

LES THEMES DE SCIENCE-CLIMAT-ENERGIE

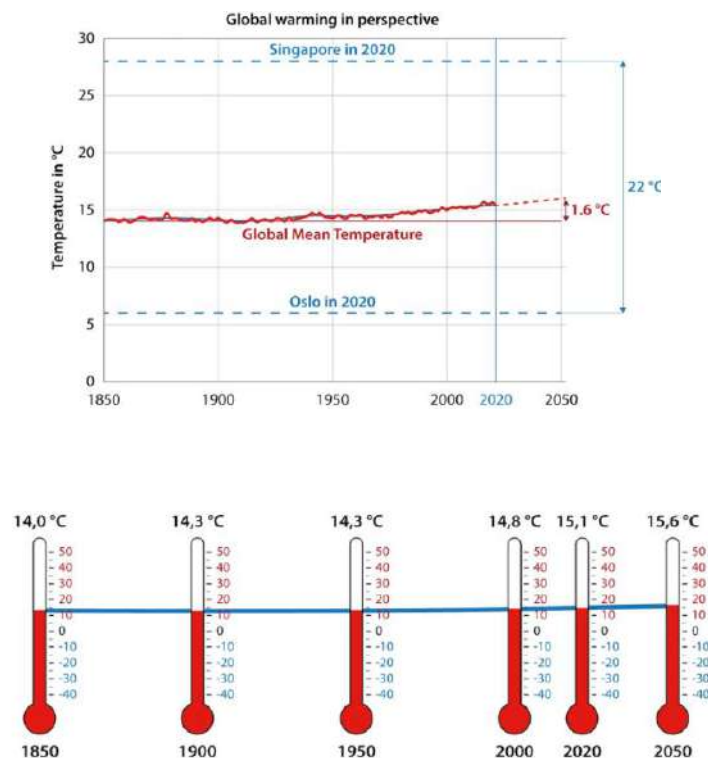
SCE a vu le jour en juin 2018 sous l'impulsion de plusieurs professeurs d'universités européennes. Plus de 250 articles ont été publiés après examen par un Comité Editorial. Les articles sont repris dans une liste des auteurs ([ici](#)) et permettent un dialogue entre lecteurs et auteurs ou lecteurs entre eux, à travers une rubrique 'commentaires' dont les règles ont été fixées ([ici](#)).

Au terme de ces 5 ans, nous avons décidé de regrouper les articles sous forme de .pdf reprenant chaque fois un thème précis. Cela permet de disposer pour tout lecteur d'un document complet sur un sujet précis, plutôt que de devoir aller chercher les articles un à un sur une période de près de 5 ans. Une sélection des articles les plus représentatifs a été opérée afin de couvrir au mieux chaque thème.

Nous publierons au fur et à mesure ces documents reprenant les articles spécifiques.

Le présent document intitulé **'LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE'** par ordre chronologique de leur publication dans SCE, de février 2019 à mars 2023.

Nous espérons que ces documents seront utiles et diffusés à grande échelle.



LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

1. A propos des indicateurs de température par satellites (1/2), J.C. Maurin, p.3-8
2. A propos des indicateurs de température par satellites (2/2), J.C. Maurin, p.9-16
3. Climate: about which temperature are we talking about?, S.Furfari et H.Masson, p.16-33
4. La localisation temporelle et géographique des stations de mesure de la température pose des problèmes (1/2), C-S. Huot, p.34-41
5. La position des stations météorologiques pose des problèmes (2/2), C-S. Huot, p.41-53
6. Ces villes qui ne se réchauffent, N. Jean, p.53-62
7. La Belgique se prépare à sa première vague de chaleur de l'été, SCE, p.62-63
8. Chaleur urbaine et température globale, N. Jean, p.63-72
9. Ces quelques dixièmes de degrés qui nous font peur, A. Prétat, p.73-78
10. La 'température moyenne globale' est en train de chuter !, SCE, p.79-82
11. Dérapage médiatique : la courbe de Mann (1/2), J.C. Pont, p.82-85
12. Dérapage médiatique : la courbe de Mann (2/2), J.C. Pont, p.85-86
13. How to build your hockey stick graph, H. Masson, p.87-94
14. Soleil, température et CO₂, R. Van den Broek et H. Masson, p.94-110
15. Dérivée du CO₂ et anomalie de température, R. Van den Broek, p.111-111
16. Mathématiquement, le GIEC a tout faux !, H. Masson, p.111-153
17. Soleil, température et CO₂ (version complète), R. Van den Broek et H. Masson, p.154-155

