

Elwira Żmudzka

LES VARIATIONS CYCLIQUES DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR AU-DESSUS DU TERRITOIRE DE LA POLOGNE

Les changements du climat de la Terre et les causes de ceux-ci comptent parmi les problèmes essentiels de la climatologie moderne. Les changements en question doivent être examinés à l'échelle aussi bien globale que régionale. Une analyse des variations périodiques des éléments climatiques y occupe une place très importante.

La communication présente se pose pour but de déterminer les variations cycliques de la température de l'air au-dessus du territoire de la Pologne, avec un accent particulier mis sur les variations de courte durée.

Nous nous sommes basés sur les moyennes mensuelles de la température de l'air dans les années successives de la période 1951-1990, enregistrées par 58 stations météorologiques relevant de l'Institut de Météorologie, réparties de façon régulière dans le territoire de la Pologne (fig. 1). Le fait que dans les calculs on a pu tenir compte d'un nombre important de stations a permis d'examiner la différenciation spatiale des cycles des variations de la température dans le temps: leurs durées respectives, leurs amplitudes et extrêmes (décalages de phase).

Les conclusions statistiques ont été basées sur les séries chronologiques des moyennes consécutives des 12 mois, avec un décalage d'un mois.

Les périodes réelles de la température de l'air ont été déterminées à l'aide de la méthode de Boryczka, à savoir la méthode de "cycles réels" per-

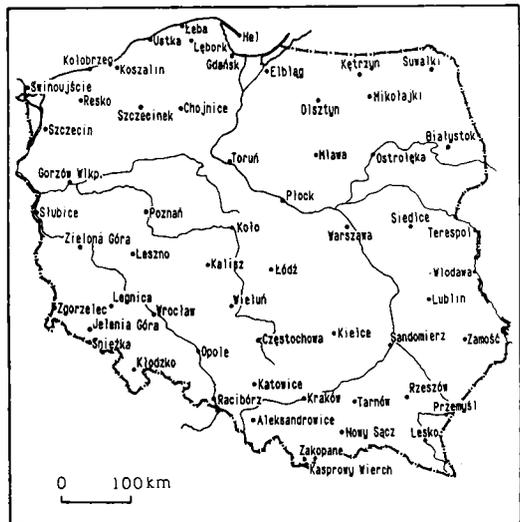


Fig. 1. La répartition des stations météorologiques dans le territoire polonais

mettant la détermination des spectres denses de l'oscillation (Boryczka 1993). Cette méthode consiste en ce qu'une série chronologique des résultats des mesures y_1, y_2, \dots, y_n effectuées dans le temps t_1, t_2, \dots, t_n , a été approximée à l'aide des sinusoïdes successives de la régression

$$T = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta}t + c\right)$$

où Θ — période, b — amplitude, c — décalage de phase, t — temps exprimé dans les années ($t = 0$ en 1950). La période de la sinusoïde était changée chaque mois ($\Delta\Theta = \frac{1}{12} = 0,0833$) dans la tranche de 0,25-50 ans.

Les maxima locaux des spectres denses de l'oscillation b_T (dans la série d'amplitudes b_1, b_2, \dots, b_n) ont été considérés comme les périodes réelles de la température de l'air. Leurs correspondants sont les minima d'une variance résiduelle et les maxima du coefficient de la corrélation multiple. Ces coefficients ont servi à la vérification des cycles désignés à l'aide du test Fisher-Snedecor aux degrés de liberté 2 et $n-3$.

Les spectres denses de l'oscillation des valeurs moyennes consécutives de la température des 12 mois contiennent jusqu'à 13 rythmes déterminés avec la précision $\Delta\Theta = 0,0833$ d'un an.

