelles des observations de 7<sup>h</sup>. et de 1<sup>h</sup>. renseignées dans les Annales de l'observatoire central de St.-Pétersbourg.

La comparaison des chiffres des années 1870 à 1882 avec ceux donnés par Wahlé<sup>n</sup> pour les variations moyennes interdiurnes démontre que la correspondance de ces deux séries de données n'est pas étroite. Au contraire, il y a une indépendance assez marquée entre ces deux ordres de phénomènes qui pourtant, a priori, sembleraient devoir être parfaitement connexes.

J'ai trouvé<sup>1)</sup> qu'à Pawlowsk les différences dont il s'agit sont en corrélation immédiate avec les nombres d'heures de soleil. Quand la somme annuelle d'heures de soleil est élevée, la marche diurne moyenne de la température l'est également. J'en ai déduit que de toute probabilité les variations des différences n'étaient qu'une question de variation de la nébulosité.

Les résultats des observations faites au Parc St.-Maur, à Paris, ont confirmé cette manière de penser. J'ai pu constater, en effet, que là les moyennes de la nébulosité, depuis l'année 1879 jusqu'en 1905, correspondent parfaitement aux différences des moyennes annuelles des maxima et minima diurnes de la température. Ces différences sont les plus grandes pour les années de moindre nébulosité. Je me propose d'étudier la question plus en détail plus tard. Pour le moment je désire simplement constater qu'à moins que les observations de la nébulosité faites à l'observatoire de Varsovie ne soient absolument fautives, ces observations, telles qu'elles sont, nous forcent d'admettre que la généralisation de mon interprétation de la signification de la variation séculaire des différences des températures observées à 1<sup>h</sup>. et à 7<sup>h</sup>. n'est pas fondée.

Car, en traçant la courbe d'après les données du tableau précédent on constate qu'à Varsovie les différences diminuent depuis 1870 jusqu'en 1879, qu'elles augmentent ensuite jusque 1892 pour diminuer après cette date.

Les tracés des valeurs de la nébulosité moyenne, de même que ceux des observations de 7<sup>h</sup>., de 1<sup>h</sup>. et de 9<sup>h</sup>., considérés séparément, démontrent sans doute des correspondances frappantes avec les valeurs précédentes (p. ex. minima en 1872, 1881, 1886, 1892, 1900, années pour lesquelles les différences atteignent précisément des valeurs exceptionnellement élevées, anormales), mais l'allure générale de la variation séculaire est différente.

A Varsovie la nébulosité va en effet en augmentant depuis 1872 jusqu'en 1903. De même, les nombres de jours couverts par an augmentent, tandis que les nombres de jours sereins diminuent, à partir de 1880 du moins.

<sup>1)</sup> *ibid.*, p. 92

En ce qui concerne les nombres de jours couverts, notamment, quelque différentes qu'aient été les appréciations de la nébulosité, il est inadmissible que les chiffres de 68, en 1871, et de 247 jours couverts notés en 1903, puissent être attribués à des différences d'appréciation.

Il faut donc bien admettre que la nébulosité est allée en augmentant, qu'elle a même augmenté dans des proportions vraiment énormes et que la variation séculaire de la nébulosité ne correspond ni à celle des marches diurnes de la température, ni à celle des quantités d'eau tombée.

Je pense que ce manque de relations directes entre les variations des différents éléments climatologiques prouve que le climat se transforme radicalement et que l'étude de ses changements devrait être poursuivie pour chaque saison considérée à part.

Il est probable que le cours du jeu des saisons change: que les courbes des marches annuelles varient.

A titre d'exemple je citerai le fait que la courbe de la marche annuelle de la température, à Toronto<sup>1)</sup>, calculée par Sabine d'après les observations de 1841 à 1852, diffère notablement de celle calculée par Kingston à l'aide des observations de 1859 à 1868. L'amplitude de la seconde courbe est plus grande que celle de la première, et, tandis que pour la période 1841 à 1852 le minimum s'observe le 12 février et le maximum le 28 juillet, les observations de 1859 à 1868 donnent les dates du 7 janvier et du 22 juillet pour les positions du minimum et du maximum de la marche annuelle. Un déplacement de plus de un mois de l'époque du maximum de froid est un fait vraiment remarquable.

Je n'insisterai pas sur les moyennes de l'humidité relative et je passe directement à l'examen des chiffres du tableau ci-après qui résume les moyennes annuelles de la température.

J'ai calculé les moyennes d'après les tableaux des moyennes mensuelles de Kowalczyk<sup>2)</sup>. Ces chiffres ne diffèrent, dans la plupart des cas, que fort peu de ceux du mémoire de Wahlé<sup>n</sup>. J'ai donné la préférence à ces derniers, de sorte que dans mon tableau les chiffres des années 1779 à 1882 sont ceux de Wahlé<sup>n</sup>, auxquels j'ai retranché la deuxième décimale afin d'en rendre la comparaison plus aisée avec les chiffres des années 1883 à 1903 qui ont été extraits des résumés annuels parus dans les Annales de St.-Pétersbourg. Les moyennes pour 1761 et 1762 sont empruntées au grand travail de Wild<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Charles A. Schott, Tables, distribution, and variations of the atmospheric temperature in the United States, p. 194 (Smithsonian Contributions to knowledge, vol. XXI, 1876).

