

# Découverte d'un nouveau cycle du climat

<http://www.penserlespace.com/global-warming/les-ondelettes-reperent-un-cycle-dune-periode-de-30-mois-et-dune-amplitude-de-08c-dans-les-temperatures-de-leurope-occidentale/>

April 11, 2012

## Les ondelettes repèrent un cycle d'une période de 30 mois et d'une amplitude de 0,8°C dans les températures de l'Europe occidentale

### Introduction

Étymologiquement issu du grec « *klima* » qui signifie « inclinaison », la climatologie s'intéresse à la description et à la compréhension des différents climats qui règnent sur la planète. Ceux-ci sont évidemment induits par l'inclinaison des rayons du soleil. L'internaute (<http://www.linternaute.com/dictionnaire/fr/definition/climat/>), quant à lui, définit le climat comme étant l'ensemble des conditions météorologiques d'une région, d'un lieu. Dans ces définitions, il est question de lieu et de région. Ainsi, cette science intéresse naturellement les géographes, mais elle concerne aussi les adeptes d'autres disciplines, comme les botanistes notamment, qui reconnaissent la relation qui unit les climats et les grands domaines végétaux mondiaux. Ce n'est donc pas un hasard si de nos jours, une des classifications des climats les plus utilisées est toujours celle du botaniste Wladimir Peter Köppen (1846 – 1940).

La climatologie, et singulièrement sa variabilité, suscite un vif émoi à propos des conséquences qu'elle pourrait induire. Ainsi, la discipline vient de connaître l'effet du « Global Warming » et l'engouement des physiciens qui n'ont cessé de modéliser les mécanismes du temps et de prévoir ce que sera le climat de la Terre dans le futur proche et lointain. Ce n'est donc pas un hasard si les recherches actuelles en climatologie sont souvent liées à l'étude des gaz à effet de serre, à l'évaluation de la fonte des glaciers d'inlandsis et à la prévision de la hausse du niveau marin.

À côté de ces chercheurs liés à cette « nouvelle » climatologie, il en existe encore qui, comme au bon vieux temps, décrivent et analysent les observations réalisées dans les stations météorologiques. Ceux-là tentent de détecter et de comprendre des mécanismes météorologiques et ceux du climat qui pourraient encore être inconnus. Ils viennent d'être aidés par le développement des mathématiques et des travaux des mathématiciens qui ont mis au point un nouvel outil destiné à repérer, dans les séries temporelles, des cycles qui sont caractérisés par une fréquence qui évolue légèrement dans le temps. Cet outil, la transformée en ondelette, a été appliqué sur des séries temporelles de températures de l'air mesurées à la surface du globe. Il a permis d'y découvrir une variabilité cyclique dont la période est longue d'une trentaine de mois et dont l'amplitude est de l'ordre de la hausse des températures liée au réchauffement anthropique.