1. A propos des indicateurs de température par satellites (1/2)

Mis en ligne SCE : 08.02.2019

A partir des notions intuitives de chaleur et température, les physiciens (Carnot, Thomson, Clausius, Maxwell, Boltzmann) arrivèrent progressivement à la notion scientifique de **température thermodynamique**. La **Conférence Générale des Poids et Mesures** adopta en 1927 l'échelle thermodynamique proposée en 1911, puis l'unité kelvin en 1954.

La notion de température thermodynamique nécessite que l'équilibre thermique soit atteint, ce qui **n'est pas** le cas dans l'atmosphère de la Terre. Il **n'existe pas une « température thermodynamique de l'atmosphère »**. A défaut, on utilise une « moyenne des températures » mesurées en divers points de l'atmosphère. Mais la température thermodynamique étant une grandeur intensive, une moyenne, **quelle que soit son élaboration**, ne peut jouer qu'un rôle **d'indicateur**. L'usage est néanmoins d'utiliser le kelvin pour les indicateurs. On exprimera de préférence les variations des indicateurs sous forme relative. L'indicateur va être dépendant de l'échantillonnage (spatial et temporel) des mesures et surtout de son **mode d'élaboration**.

1.1. Les ordres de grandeurs

1.2. Capacité thermique océan et atmosphère

Le tableau ci-dessous donne les ordres de grandeurs des capacités thermiques.

Surface terrestre (m ²)	5,10E+14	ratios 1
Masse atmosphère (kg)	5,10E+18	
Capacité thermique atmosphère (J/K)	5,00E+21	
Surface océan (m ²)	3,60E+14	1146 92 11,5
Masse océan (kg)	1,37E+21	
Capacité thermique 3800 m = 100% océan (J/K)	5,73E+24	
Capacité thermique 300 m = 8% océan (J/K)	4,58E+23	
Capacité thermique 38 m = 1% océan (J/K)	5,73E+22	

Figure 1. [3] Ordres de grandeurs. La profondeur moyenne de l'océan est $\approx 3800\text{m}$.

Il faut fournir à l'atmosphère une énergie $\approx 5 \cdot 10^{21}\text{J}$ pour provoquer une hausse de 1 kelvin. Cette même énergie provoque une hausse de température pour l'océan de seulement $1/1146 = 0.00087\text{ K}$, mais la durée nécessaire se chiffre en millénaires. Pour une durée de quelques décennies, l'océan ne peut être concerné dans les 3800 m de profondeur. Les seuls 38 premiers mètres d'océan ont une capacité thermique 11.5 fois plus grande que celle de la totalité de l'atmosphère. La forte capacité thermique de l'océan entraîne une plage de température réduite pour l'atmosphère proche de l'océan.

Incertitude sur la valeur moyenne

La valeur moyenne de la température pour la très basse atmosphère serait comprise entre 13°C (286 K) et 16 °C (289 K). La différence de puissance rayonnée entre 286 K et 289 K par un corps noir de même surface que la Terre est ≈ 8000 TW. Par comparaison, l'humanité consomme annuellement une énergie $\approx 0.5 \cdot 10^{21}$ joules ([ici](#)) $\rightarrow$ puissance ≈ 16 TW soit 0.2% de 8000 TW.