	Świnoujście	Wrocław	Hel	Warszawa	Kasprowy Wierch	Suwałki	Przemysł
1.	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
2.	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
3.	2,17	2,17	2,17	2,17	2,25	2,25	2,17
4.	2,42	2,42	2,42	2,42	2,58	2,42	2,42
5.	2,75	2,67	2,75	2,83	2,83	2,75	2,83
6.	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17	3,17
$\Theta_T = 7$	3,58	3,58	3,58	3,67	3,58	3,58	3,50
8.	.	.	5,58	5,50	5,08	5,58	5,42
9.	5,83	5,92	.	5,83	6,00	.	.
10.	7,67	7,58	7,75	7,67	7,67	7,75	7,67
11.	10,17	10,08	10,25	10,25	10,17	10,17	10,33
12.	.	14,08	.	.	13,67	.	.
13.	15,75	.	15,42	.	.	15,42	15,83

Les périodes ci-dessus correspondent aux maxima locaux des spectres denses de l'oscillation b_T ($B_T = 2b_T$).

	Świnoujście	Wrocław	Hel	Warszawa	Kasprowy Wierch	Suwałki	Przemysł
1.	0,37	0,43	0,36	0,44	0,40	0,46	0,50
2.	0,34	0,34	0,37	0,41	0,32	0,47	0,36
3.	0,33	0,37	0,33	0,43	0,28	0,55	0,58
4.	0,42	0,38	0,37	0,31	0,38	0,32	0,22
5.	0,44	0,39	0,49	0,44	0,33	0,58	0,46
6.	0,56	0,56	0,48	0,64	0,53	0,56	0,76
$R_T = 7$	0,56	0,55	0,60	0,54	0,70	0,59	0,48
8.	.	.	0,68	0,79	0,41	0,92	0,74
9.	0,74	0,74	.	0,78	0,49	.	.
10.	1,41	1,41	1,16	1,47	0,72	1,49	1,35
11.	0,34	0,50	0,37	0,43	0,38	0,45	0,46
12.	.	0,41	.	.	0,37	.	.
13.	0,55	.	0,65	.	.	0,59	0,37

Un point signifie l'absence d'un cycle donné dans le spectre dense de l'oscillation.

Les valeurs critiques des coefficients de corrélation multiple R_T aux niveaux de signification de 0,10; 0,05 d'après le test de Fisher-Snedecor s'élèvent respectivement à 0,099 et 0,113, ainsi toutes les périodes réellement découvertes sont statistiquement importantes au seuil de confiance de 90 et 95 %.

	Świnoujście	Wrocław	Hel	Warszawa	Kasprowy Wierch	Suwałki	Przemysł
1.	0,17	0,20	0,18	0,19	0,24	0,18	0,22
2.	0,16	0,16	0,18	0,17	0,19	0,18	0,16
3.	0,15	0,17	0,16	0,18	0,17	0,22	0,26
4.	0,19	0,18	0,18	0,13	0,22	0,13	0,10
5.	0,20	0,18	0,24	0,19	0,20	0,23	0,20
6.	0,26	0,26	0,23	0,27	0,31	0,22	0,34
$R_T = 7$	0,26	0,26	0,29	0,23	0,41	0,23	0,21
8.	.	.	0,33	0,33	0,24	0,36	0,32
9.	0,34	0,34	.	0,33	0,29	.	.
10.	0,65	0,67	0,56	0,63	0,43	0,59	0,60
11.	0,16	0,23	0,18	0,18	0,22	0,18	0,20
12.	.	0,19	.	.	0,22	.	.
13.	0,25	.	0,32	.	.	0,23	0,16

Les résultats obtenus correspondent aux résultats des recherches menées par d'autres auteurs (dont, entre autres, Boryczka 1993, Trepńska 1971).

Parmi les cycles désignés, "le plus fort" (c'est-à-dire à la plus grande amplitude et au plus grand coefficient de la corrélation multiple R) dans le territoire de la Pologne est le cycle de 7,7 ans considéré comme la principale

“période terrestre” (Kuziemska 1961). Quant aux cycles courts des variations de la température de l’air, le cycle de 3,6 ans est également important. Ainsi, dans la suite de la communication présente, on a effectué une analyse de la répartition spatiale des paramètres de ces cycles.