### Les températures de Bierset

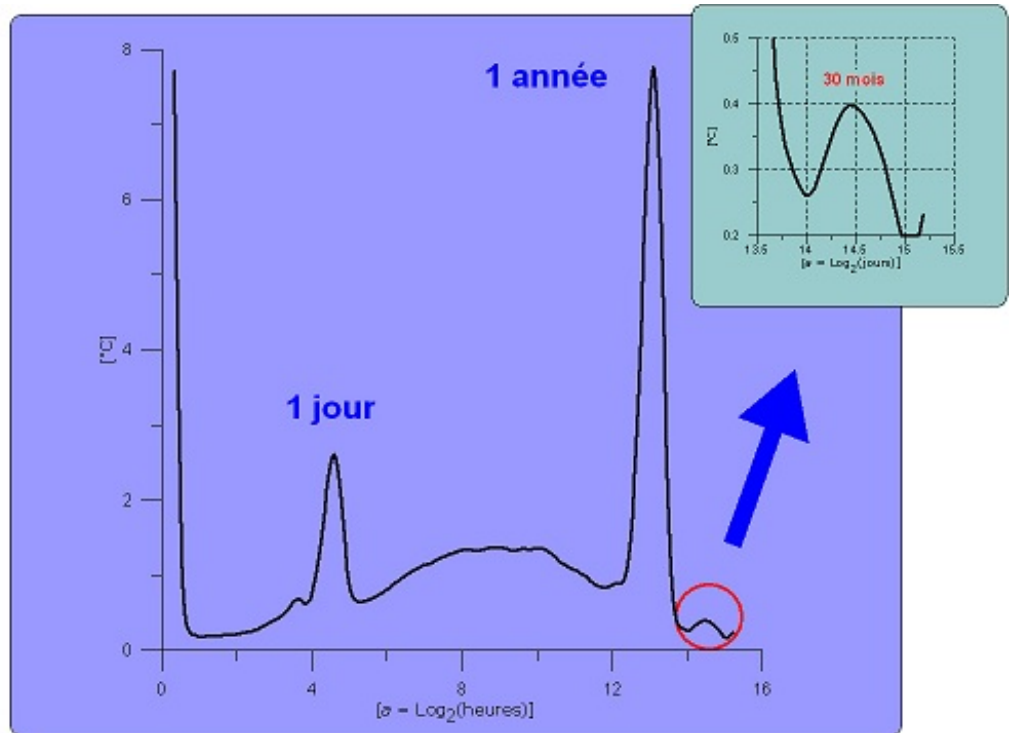
L'outil a d'abord été appliqué à une série temporelle de température issue d'une station météorologique proche de notre université et qui connaît ainsi les conditions climatiques que nous vivons, ressentons et comprenons. La station météorologique de Bierset (50,6°N, 5,4°E), se situe sur le plateau hesbignon, au bord du versant nord de la vallée de la Meuse, à une altitude de 175 mètres et à 9 kilomètres à l'ouest du centre de la ville de Liège. Elle jouit, comme tout l'ouest de l'Europe d'ailleurs, d'un climat tempéré océanique. Échantillonnées avec un pas de temps d'une heure, les séries temporelles de cette station fournissent tous les paramètres nécessaires au réseau météorologique mondial. Nous utiliserons, pour cet article, la température de l'air mesurée à 2 mètres pour la période qui s'étend de janvier 1966 à décembre 2006.

Avant l'utilisation de l'outil, nous présumons évidemment qu'il doit révéler l'existence, dans cette série temporelle, de 2 cycles de température. Le premier doit correspondre à une variation journalière et le second à une variation annuelle de la température. Nous précisons aussi que le prochain article sera consacré à la description de la technique, et qu'il permettra de comprendre ce

que sont la transformée en ondelette et le spectre d'échelle.

Toutefois, et afin de bien appréhender l'information contenue dans les graphiques qui suivent, le lecteur doit savoir que les maxima relevés sur spectre d'échelle montrent les périodes des cycles détectés. Celles-ci se lisent sur l'axe des abscisses, en tenant compte que cet axe soit un axe logarithmique en base 2. Ainsi, la période qui correspond à un maximum est égale à  $T = 2^x$ . La valeur de l'amplitude des cycles se lit sur l'axe des ordonnées. Bien que les climatologues conçoivent généralement une amplitude de température comme étant la différence entre un maximum et un minimum, l'amplitude qui figure sur le spectre d'échelle doit être assimilée à celle d'une sinusoïde et représente, *in fine*, la moitié de l'amplitude observée. Le graphique 1 montre le spectre d'échelle réalisé à partir des températures de l'air mesurées à Bierset.

**Figure 1. Le spectre d'échelle de la série temporelle des températures de l'air mesurées toutes les heures à la station de Bierset.**



La lecture et l'analyse de ce graphique 1 confirme bien l'existence des deux maxima présumés et fournit, pour chacun d'eux, l'amplitude des oscillations. Celles-ci sont de  $2,6^{\circ}\text{C}$  pour le cycle journalier et de  $7,8^{\circ}\text{C}$  pour le cycle annuel. Nous pouvons ainsi considérer que l'amplitude annuelle des températures à Bierset est égale à  $A_1 = 2 \times 7,8^{\circ}\text{C}$ . Cette amplitude correspond à la différence entre la moyenne des températures du mois le plus chaud (juillet) et la moyenne des températures du mois le plus froid (janvier). L'amplitude moyenne journalière est égale à  $A_2 = 2 \times 2,6^{\circ}\text{C}$ .