Variabilité spatiale

Les températures mesurées par les stations météorologiques, **au sol**, donnent des valeurs comprises entre 55°C (328K) et -90°C (183K). Les températures présentent donc un écart maximal de 328-183 = 145 K (sur les continents et non sur l'océan). Le rapport entre la plage de variation et la moyenne est $145/286 = 0.507$ ou $145/289 = 0.502$ soit environ **50%**. Pour le calcul des variations relatives, on utilisera comme valeur moyenne 287 K (au sol) et 265 K (à l'altitude de 3.5 km).

Variabilité temporelle

Dans un même lieu, les écarts de température **au sol** atteignent 20°C dans la journée et 50°C sur l'année. Soit une variabilité journalière de $20/287 = 0.07$ ou **7%** et une variabilité annuelle de $50/287 = 0.17$ ou **17%**.

1.2. Les indicateurs UAH et RSS

C'est la température thermodynamique qui est utilisée dans les lois physiques régissant le rayonnement du corps noir. Dans le cas idéal du corps noir, on peut définir une température de rayonnement équivalente à la température thermodynamique.

Depuis 1979, des radiomètres, à vocation **météorologique**, embarqués sur des satellites, mesurent la luminance puis déduisent une température équivalente de rayonnement (ou température de brillance), prise essentiellement sur l'oxygène, parfois sur le CO₂.

C'est à partir de ces mesures brutes que l'on **élabore** (depuis les années 90) des indicateurs de température. L'université d'Alabama à Huntsville fournit l'indicateur UAH [\[1\]](#), l'entreprise Remote Sensing Systems, en liaison avec la NASA, fournit l'indicateur RSS [\[2\]](#). Les indicateurs concernent diverses couches de l'atmosphère. Nous nous intéressons à l'indicateur correspondant à la couche en contact avec la surface terrestre (Lower Troposphere **LT** de l'ordre de ≈ 7 km d'épaisseur). L'usage est de présenter l'indicateur sous forme « d'anomalie », c'est-à-dire l'écart par rapport à une température de référence.