Les équations des sinusoides de régression décrivant le cycle de 7,7 ans ainsi que les présentations graphiques (fig. 2A) de celles-ci indiquent le

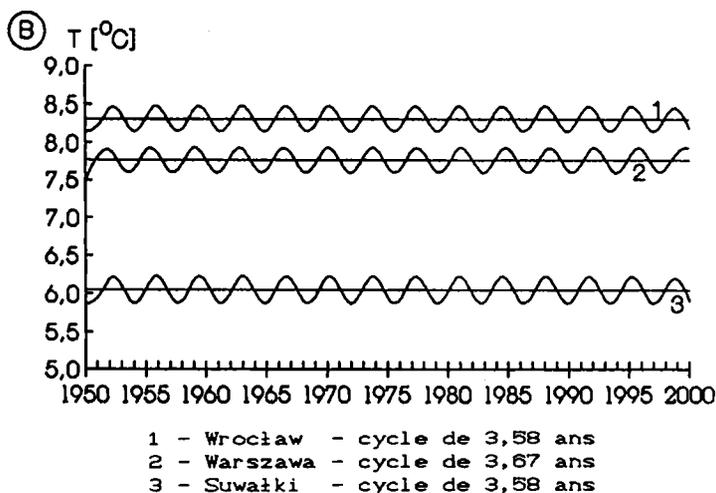
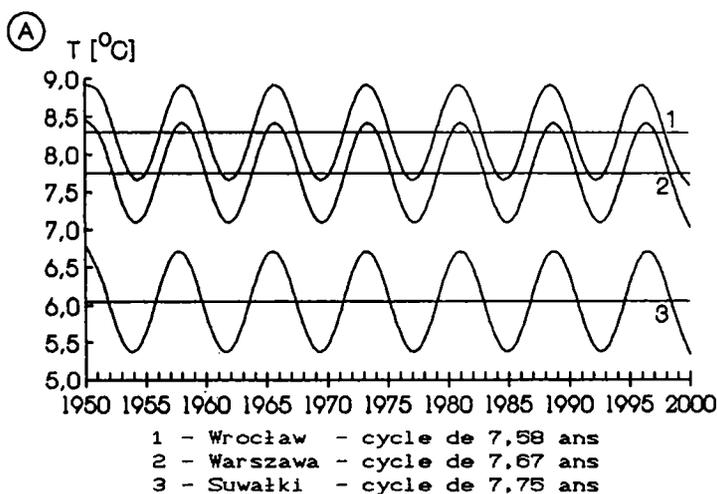


Fig. 2. Les variations cycliques de courte durée de la température de l’air enregistrées par les stations météorologiques choisies:

- A) cycle de 7,7 ans,
B) cycle de 3,6 ans.

synchronisme de ce cycle observé dans le territoire polonais. Ceci est confirmé par les dates de l’apparition des extrêmes des cycles calculés à l’aide des formules suivantes:

$$T_{\max} = \frac{\Theta}{2\pi} \left(\frac{\pi}{2} - c \right) \quad T_{\min} = \frac{\Theta}{2\pi} \left(\frac{3\pi}{2} - c \right)$$

Bien qu'on ait tenu compte des valeurs extrêmes de la durée de la période et de celles du décalage de phase, on a obtenu une grande convergence des années avec l'apparition des extrêmes de ce cycle (fig. 3A). Par contre, des différences considérables se manifestent dans les valeurs de l'amplitude de la température du cycle examiné. Les observations qu'on a pu faire trouvent une confirmation dans l'analyse de la répartition spatiale des paramètres : b , Θ et c du cycle de 7,7 ans.