<sup>2)</sup> Jan Kowalczyk, O spostrzeżeniach meteorologicznych w Warszawie (Pamiętnik Fizyograficzny, II (1882).

<sup>3)</sup> H. Wild, Die Temperatur-Verhältnisse des russischen Reiches, St. Petersburg, 1881. Prace mat.-fizyecz., t. XIX.

Tableau IV.

|      | 1                 | 2                 | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------|-------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1760 | 9 <sup>o</sup> .6 | 8 <sup>o</sup> .6 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   |
| 1770 | —                 | —                 | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 9.1 | 7.5 |
| 1780 | 8.6               | 7.3               | 8.5 | 7.8 | 5.3 | 5.8 | —   | 6.2 | 8.2 | —   |
| 1790 | 7.9               | 6.8               | 7.2 | 7.5 | 6.8 | 7.2 | 8.5 | 7.8 | 4.6 | —   |
| 1800 | —                 | —                 | —   | 6.3 | 5.3 | 8.3 | 8.1 | 6.2 | 6.7 | 6.5 |
| 1810 | 8.4               | 5.7               | 6.8 | 6.0 | 5.9 | 6.3 | 7.1 | 7.0 | 7.2 | 5.8 |
| 1820 | 6.5               | 8.0               | 6.4 | 7.4 | 7.2 | 8.2 | 8.6 | 7.5 | 5.3 | 7.4 |
| 1830 | 7.6               | 6.2               | 7.8 | 9.0 | 7.2 | 7.8 | 6.9 | 5.7 | 7.2 | 6.2 |
| 1840 | 8.3               | 6.8               | 8.3 | 6.4 | 6.6 | 8.3 | 6.7 | 8.0 | 6.5 | 7.2 |
| 1850 | 7.6               | 7.9               | 6.6 | 7.5 | 5.8 | 7.1 | 7.6 | 6.6 | 8.5 | 7.1 |
| 1860 | 7.6               | 6.9               | 9.0 | 5.9 | 7.2 | 8.3 | 6.7 | 8.8 | 8.0 | 5.8 |
| 1870 | 5.4               | 9.1               | 8.3 | 7.7 | 6.1 | 6.9 | 7.2 | 8.1 | 6.5 | 7.6 |
| 1880 | 6.3               | 8.5               | 7.3 | 8.1 | 7.7 | 7.5 | 7.2 | 6.3 | 7.3 | 8.2 |
| 1890 | 7.7               | 7.8               | 7.2 | 8.1 | 7.8 | 8.1 | 8.0 | 8.5 | 8.1 | 8.3 |
| 1900 | 8.2               | 6.5               | 8.6 | 7.5 |     |     |     |     |     |     |

1806—1810 = 7<sup>o</sup>.2

1811—1815 6.6

1816—1820 6.7

1821—1825 7.1

1826—1830 7.4

1831—1835 7.6

1836—1840 6.8

1841—1845 7.3

1846—1850 7.3

1851—1855 7.1

1856—1860 7.4

1861—1865 7.3

1866—1870 7.5

1871—1875 7.3

1876—1880 7.3

1881—1885 7.6

1886—1890 7.3

1891—1895 7.7

1896—1900 8.2

1811—1820 = 6<sup>o</sup>.62

1821—1830 7.25

1831—1840 7.16

1841—1850 7.31

1851—1860 7.23

1861—1870 7.42

1871—1880 7.29

1881—1890 7.44

1891—1900 7.96

(194)

Il est intéressant de faire remarquer que des années très rapprochées peuvent être caractérisées par des températures moyennes très différentes. La différence des températures moyennes des années 1829 et 1834, par exemple, ainsi que celle des années successives 1871 et 1872, atteint la valeur 3<sup>o</sup>.7.

Le diagramme ci-après nous montre la marche du phénomène des variations. Dès la première inspection de ce diagramme quelques faits intéressants nous frappent.

Ainsi il est visible que la température monte depuis 1812 (ou même depuis l'année 1800) jusqu'en 1827; un accroissement encore de beaucoup plus régulier s'observe à la fin de la série, pour les données des années 1888 à 1901 tout au moins.

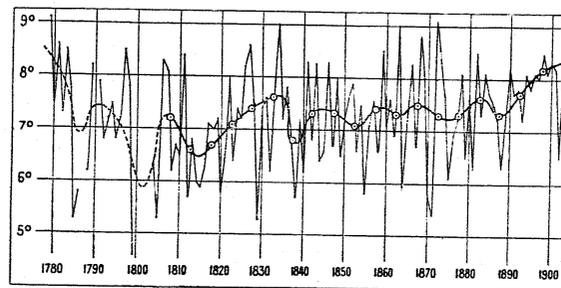


Fig. 3.