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

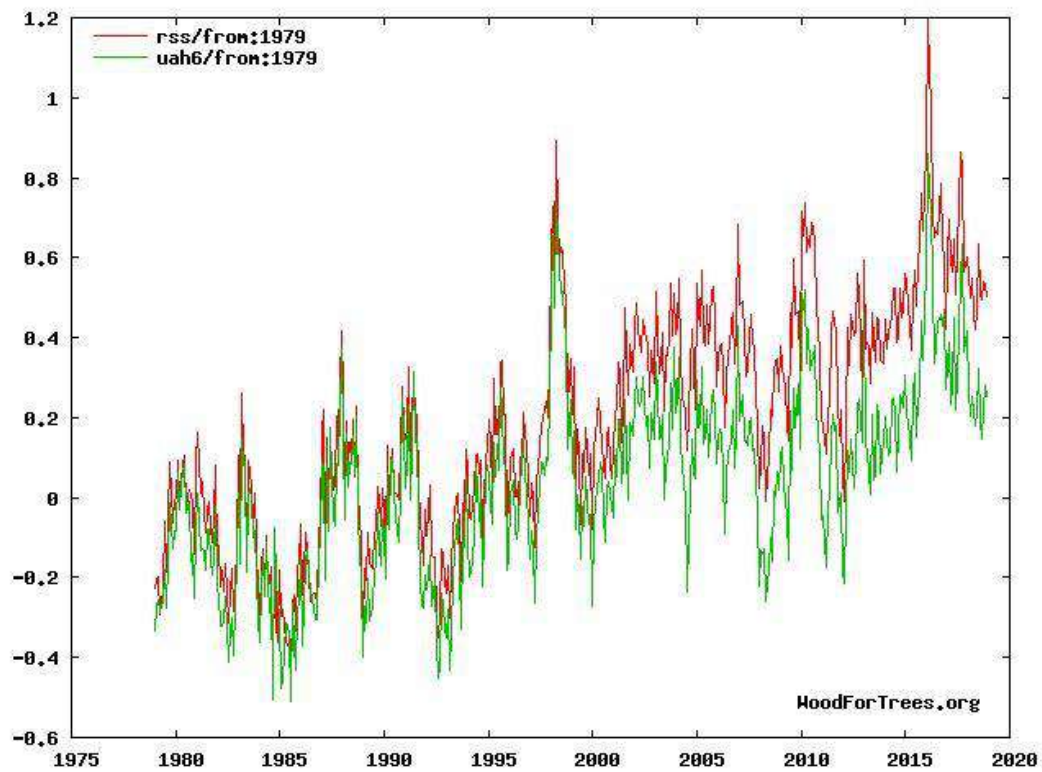


Figure 2a. Indicateurs UAH et RSS en *valeurs mensuelles*.