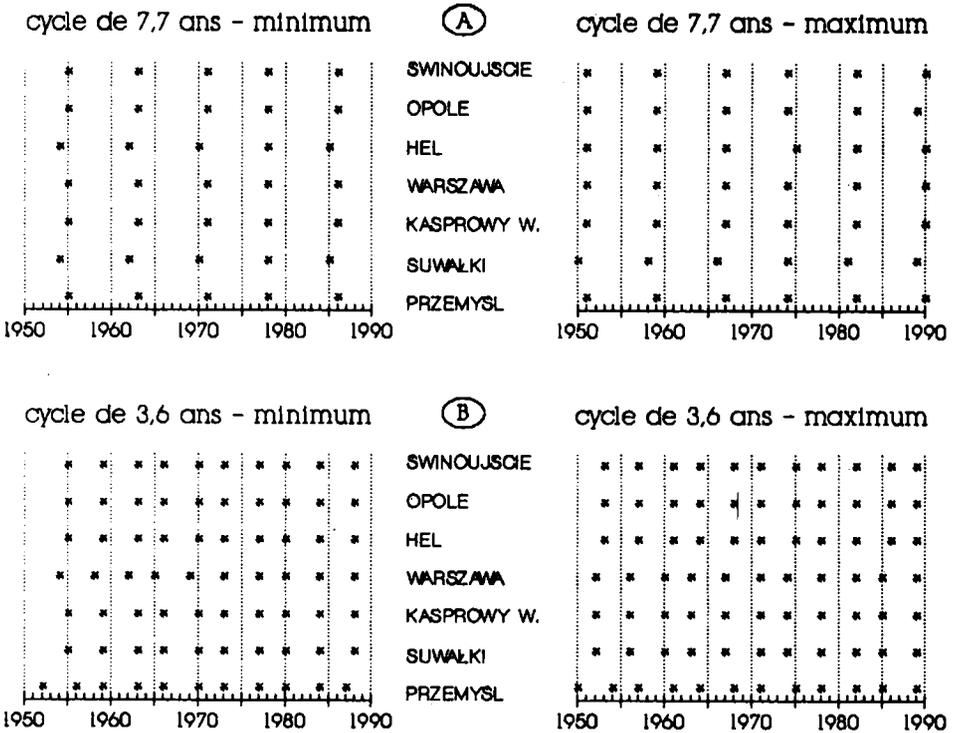


Fig. 3. Les dates de l'apparition des extrêmes:
A) dans le cycle de 7,7 ans, B) dans le cycle de 3,6 ans.

La durée réelle du cycle présenté ici s'allonge du Sud-Ouest vers le Nord-Est (fig. 4A). Ainsi, le cycle en question est le plus court en Basse-Silésie et dans les Sudètes — 7,58 ans pour devenir le plus long dans la région d'Ostrołęka — 7,83 ans; dans le reste du territoire, cette durée est de 7,67 ans. La répartition spatiale de la phase initiale du cycle est toute pareille — les valeurs les plus élevées apparaissent dans le Nord-Est de la Pologne (Ostrołęka — 1,71) pour diminuer dans le Sud-Ouest (les Sudètes — 0,95-1,10).

L'amplitude de la température de l'air ($2b = T_{\max} - T_{\min}$) varie de façon assez importante. Les plus grandes amplitudes ($>1,4$ deg) apparaissent dans la zone des plaines (avec le maximum dans la région de Toruń et Białystok 1,6 deg). En allant vers le Sud et vers le Nord, les amplitudes diminuent, on peut constater le fait que dans la région de montagnes elles sont plus basses que sur le littoral (Kasprowy Wierch — 0,7 deg, Śnieżka — 1,0 deg, péninsule de Hel — 1,2 deg). L'étendue des variations de la température dans le cycle en question au-dessus du territoire polonais est importante et atteint 0,9 deg.

Les recherches effectuées nous permettent de constater que la région qui se distingue, au point de vue des valeurs les plus élevées des paramètres du cycle de 7,7 ans, est le Sud-Est de la Pologne tandis que le Sud-Ouest se caractérise par la période la plus courte et les valeurs les plus basses de la phase initiale du cycle.

A titre de comparaison, nous présentons la répartition spatiale des paramètres de la sinusoïde du cycle de 3,6 ans (fig. 2B).