La période intermédiaire, et plus particulièrement celle des années 1855 à 1875 est, par contre, caractérisée par des oscillations très prononcées des valeurs annuelles de la température.

La courbe de la fin de la série fait l'impression d'être la suite naturelle de celle des années 1812 à 1825; la portion médiane, au contraire, se présente tout comme si elle exprimait la lutte de deux régimes, du régime ancien, plus froid, et du régime météorologique actuel, beaucoup plus chaud.

Si nous prenons en considération les valeurs moyennes des décades d'années, nous avons des chiffres variant entre 7<sup>o</sup>.23 et 7<sup>o</sup>.31 pour les décades 1821—30, 1841—50 et 1851—60, et puis, les chiffres presque identiques 7<sup>o</sup>.42 et 7<sup>o</sup>.44 pour les décades 1861—70 et 1881—90. Mais, on ne peut dire que la température s'est élevée depuis 1821 jusqu'à 1890 de 7<sup>o</sup>.25 à 7<sup>o</sup>.44 attendu que la montée n'est pas continue, les décades de 1831—40, de 1851—60 et de 1871—80 étant froides par rapport à celles qui les ont précédé et suivi. Aux deux bouts de cette série, en quelque sorte homogène, nous avons les valeurs extrêmes 6<sup>o</sup>.62 et 7<sup>o</sup>.96 pour les décades 1811—20 et 1891—1900

(195)

Dans le cas des observations de Greenwich, de celles de Paris, de celles d'autres longues séries d'observations météorologiques faites dans des villes ou à proximité de grandes cités, il a été démontré que l'accroissement de la température qui y a été noté est dû—du moins en grande partie—à l'influence progressivement plus grande de ces centres d'habitations. Il est d'ailleurs bien connu que les températures des villes sont plus élevées que celles des campagnes environnantes. Il est donc impossible de nier qu'une ville dont la vitesse d'accroissement est comparable—toutes proportions gardées—à celle de Londres, n'ait joué aucune influence sur la température de l'air de ses environs immédiats. Il est certain que Varsovie influence les températures observées dans le Jardin botanique, situé au S. de la ville. La valeur actuelle de l'accroissement de la température due à cette influence pourrait être aisément déterminée. Il existe même des comparaisons anciennes.

En apparence il serait par conséquent possible d'éliminer l'influence de la ville. Je dis en apparence seulement, car j'ai la conviction qu'en cherchant à corriger les chiffres résultant des observations—chiffres qui ont d'ailleurs déjà subi certaines corrections—on introduirait inévitablement des considérations arbitraires et l'on fausserait tout simplement les résultats.

Je crois donc qu'il est préférable de conserver les résultats tels qu'ils sont.

Sans aucun doute la différence de 1°34, entre la moyenne des observations de 1891 à 1900 et celle des années 1811 à 1820, est une valeur trop grande; il en est de même de la différence 1°6, que nous donnent les lustres 1896—1900 et 1811—1815; il en est de même aussi de la valeur 1°8 qui exprime approximativement l'amplitude de la variation séculaire constatée.

Si les conditions locales n'avaient pas changé, ces différences seraient certainement un peu plus petites. Mais, nous ne saurions établir les différences réelles avec quelque exactitude satisfaisante, et, par conséquent, tout ce que l'on peut dire c'est que: vers 1900 la température à Varsovie était notablement supérieure à ce qu'elle a été vers 1800, la différence des températures annuelles de ces deux époques dépassant bien certainement 1°C. Une différence d'un même ordre de grandeur s'observe également dans le cours des XVIII<sup>e</sup>. siècle<sup>1</sup>).

On a beaucoup écrit à propos de l'influence du déboisement sur le climat.

Il semble indiscutable que le travail de dévastation de la nature, que l'homme civilisé ne cesse de poursuivre, a contribué à rendre parfaitement

désertiques des régions qui étaient florissantes autrefois. Mais cela est dû à diverses raisons. Ainsi, dans les pays montagneux—et même sur de simples coteaux—c'est le sol qui a été enlevé par les eaux ruisselantes et torrentielles là où des forêts ont été détruites. Ailleurs, le rendement des sources et des rivières est devenu plus irrégulier qu'il n'était. Mais il est probable que la quantité des précipitations atmosphériques a également diminué. Quant à la température de l'air, la question est discutable.

Il semble que le déboisement rend les étés plus chauds, peut-être aussi le climat plus continental,—ce qui n'impliquerait pas nécessairement une augmentation des températures moyennes annuelles mais une simple accentuation du jeu des saisons qui, suivant les cas, pourrait ne pas agir sur les valeurs des températures moyennes annuelles ou produire un abaissement dans certaines régions, une augmentation dans d'autres.