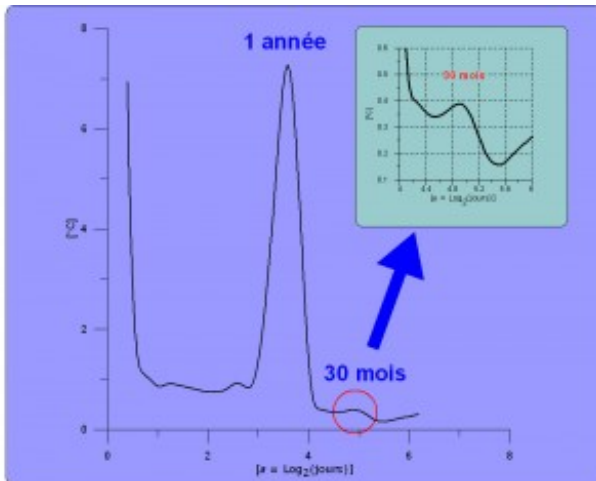
Pour bien compléter l'information, nous rappelons que les maxima sont repérés sur l'axe (logarithmique en base 2) des abscisses, et que pour obtenir les périodes détectées, il suffit de calculer  $T=2^{\text{abscisse}}$  pour obtenir la période exprimée en heures. Pour  $T_1$  et  $T_2$  nous avons  $x_1 = 4,59$  et  $x_2 = 13,09$  et les périodes sont ainsi respectivement de 24 et 8719 heures (363 jours).

Une analyse plus fine de l'allure du spectre d'échelle permet aussi de détecter un plus petit maximum situé à  $x_3 = 14,4$  et qui correspond à une période de  $T_3 = 2^{14,4} = 21618$  heures (soit 900 jours ou 30 mois de 30 jours) et à une amplitude de  $\Delta t = 0,4^{\circ}\text{C}$ . La figure 1 montre, dans l'agrandissement au dessus à droite, la partie du spectre qui concerne ce maximum.

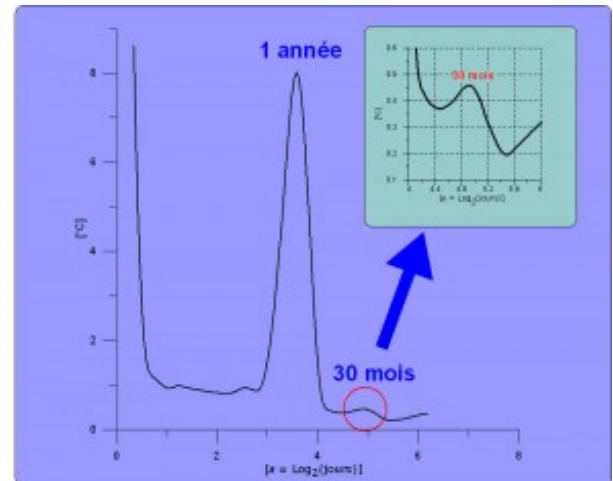
Ainsi, à l'aide de l'analyse en ondelette et notamment grâce au spectre d'échelle, nous pouvons affirmer que la série temporelle des températures horaires mesurées à Bierset montre une variation de température de  $0,8^{\circ}\text{C}$  tous les 15 mois environ. Forts de ce résultat, nous nous sommes demandés si ce cycle était propre à la station de Bierset ou s'il était aussi observable dans des séries de température d'autres stations.