La durée de ce cycle est égale dans le territoire de presque tout le pays, c'est-à-dire elle atteint 3,58 ans (fig. 4B); il n'y a qu'une portion du territoire, peu importante, dans la Pologne centrale où cette durée est légèrement prolongée et s'élève à 3,67 ans; par contre, les environs des villes de Rzeszów et Przemyśl se caractérisent par la période plus courte, et notamment 3,50 ans.

L'amplitude de la température du cycle de 3,6 ans se distingue par une étendue de changements moins élevée que celle du cycle de 7,7 ans. Les plus importantes oscillations de la température dans le cycle de 3,6 ans — de l'ordre de 0,6-0,7 deg — apparaissent dans le Nord et le Nord-Ouest de la Pologne ainsi que sur les sommets les plus élevés; quant au reste du territoire, l'amplitude diminue du Nord au Sud, seulement ces changements sont infimes — 0,1- 0,2 deg.

La phase initiale de ce cycle varie de -2,5 dans la plus grande partie du territoire jusqu'à plus de 2 dans la région de Rzeszów et Przemyśl. Un écart considérable de valeurs de décalage de phase (avec une différence peu sensible de la durée) est responsable du fait que les années avec l'apparition des extrêmes de ce cycle sont plus différenciées que celles du cycle de 7,7 ans (fig. 3B). Ainsi, le cycle en question présente le synchronisme moins important avec les différences qui se limitent aux terrains couvrant la surface plus restreinte.

La brève analyse de la distribution spatiale des variations cycliques de la température que nous venons de présenter indique une différenciation de celles-ci au-dessus du territoire polonais ainsi une généralisation se rapportant au pays tout entier, faite à partir des données enregistrées par une seule station météorologique, n'est pas toujours justifiée.

La détermination des causes de la différenciation spatiale des variations dans le temps de la température de l'air au-dessus du territoire de la Pologne est un problème à la fois intéressant et complexe. Il ne fait pas de