Quoi qu'il en soit, dans la discussion des variations séculaires du climat de Varsovie, à côté du facteur d'ordre purement local qu'est l'influence de la ville, nous avons dans le déboisement un deuxième facteur à prendre en considération et ce facteur est même plus important que le premier, puisqu'il est d'ordre plus ou moins régional, puisqu'il intéresse également les données d'autres stations d'observations.

Dans ces conditions, il me paraît évident que la moyenne des températures d'une certaine période d'années, celle de toute la série des années d'observations par exemple, ne peut pas être considérée comme étant la température normale; il est impossible de dire de quelle quantité la température est actuellement au-dessus de la normale, ni de quelle quantité elle était en dessous de la normale au commencement du siècle passé. Je dis que cela est évident, puisque, de par le fait de l'influence croissante de la ville et de par le fait du déboisement progressif de la contrée, toute la courbe de la variation séculaire est penchée. L'axe ou les axes des abscisses par rapport auxquels il faudrait la rétablir nous sont malheureusement inconnus.

Dans l'hypothèse maintenant qu'on pourrait rétablir la courbe à la position normale, il y a une autre raison pour laquelle la moyenne de toutes les années d'observations de la température à Varsovie (de même qu'ailleurs) ne peut être considérée comme représentant une valeur normale, c'est que cette série ne comprend pas un cycle complet de la variation séculaire.

Il y a bien un maximum vers 1779 (ou vers 1760) qui correspond peut-être au maximum de 1900, mais de fait, le maximum correspondant à celui de 1900 a pu avoir précédé l'année 1779, qui marque le commencement de notre courbe, et puis, du reste, il faudra attendre bien des années encore avant de savoir si l'année 1900 peut effectivement être considérée comme étant celle d'un maximum de la variation séculaire.

<sup>1</sup> Wild a discuté la question pour les observations de St.-Petersbourg (voyez loc. cit., p. 274).

Un fait est certain: c'est que, dans ses grandes lignes, la courbe de la marche générale de la température à Varsovie présente quelques analogies frappantes avec la courbe qui exprime la variation séculaire de la fréquence des taches solaires. A ce propos une remarque s'impose.

Tout récemment, N e w c o m b<sup>1)</sup> a apporté une contribution très importante à ce vieux problème de l'influence de la période de 11 ans des taches solaires sur la température de l'air, dans les régions tropicales en particulier. La quantité de matériaux d'observations que N e w c o m b a manipulé est considérable et le résultat auquel il est arrivé est que l'influence cherchée existe il est vrai, mais qu'elle est exprimée par un chiffre de beaucoup moindre à celui trouvé par K ö p p e n dans le temps. L'amplitude ne serait que 0°.26 C. et il semblerait vraiment qu'il n'y a plus lieu de chercher dans cette voie les causes des grandes variations des climats.

Pourtant, les résultats des recherches sur la radiation solaire, recherches qui ont été poursuivies à l'observatoire de la Smithsonian Institution par L a n g l e y d'abord, par A b b o t<sup>2)</sup> ensuite, prouvent que des variations de l'intensité du rayonnement calorifique du soleil existent réellement et qu'elles influencent la température d'une façon très sensible à la surface de la terre. A Varsovie, G o r c z y Ń s k i<sup>3)</sup> travaille dans le même ordre d'idées.

S'il existe un certain parallélisme entre les variations du rayonnement calorifique du soleil et la fréquence des taches, comme cela paraît probable a priori, le résultat pratiquement négatif auquel N e w c o m b est parvenu ne peut être expliqué qu'en admettant que la méthode des sommations des résultats de stations météorologiques différentes est inadmissible. Car, il ne faut pas perdre de vue que, pour une cause commune, tout changement de climat d'une région donnée ne doit pas nécessairement être accompagné de changements identiques dans d'autres régions.

Afin de voir jusqu'à quel point les moyennes de la température de Varsovie sont influencées par les variations de la fréquence des taches solaires, j'ai superposé les 7 cycles comprenant les années 1826 à 1898 de telle sorte que les moyennes des années des maxima de taches (M) se trouvaient sur une même colonne, les années précédentes sur des colonnes à gauche (—1, —2, —3 et —4) et les années suivant celles des maxima à droite (1, 2, 3, 4, 5).