## Les températures en France et dans le monde

Le Goddard Institute for Space Studies (NASA) [<http://www.giss.nasa.gov/>] fournit des séries de températures mensuelles pour plusieurs dizaines de stations météorologiques répartie, sur tous les continents. Nous avons choisi, dans le cadre de cet article, d'appliquer ce nouvel outil sur des séries temporelles de deux stations françaises, celle de Bordeaux-Mérignac (44,8°N, 0,7°W) et celle de Bourges (41,7°N, 2,4° E). Ces séries débutent en 1950 et s'étendent jusqu'aujourd'hui. Il est évidemment essentiel d'utiliser et de comparer des séries homogènes dans le temps afin de se soustraire de la variabilité climatique. En effet, le cycle de 30 mois détecté ne se produit peut-être pas en dehors de la période étudiée et les températures mesurées avant la seconde guerre mondiale ne jouissent pas de la fiabilité des mesures d'aujourd'hui.



**Figure 2. Le spectre d'échelle de la série temporelle des moyennes mensuelles des températures de l'air mesurée à la station de Bordeaux-Mérignac.**



**Figure 3. Le spectre d'échelle de la série temporelle des moyennes mensuelles des températures de l'air mesurée à la station de Bourges**

C'est aux figures 2 et 3 que sont représentés les spectres d'échelle des séries temporelles de Bordeaux et de Bourges. À la première analyse, et puisque ces deux stations météorologiques appartiennent au même régime climatique, nous pouvons remarquer une extrême similitude de l'allure des deux spectres d'échelle. Ces derniers montrent, pour chacune des stations, un maximum qui correspond à une période d'un an et dont l'amplitude est de  $A_2 = 2 \times 7,3^\circ\text{C}$  pour la série de Bordeaux et de  $A_2 = 2 \times 8,0^\circ\text{C}$  pour celle de Bourges.

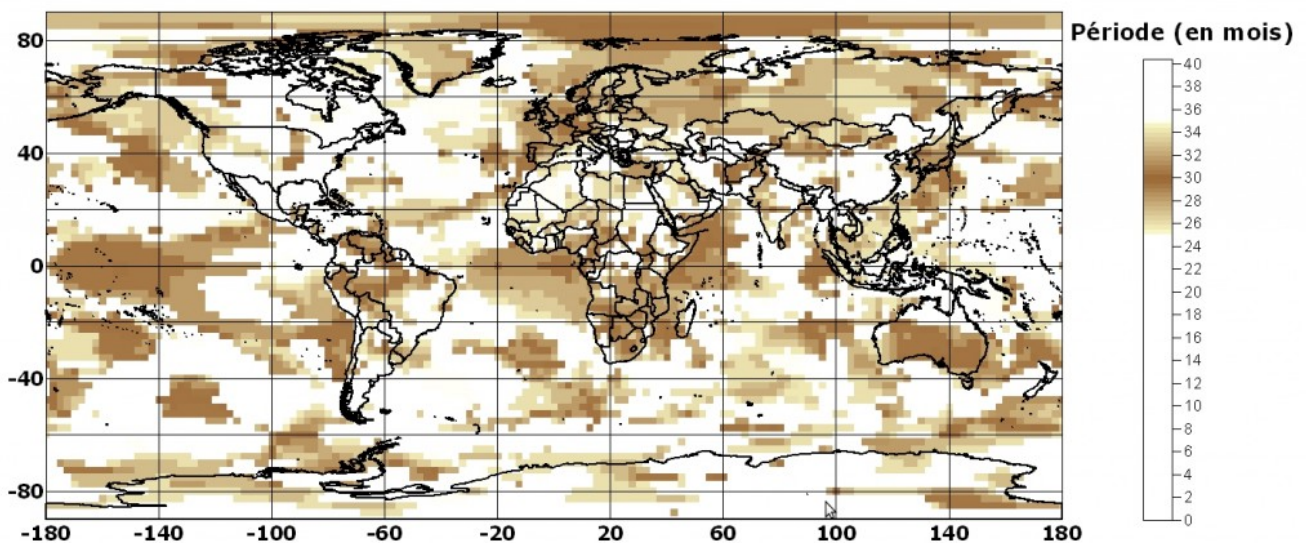
Pour chacun de ces deux spectres d'échelle, nous avons réalisé un agrandissement des courbes afin de mieux visualiser le maximum qui apparaît et qui permet de détecter le cycle de 30 mois déjà observé pour la station de Bierset. Les amplitudes de ce cycle sont respectivement de  $A_3 = 2 \times 0,38^\circ\text{C}$  et de  $A_3 = 2 \times 0,45^\circ\text{C}$  pour les séries temporelles des températures des stations de Bordeaux et de Bourges. La méthode a été utilisée pour plus d'une centaine de séries temporelles de températures moyennes relevées sur l'ensemble du globe. Le cycle de 30 mois est observé pour bon nombre d'entre-elles, mais parfois, il apparaît que la période se raccourcit ou s'allonge de quelques mois.