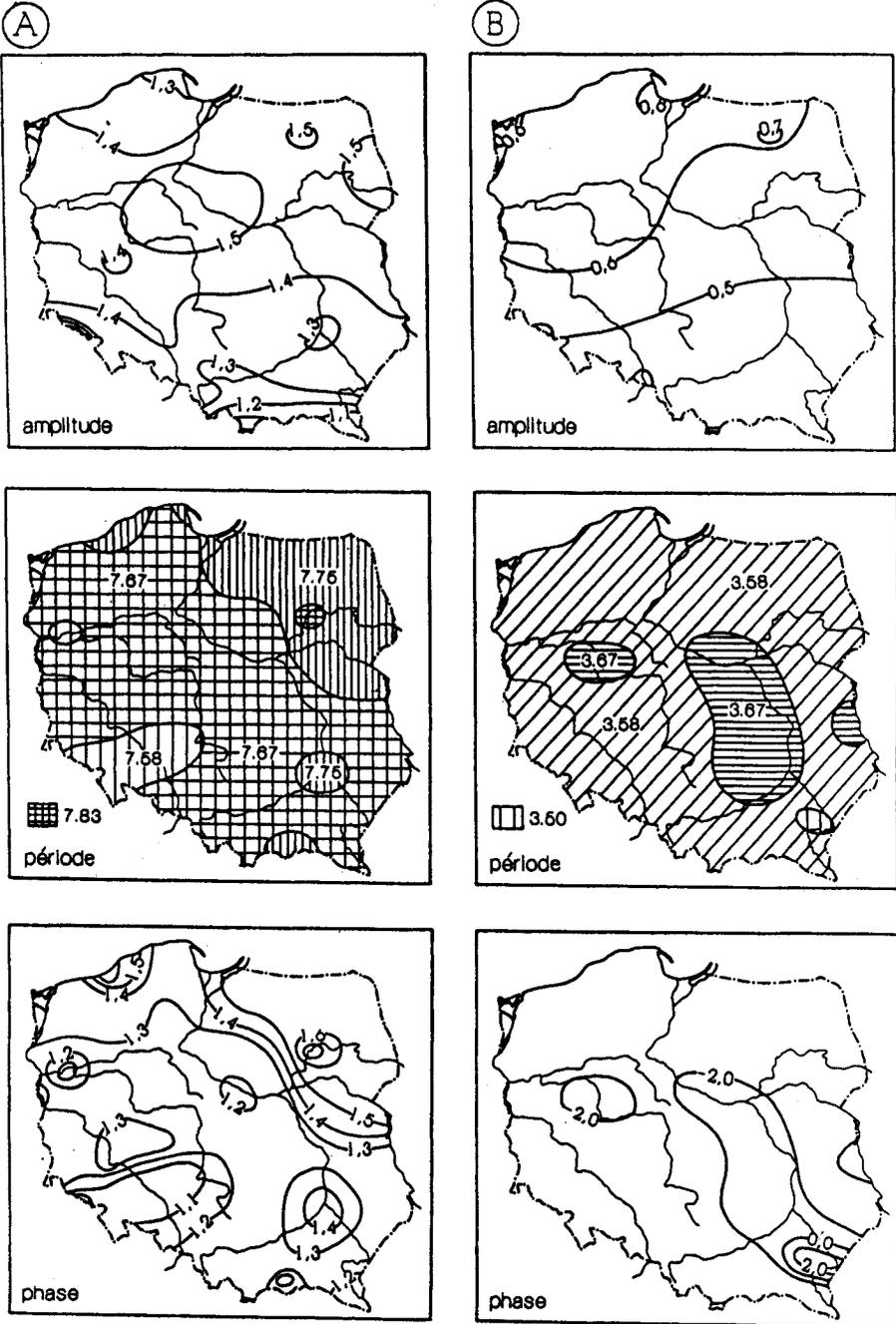


Fig. 4. Les paramètres des cycles choisis de la température de l'air en Pologne:
 A) cycle de 7,7 ans,
 B) cycle de 3,6 ans.

doute que la formation des conditions thermiques, dans les années particulières, subit une influence de la situation synoptique, celle-ci dépendant, en premier lieu, d'une circulation atmosphérique variable. On a en même temps constaté qu'à l'échelle locale la circulation atmosphérique peut être considérée comme la cause des changements du climat et surtout comme ce facteur dont dépend la formation des fluctuations du climat, géographiquement différenciées (Kozuchowski 1994). On a démontré (Boryczka 1993) une similitude assez importante entre les spectres denses de l'oscillation de la température de l'air et ceux de la circulation atmosphérique. Parmi les cycles les plus forts de la circulation atmosphérique occidentale (d'après la classification de Wangenheim-Girs), le cycle de 3,17 ans et celui de 7,25 viennent en première place, quant à la circulation méridienne c'est le cycle de 7,83 ans, et pour la circulation cyclonale (d'après la classification d'Osuchowska-Klein) — le plus fort est le cycle de 3,42 ans. En même temps, on note une certaine convergence de dates de l'apparition des extrêmes de ces cycles et des extrêmes des cycles de la température de l'air. Néanmoins, le problème de la détermination de la différenciation des variations cycliques de la fréquence de l'apparition des types particuliers de la circulation atmosphérique et le rapport desdites variations avec les variations de courte durée de la température de l'air demeure toujours encore ouvert.

BIBLIOGRAPHIE

- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku* (Changements naturels et anthropogéniques du climat de la Terre entre le XVII^e et le XXI^e ss.), Warszawa.
- Kozuchowski K., (éd.), 1994, „Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych” (Changements contemporains du climat. Le climat de la Pologne et de la région baltique sur un fond des changements au niveau global), *Rozprawy i Studia*, Szczecin, t. 152.
- Kuziemska D., 1961, „O okresowości w makropogodzie” (Sur la périodicité dans les grands types de temps), *Gaz. Obs. PIHM*, t. 14, n° 11.
- Trepińska J., 1971, „The secular course of air temperature in Cracow on the basis of the 140-year series of meteorological observations (1826-1965) made at the astronomical observatory of Jagellonian University” ,*Acta Geoph. Polonica*, t. 19, n° 3.