J'ai utilisé les chiffres de K o w a l c z y k et j'ai obtenu comme moyennes (des moyennes annuelles ainsi que de celles des mois de janvier et de juillet) les chiffres suivants:

Tableau V.

|           | janvier | juillet | différences |
|-----------|---------|---------|-------------|
| 1811—1820 | —6°.00  | 18°.22  | 24°.22      |
| 1821—1830 | —6.64   | 19.12   | 25.76       |
| 1831—1840 | —5.08   | 18.52   | 23.60       |
| 1841—1850 | —5.85   | 18.10   | 23.95       |
| 1851—1860 | —2.90   | 18.84   | 21.74       |
| 1861—1870 | —3.75   | 18.66   | 22.41       |
| 1871—1880 | —3.57   | 18.70   | 22.27       |
| 1881—1890 | —3.33   | 18.99   | 22.32       |
| 1891—1900 | —4.11   | 19.21   | 23.32       |

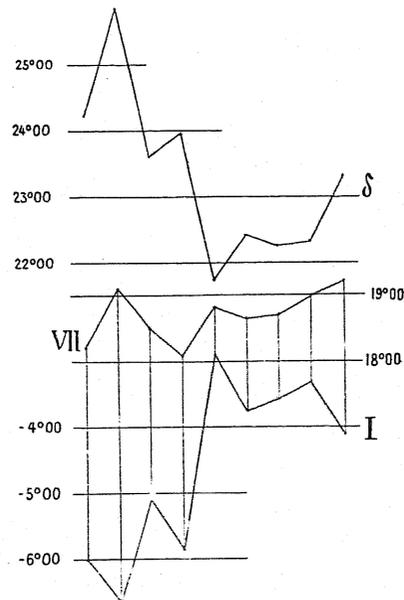


Fig. 4.

<sup>1)</sup> Transactions of the American Philosophical Society, XXI, Philadelphia, 1908.

<sup>2)</sup> American Journal of Science, XXV (1908), p. 532.

<sup>3)</sup> Bull. météorol. du département de l'Hérault, Montpellier, 1906.

|         | -4              | -3              | -2              | -1              | M               | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Ann.:   | 7 <sup>05</sup> | 7 <sup>08</sup> | 7 <sup>06</sup> | 7 <sup>06</sup> | 7 <sup>01</sup> | 7 <sup>00</sup> | 7 <sup>05</sup> | 7 <sup>08</sup> | 7 <sup>08</sup> | 7 <sup>01</sup> |
| janv.:  | -4.2            | -2.3            | -4.8            | -4.5            | -7.0            | -7.2            | -5.1            | -3.0            | -2.8            | -3.1            |
| juill.: | 18.1            | 19.6            | 20.0            | 18.7            | 18.5            | 19.2            | 18.9            | 19.7            | 19.4            | 18.6            |

Il semble résulter de ces chiffres que pendant le cycle de 11 ans, des taches solaires, la température subit à Varsovie une double oscillation, et que l'influence des taches se manifeste plus nettement en hiver qu'en été.

Mais cette question mérite d'être étudiée à part. Ce n'est qu'incidemment que je la soulève ici, tout simplement pour y rattacher les quelques premiers résultats d'une autre étude d'orientation que je désire mentionner.

Jusque maintenant il n'a été question que de valeurs annuelles des éléments du climat. Ce serait évidemment un tort de s'en tenir à ces données dans une étude des variations séculaires. Les températures du mois de janvier que je viens de considérer à part le prouvent à l'évidence.

Il en est de même du tableau et de la figure ci-devant qui nous renseignent les températures moyennes des mois de janvier et de juillet des décades d'années ainsi que les différences de ces nombres.

Or, janvier étant le mois le plus froid et juillet étant le mois le plus chaud, les différences de leurs moyennes nous permettent d'apprécier l'amplitude de la marche annuelle de la température.

La marche annuelle de la température est une donnée climatologique importante. Son amplitude est la plus grande dans les régions d'extrême continentalité des zones tempérées, ainsi que dans les régions polaires, tandis qu'elle est faible sur l'océan. La variation des différences des températures moyennes de janvier et juillet est donc réellement instructive puisqu'elle nous enseigne une variation de la propriété de continentalité.

Le diagramme nous montre que cette variation des amplitudes des marches annuelles de la température est due surtout à une variation très notable des températures moyennes des mois de janvier. Il est donc visible que l'étude de la variation séculaire du caractère des hivers l'impose.

Les moyennes annuelles de la pression atmosphérique, qui se trouvent renseignées dans le tableau ci-après, ont été calculées à l'aide des tableaux mensuels publiés par Jan Kowalczyk<sup>1)</sup>. Les moyennes des années 1881 à 1904 ont été recherchées dans les Annales de St.-Petersbourg.

En traçant le diagramme qui traduit ces chiffres graphiquement on peut aisément se rendre compte des variations que la hauteur barométrique a subi à Varsovie.

<sup>1)</sup> Pamiętnik Fizyograficzny, II. Warszawa, 1882.