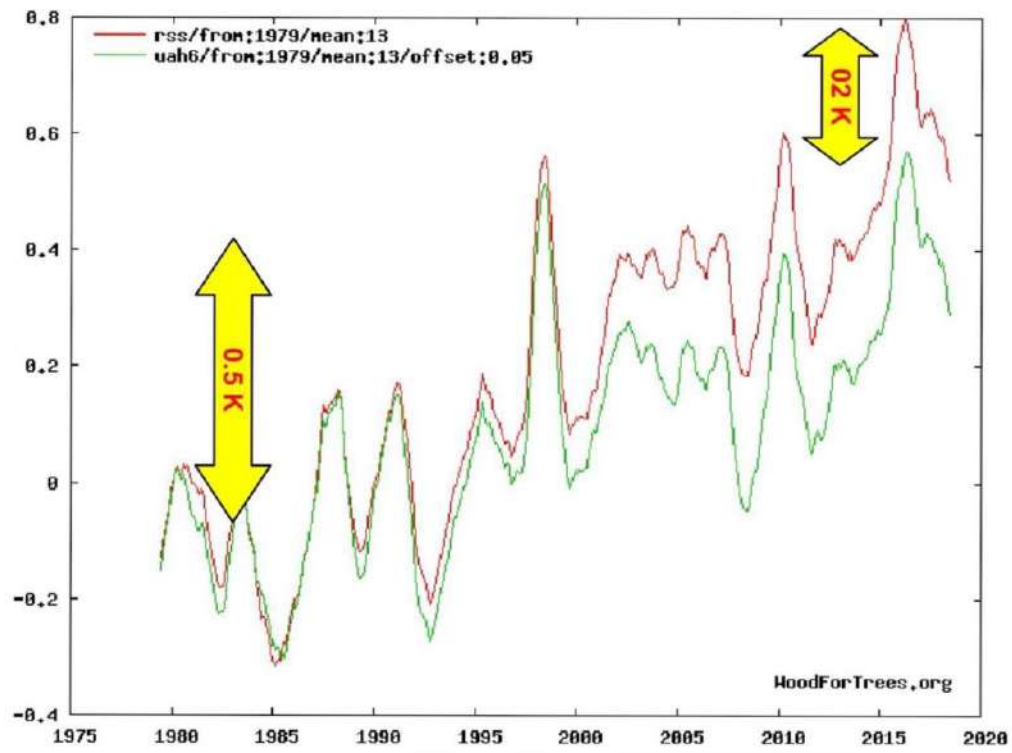
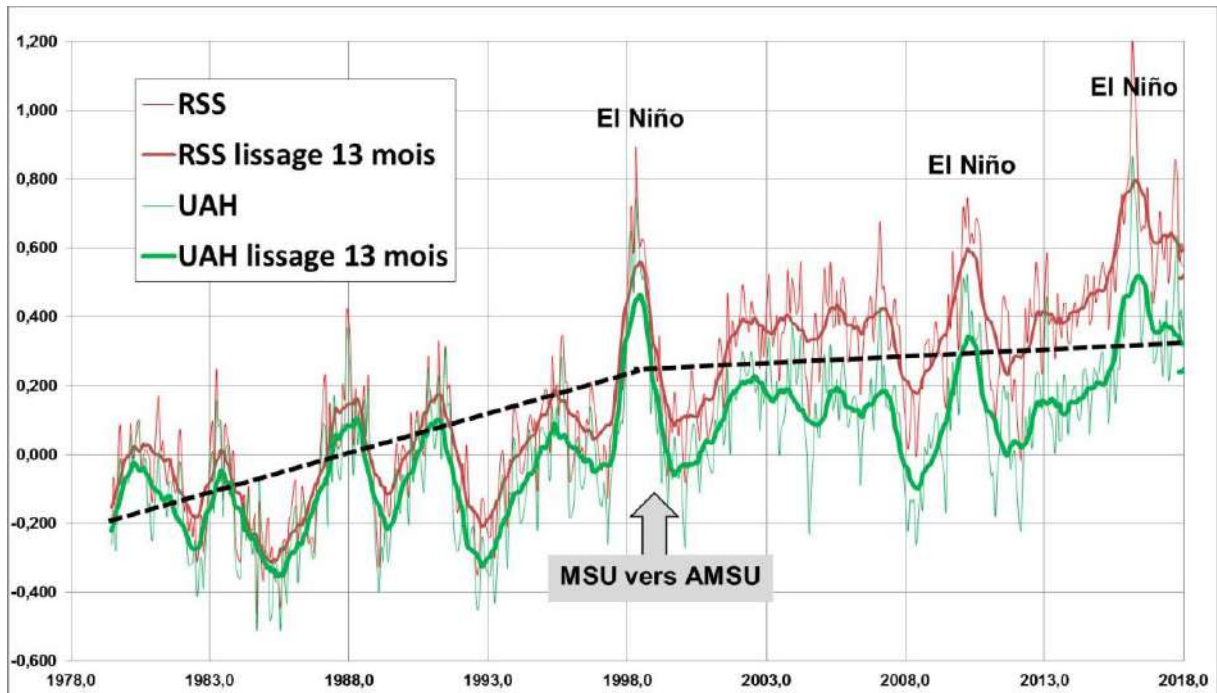
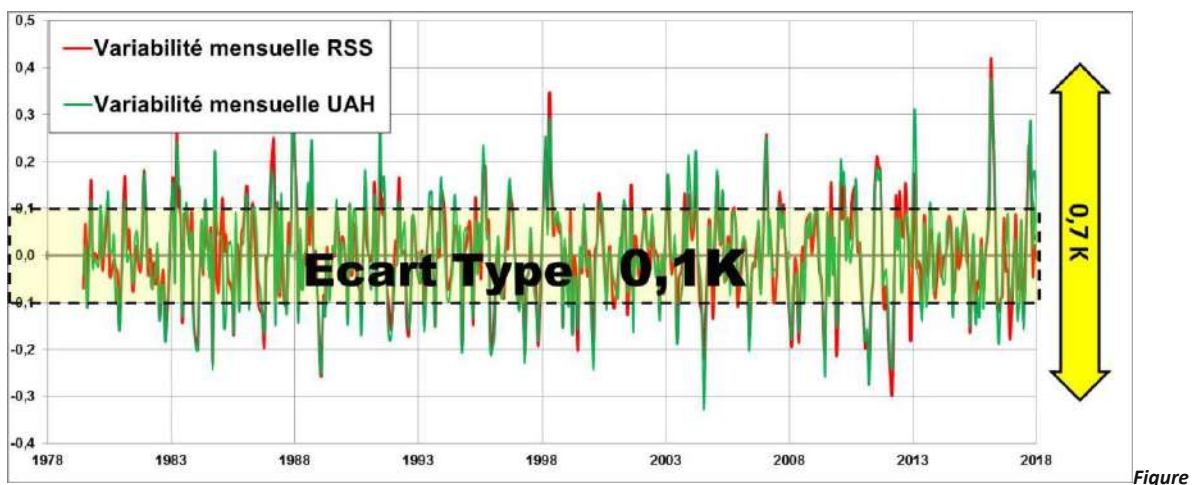


Figure 2b. Indicateurs UAH et RSS en *moyenne glissante* sur 13 mois. Il existe un désaccord ou un écart ≈ 0.2 K entre RSS et UAH.