Afin de visualiser les régions qui sont concernées par ce cycle de 30 mois, nous avons appliqué

l'analyse en ondelette sur les données issues des réanalyses NCEP/NCAR

[<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.surface.html>]. Ces données de température de la surface sont disponibles pour les nœuds d'une grille dont la maille a une dimension de 2,5° de latitude et de 2,5° de longitude. Nous avons réalisé pour chacun de ces nœuds un spectre d'échelle pour la série de données qui s'étend de janvier 1950 à décembre 2007.

Le planisphère, qui fait l'objet de la figure 4, permet de visualiser les régions du globe qui connaissent ce cycle de 30 mois. Les données des réanalyses confirment à la perfection les observations réalisées dans les stations météorologiques de l'Europe occidentale. Le cycle est aussi détecté dans le nord de l'Asie, sur l'océan Glacial Arctique, sur l'Alaska, l'Afrique noire, l'océan Pacifique équatorial et l'Australie.



**Figure 4. La période de 30 mois dans les températures mondiales (Réanalyses NCEP-NCAR).**

## Conclusions

Le spectre d'échelle a permis de déceler l'existence, dans les températures de l'air à la surface du globe, d'un cycle qui oscille légèrement autour de 30 mois. Ce cycle s'observe sur une part importante de la surface de la planète. À l'heure actuelle, le mécanisme qui engendre ce cycle n'est pas connu et afin de pouvoir expliquer sa genèse, il importe de mieux comprendre ce cycle et d'étudier son extension sur la planète en le corrélant aux différents types de climats qui sont concernés. Puisque la température de l'air est issue du rayonnement solaire et des advections des masses d'air, il importe d'étudier l'évolution de l'activité solaire et l'évolution des flux des masses d'air qui se déplacent dans l'atmosphère.

Nous verrons, dans un article futur, qu'il existe aussi d'autres cycles de périodes un peu plus grandes et dont les périodes sont longues de quelques dizaines de mois. Enfin, ces résultats devraient intéresser les modélisateurs puisque l'amplitude du cycle de 30 mois est loin d'être négligeable.

## Bibliographie

- Nicolay, Samuel ; Mabile, Georges ; Fettweis, Xavier et al, **Multi-Months Cycles Observed in Climatic Data**, in *Simard, Suzanne (Ed.) Climate Change and Variability (2010)*
- Nicolay, Samuel ; Mabile, Georges ; Fettweis, Xavier et al, **A statistical validation for the cycles found in air temperature data using a Morlet wavelet-based method** in *Nonlinear Processes in Geophysics (2010)*, 17
- Mabile, Georges ; Nicolay, Samuel, **Multy-year cycles observed in air temperature data and proxy series** in *European Physical Journal. Special Topics (2009)*, 174
- Nicolay, Samuel ; Mabile, Georges ; Fettweis, Xavier et al, **30 and 43 months period cycles found in air temperature time series using the Morlet wavelet** in *Climate Dynamics (2009)*, 33

**Georges Mabile**

**Samuel Nicolay**

**Université Catholique de Louvain,**

Faculté d'Architecture, d'Ingénierie architecturale, d'Urbanisme, LOCI

Chaussée de Tournai 7, 7520 Tournai

Belgique

**Université de Liège**

Département de Mathématique,

Grande traverse, 12 (Bât. B37),

4000 Liège

Belgique

**Tags:** climatologie traditionnelle, cycle de trente mois, Georges Mabile, Goddard Institute for Space Studies, ondelettes, Samuel Nicolay, températures de Bierset, Wladimir Peter Köppen