Tableau VI.

|      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1820 | —     | —     | —     | —     | —     | 51.37 | 48.93 | 49.78 | 49.51 | 49.75 |
| 1830 | 49.60 | 52.44 | 49.57 | 51.43 | 50.50 | 48.62 | 50.06 | 49.55 | 49.98 | 50.40 |
| 1840 | 49.54 | 50.99 | 48.83 | 49.24 | 48.94 | 49.26 | 50.56 | 49.88 | 49.35 | 49.07 |
| 1850 | 50.32 | 49.68 | 49.50 | 49.22 | 49.57 | 49.47 | 52.08 | 51.72 | 49.86 | 48.83 |
| 1860 | 50.32 | 51.17 | 50.92 | 50.59 | 50.67 | 49.10 | 48.77 | 50.07 | 50.21 | 50.43 |
| 1870 | 50.57 | 49.69 | 50.04 | 50.14 | 50.55 | 49.79 | 49.47 | 48.71 | 49.60 | 50.39 |
| 1880 | 51.2  | 50.6  | 50.5  | 51.1  | 50.1  | 50.4  | 50.2  | 50.0  | 49.8  | 50.6  |
| 1890 | 50.8  | 50.2  | 50.3  | 51.0  | 50.0  | 51.4  | 51.8  | 51.0  | 50.3  | 50.5  |
| 1900 | 50.6  | 51.0  | 50.8  | 51.9  |       |       |       |       |       |       |

|           |                         |
|-----------|-------------------------|
| 1831—1840 | = 750. <sup>mm</sup> 21 |
| 1841—1850 | 49.57                   |
| 1851—1860 | 50.02                   |
| 1861—1870 | 50.22                   |
| 1871—1880 | 49.89                   |
| 1881—1890 | 50.45                   |
| 1891—1900 | 50.73                   |

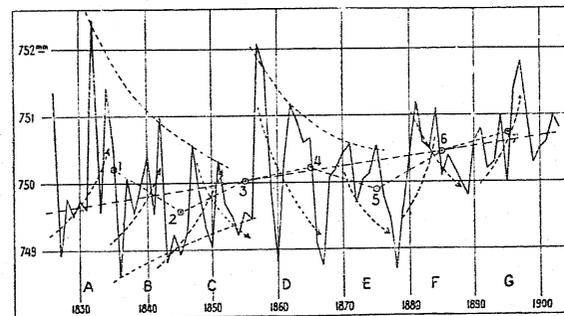


Fig. 5.

A priori on pourrait s'imaginer qu'il doit y avoir des connexions entre les variations de la température et celles de la pression. Pourtant, la comparaison des années pour lesquelles on a observé des hauteurs barométriques

très élevées, ou très basses, avec les données relatives à la température, démontre qu'il n'en est pas toujours ainsi. Cependant, de même que pour la température, la courbe des pressions monte. La comparaison des valeurs des décades d'années le prouve également. Mais cette montée n'est pas régulière. Bien accusée pendant la dernière décade d'années—ou même à partir de 1878—elle ne l'est pas aussi bien au cours des années précédentes.

Du reste, le diagramme nous montre qu'il semble y avoir des discontinuités plutôt que des oscillations successives.

Tout en me rendant compte du caractère purement hypothétique du schéma de lignes que j'ai superposé à la courbe des variations, je désire résumer la signification de ces traits en peu de mots. Une ligne droite unissant les données des décades 3, 4, 6 et 7 représente la montée générale des valeurs.

La courbe peut être décomposée en groupes d'années *A*, *B*, *C* etc. Dans les groupes *A* et *B* nous constatons une montée rapide de la pression; dans le groupe *A*, par exemple, à partir de 748.9 de l'année 1827 à 752.4 de l'année 1832, dans le groupe *B* de 748.6 de l'année 1836 à 750.9 de l'année 1842.

Des flèches indiquent le sens de ces montées.

Or, le groupe *C* diffère des précédents par le fait qu'on peut y admettre tout aussi bien une montée des valeurs des années 1843 à 1851 qu'une descente de celles des années 1847 à 1854. Deux flèches entrecroisées représentent le fait.

Dans les groupes *D* et *E*, par contre, la descente est manifeste. Le groupe *F* est denouveau indifférent, tandis que le groupe *G* est caractérisé par une montée bien apparente.

Il me paraît certain que la signification de ces flèches se rattache à des phénomènes de variations d'ordre plus général et intéressant la marche des phénomènes météorologiques de tout notre continent.

D'autre part, il est visible que les limites entre lesquelles les pressions moyennes oscillent d'année en année ne sont pas constantes. Les oscillations des valeurs vont en diminuant depuis 1832 à 1855; puis, les groupes *D* et *E* sont denouveau caractérisés par de fortes oscillations; ces oscillations sont plus faibles dans la suite et semblent aller en augmentant dans le groupe *G*. Ce sont donc les groupes *C* et *F* qui, sous ce rapport encore, apparaissent comme étant indifférents.

Ce diagramme suggère une analyse plus détaillée et cette analyse ne peut se faire qu'en séparant les données par saisons.

Je crois du reste que dans le cas de la pression atmosphérique l'étude détaillée des variations séculaires nécessite la construction de cartes. J'é-

tudie à présent les données météorologiques d'un assez grand nombre de stations de la Russie d'Europe et d'Asie ainsi que celles des stations scandinaves. Cette étude me mènera j'espère à des résultats plus généraux et dans la discussion de ces résultats j'aurai l'occasion de prendre en considération d'une façon plus détaillée les observations barométriques faites à Varsovie.