La distance Terre Soleil est variable dans l'année, ce qui a pour conséquence une variation $\approx 90 \text{ W/m}^2$ sur la puissance délivrée au sommet de l'atmosphère par le Soleil (en moyenne $\approx 1365 \text{ W/m}^2$). Il est d'usage de prendre une moyenne glissante sur l'année pour les indicateurs (Fig. 2b). On constate que les indicateurs UAH ou RSS présentent une hausse de l'ordre de $+0.5 \text{ K}$ en 40 ans soit une variation relative pour l'indicateur de $0.5/265 = 0.2\%$ (« température moyenne » des premiers km d'atmosphère $\approx 265 \text{ K}$ contre $\approx 287 \text{ K}$ au sol).



Nous verrons, dans la partie 2 de l'article, qu'à la fin des années 90, on procède à un **changement progressif** d'instrumentation (ici slide 3 MSU vers AMSU). On remarque une double coïncidence → l'écart entre RSS et UAH augmente vers cette même date, et les pentes pour RSS ou UAH (trait pointillé Fig.3a ou bien ici) semblent légèrement plus prononcées avant 1999 que par la suite.



Il y a une bonne corrélation entre RSS/UAH pour la variabilité mensuelle. On trouve un écart type $\approx 0.1\text{K}$ [3] et une plage (max-min) $\approx 0.7\text{K}$.

Pour estimer la **hausse moyenne** des indicateurs, il est d'usage d'utiliser la tendance (pente moyenne) en K/décennie. Pour estimer la tendance, on va utiliser ici la différence entre les 5 premières années et les 5 dernières années afin d'effacer la variabilité mensuelle et l'influence ENSO (El Niño/La Niña).

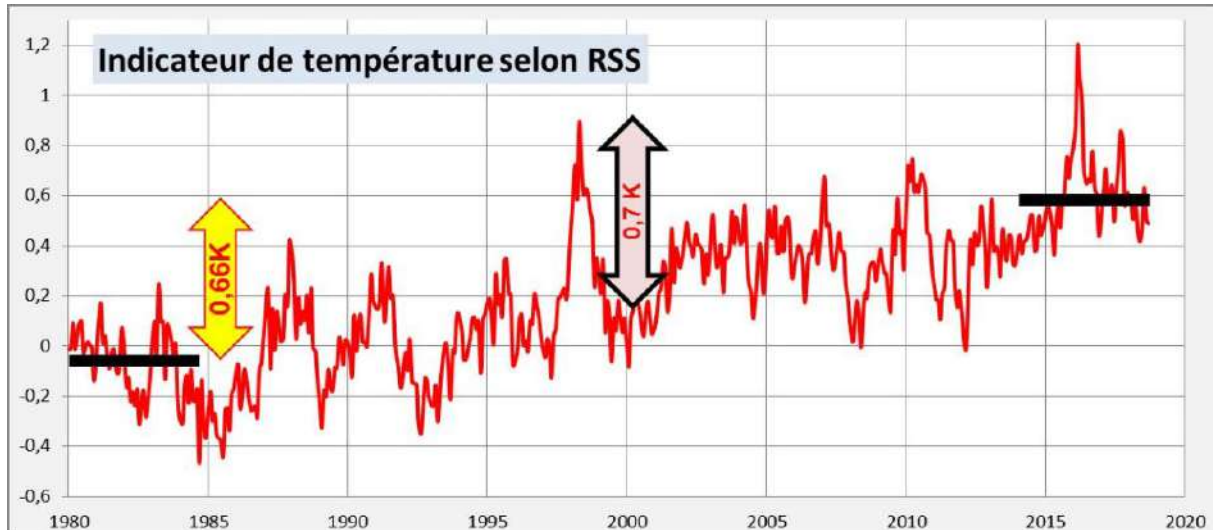


Figure 4a. [3] Les 2 traits noirs horizontaux sont les moyennes sur 5 ans = 60 mois. L'influence de El Niño 1998 est $\approx 0.7\text{K}$. On a $a \approx 35$ ans entre le milieu des 2 traits noirs. Pour l'indicateur RSS la tendance $\approx 0.66/3.5 = +0.19\text{K/décennie}$.