Quoi qu'il en soit, un fait extrêmement intéressant est en connexion immédiate avec la variation séculaire des pressions: c'est que les roses des vents varient.

Je dis que ces phénomènes sont connexes, car la variation de la rose des vents implique comme hypothèse la plus probable une variation angulaire de l'isobare passant par le lieu d'observation, accompagnée peut-être d'une variation du gradient.

Une variation du gradient doit en effet rendre les vents venant d'un côté de plus en plus prédominants sur les vents venant de l'autre côté; de même, une variation angulaire des isobares doit produire une variation angulaire des vents.

La variation des roses des vents rend donc très probable une variation séculaire de la répartition géographique de la pression atmosphérique.

J'ai pu me rendre compte qu'avec le cours des années la fréquence des vents des différentes directions varie entre des limites très étendues pour certaines stations. Je citerai Toulouse à titre d'exemple, les résultats des observations de cette station ayant attiré mon attention sur ce sujet. À ma connaissance il n'existe que peu de constations relatives aux variations séculaires des roses des vents. Le travail de Tidblom<sup>1)</sup> sur les observations de Lund est l'un de ceux que j'ai examiné de plus près<sup>2)</sup>. À Varsovie, les sommes annuelles des observations faites trois fois par jour donnent les chiffres du tableau suivant:

Tableau VII.

|           | <i>N</i> | <i>NE</i> | <i>E</i> | <i>SE</i> | <i>S</i> | <i>SW</i> | <i>W</i> | <i>NW</i> | calmes |
|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|--------|
| 1871—1880 | 937      | 760       | 986      | 1706      | 1045     | 1353      | 1963     | 1079      | 1128   |
| 1881—1890 | 1053     | 752       | 681      | 1290      | 1409     | 1412      | 1581     | 1420      | 1340   |
| 1891—1900 | 982      | 601       | 477      | 907       | 1525     | 1489      | 1658     | 1584      | 1732   |

<sup>1)</sup> Lunds Universitets Årsskrift, t. XII (1876).

<sup>2)</sup> Je n'ai pas étudié les travaux cités par F. G. H a l n (Beziehungen d. Sonnenfleckenperiode zu met. Erscheinungen, p. 99 et suivantes. Leipzig, 1877) et par H e r m a n n F r i t z (Naturkundige Verh. III, Haarlem, 1878, p. 185 et suivantes).

Un premier fait à noter est l'augmentation de la fréquence des calmes.

Ensuite, nous voyons que les vents *NW*, *S* et *SW* augmentent progressivement de fréquence, que les vents *NE*, *E* et *SE* diminuent.

En plus, en construisant les roses des vents, on constate une grande différence entre celle des années 1871—1880 et les deux autres. La première est allongée suivant les directions *W* et *SE*, la deuxième indique une rotations des vents *W* vers le *NW*, des vents *SE* vers le *S*, la troisième enfin accentue légèrement ce mouvement de rotation, surtout dans la partie *S*, mais diffère principalement de la seconde par ce fait que les vents *S* à *NW* sont plus fréquents, tandis que les vents *N* à *SE* le sont moins.

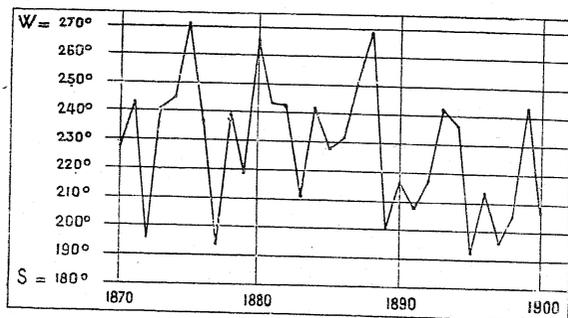


Fig. 6.

Les rapports des vents  $\frac{SW+W}{NE+E}$  sont: 1,90, 2,09 et 2,92.

Les rapports de fréquence des vents *NW* : *SE* sont: 0,63, 1,10 et 1,75.

Mais les sommes de groupes de dix années d'observations pourraient nous faire supposer que les faits constatés sont dus à un simple mouvement de rotation, à un déplacement continu de la résultante des vents.

Il n'en est rien. Ou, du moins, à St.-Petersbourg il n'en est pas ainsi.

En effet, le diagramme ci-dessus qui représente les résultantes des observations horaires de la direction du vent à St.-Petersbourg<sup>1)</sup> nous permet de voir que les déplacements des roses des vents s'effectuent par saccades.

<sup>1)</sup> Les chiffres utilisés ont été copiés des tableaux récapitulatifs des Annales de l'Observatoire Central de St.-Petersbourg. Pour l'année 1872 le chiffre *S* 15° 46' *W* de Peratum du volume de l'année 1878 a été adopté au lieu de l'indication *S* 45° 46' *W* qui pourtant a été reproduite par Rykatschew dans son mémoire sur les résultantes des indications des anémographes de Croustadt et de St.-Petersbourg (Repert. f. Meteor., vol. XII).

En prenant les directions moyennes par décades d'années, on obtiendrait des chiffres différant assez sensiblement entre eux, de même que ceux qui expriment les roses des vents des décades d'années pour Varsovie, mais ces chiffres ne nous permettraient pas d'entrevoir toute la complexité du phénomène que le diagramme nous démontre si bien.

Ce diagramme fait l'impression de représenter des pulsations.

C'est le même genre de diagramme que l'était celui des différences interdiurnes de la température à Varsovie et, pour les années 1870—82, communes aux deux diagrammes, il y même des correspondances vraiment curieuses<sup>1)</sup>.

Il est donc visible que les variations séculaires des climats doivent être analysées dans tous leurs détails, et que, pour que cette étude nous permette de comprendre le mécanisme de l'enchaînement des causes et des effets, les résultats des observations d'une station doivent être comparés à ceux d'autres stations, et les variations du climat d'une région aux variations observées simultanément dans d'autres régions; car, ce n'est que de la sorte que les corrélations existantes pourront être constatées et comprises.

Actuellement j'ai l'impression que les sommations des données météorologiques par lustres ou par décades d'années ne peuvent être employées qu'accessoirement et que les moyennes de celles de stations différentes doivent être absolument évitées. Ainsi je pense que la période de 35 ans, que Brückner s'est efforcé d'établir pour la variation des climats, n'a aucune existence réelle; je pense que cette période globale n'est que le résultat d'un mélange de périodes.

Même a priori il semble évident qu'il faut examiner ce qui se passe dans chaque station considérée à part—et cela sans idées préconçues—et qu'il faut également procéder par une méthode graphique, par le tracé de cartes annuelles ou même mensuelles.

Car, si même les variations séculaires des climats n'étaient dues qu'à une seule cause extraterrestre, il est parfaitement imaginable que l'effet produit sera simultanément différent en des régions différentes du globe. Mais rien ne nous dit qu'il n'y a qu'une seule cause.

Nous pouvons donc nous imaginer que sur les bords des masses continentales apparaîtront certaines oscillations, disons de courte durée, qui ne seront pas ressenties plus loin,—qu'ailleurs, au contraire, des périodes plus longues se manifesteront, ailleurs encore d'autres variations, plus len-

<sup>1)</sup> Les résultantes du vent calculées par Koepen (Repert. f. Met., vol. I) d'après les observations faites à Simféropol, pendant les années 1822 à 1851, donnent un diagramme non moins intéressant mais dont l'aspect est très différent de celui de St.-Petersbourg.

tes et beaucoup plus accentuées; et, nous pouvons aussi nous imaginer des zones ou des régions de grande stabilité du climat.

En faisant des sommations on effacera dans ce cas la réelle apparence des choses, pour arriver à un terme moyen de la longueur des périodes, terme qui n'aura en réalité aucune signification, la durée même qu'il représentera devant dépendre de la combinaison des variations prises en considération. Je pense donc qu'il y a un réel avantage à analyser les variations individuellement, une par une, et station par station, et je crois qu'une telle analyse nous mènera inévitablement à la connaissance si non à la compréhension de la dynamique des climats.

Bruxelles, le 25 juin 1908.

ZDZISŁAW THULLIE.

## O niektórych zagadnieniach elektronowej teorii metali.

Dla wielu dociekań z dziedziny teorii elektronowej metali stanowi punkt wyjścia praca J. J. Thomsona, ogłoszona w r. 1900 w „Rapports présentés au Congrès international de physique“ (t. III, Paris). W rozprawie tej wyjaśnia autor niektóre zjawiska, zachodzące w metalach, wychodząc z założeń pierwszej ze swych obu elektronowych teorii metali, ogłoszonych niedawno w dziele: „Corpuscular theory of matter“ (London, 1907), t. j. przyjmując wyłączny i bezpośredni udział elektronów wolnych u metali, w zjawiskach, w nich zachodzących. W pracy, poprzednio wymienionej, zwraca uwagę między innymi opracowanie dwóch zagadnień, a mianowicie wyjątkowej u bizmutu zależności stałej diamagnetyzmu od temperatury i najsilniej u tegoż metalu występującej zmiany przewodnictwa elektrycznego w polu magnetycznym poprzecznym; pierwszy problem, napozór pozbawiony ogólniejszego znaczenia, nie wiele był dotąd omawiany, drugi zaś opracowywano z niejednego punktu widzenia; żaden z nich jednak nie jest dotychczas rozwiązany w sposób jasny i kategorycznie pewny. Okoliczność ta skłoniła mię do obrania za przedmiot niniejszej pracy wniknięcie w szczegóły opracowania tego problemu przez Thomsona, względnie innych uczonych, wychodzących z odmiennych założeń, tudzież ewentualne dojście do pewnych wyników ogólniejszego znaczenia.