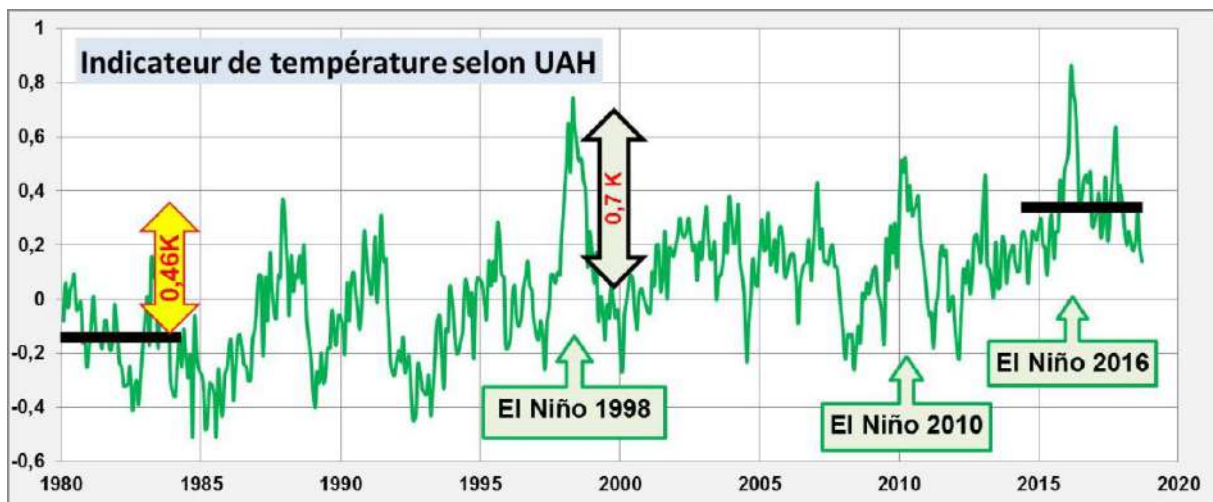


Figure 4b. [3] Pour l'indicateur UAH la tendance $\approx 0.46/3.5 = +0.13\text{K/décennie}$.

La tendance moyenne RSS/UAH $\approx 0.16\text{K/décennie}$. On peut remarquer que si cette tendance restait inchangée, la hausse serait de $+1.3\text{K}$ d'ici 2100.

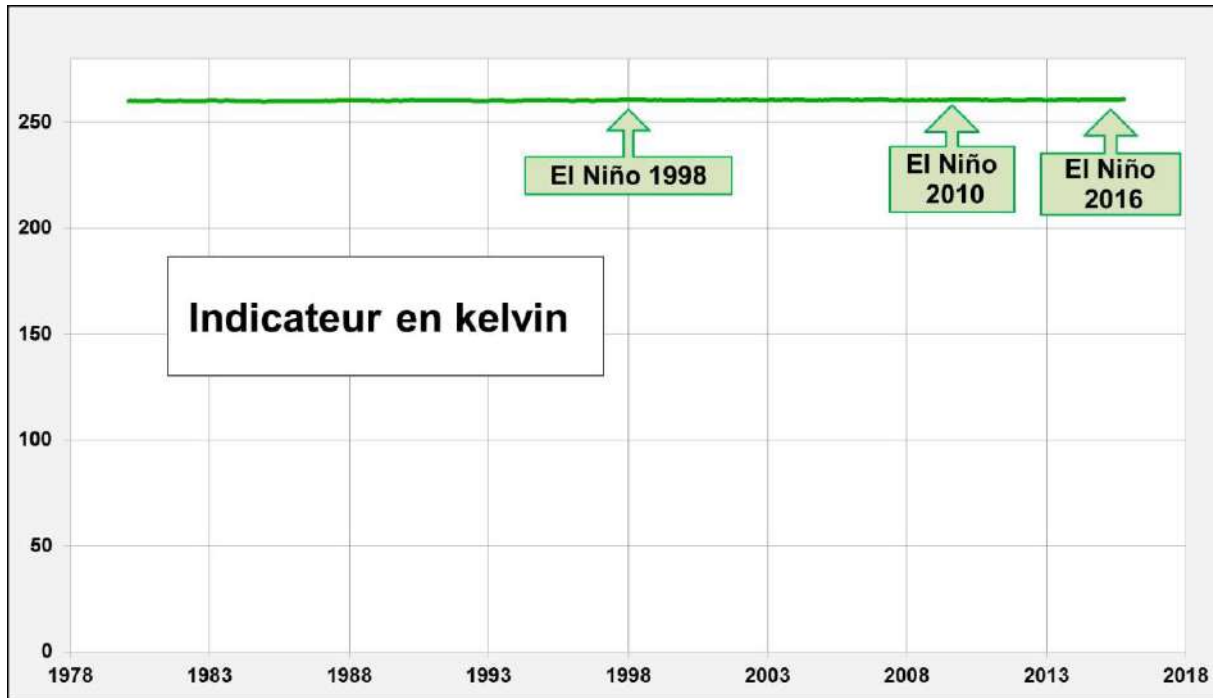


Figure 4c. [3] On a utilisé pour les figures 2a, 2b, 3a, 4a et 4b une représentation sous forme « d'anomalie » en usage chez les climatologues, mais cela correspond à un fort zoom sur l'échelle verticale. Une représentation, rarement utilisée, est celle faisant apparaître l'indicateur de température **sans** zoom sur l'axe vertical → Fig. 4c. Sous cette forme, la hausse $+0.5\text{K}$ ou $+0.2\%$ ou $+0.16\text{ K/décennie}$ est peu évidente, et on distingue à peine les phénomènes ENSO.

La modestie de la hausse relative $\approx +0.2\%$ mérite que l'on examine **comment sont élaborés** les indicateurs UAH ou RSS.

La marge d'erreur sur les indicateurs est-elle inférieure à 0.2% ? Les indicateurs RSS et UAH, élaborés à partir des mêmes mesures de luminance, présentent une hausse en 40 ans (Fig.2b) qui diffère pourtant de 0.2K . Quelles sont donc les procédures de correction sur les données brutes ?

La deuxième partie (à suivre) examinera les mesures et les corrections qui permettent l'élaboration des indicateurs UAH et RSS.

Références

1 Indicateur UAH

https://www.nsstc.uah.edu/data/msu/v6.0/tlt/uahncdc_lt_6.0.txt

2 Indicateur RSS http://images.remss.com/data/msu/graphics/TLT_v40/time_series/RSS_TS_channel_TLT_Global_Land_And_Sea_v04_0.txt

3 Feuille de calcul « Températures satellites »

2. A propos des indicateurs de par satellites (2/2)

Mis en ligne SCE : 22.02.2019

Afin d'élaborer les indicateurs de température, on utilise des radiomètres MSU, AMSU ou ATMS embarqués sur des satellites, puis on construit l'indicateur à partir des mesures et de diverses corrections. On obtient ainsi un indicateur qui concerne la quasi-totalité du globe, contrairement aux indicateurs terrestres basés essentiellement (avant 1980) sur **quelques milliers** de stations américaines et européennes. Au sujet des mesures par satellites, et sans être spécialiste dans ce domaine, un physicien peut néanmoins donner quelques éléments d'appréciation qu'ignore parfois un lecteur intéressé par la climatologie. Le but de la seconde partie de l'article sera atteint si ce lecteur a appris des éléments nouveaux, il pourra ensuite approfondir la question par lui-même.

Partie 1 de l'article [ici](#).

2.1. Les mesures des radiomètres

Les instruments [4] MSU (Microwave Sounding Unit) AMSU (depuis 2000) et ATMS sont sensibles à la luminance énergétique ($\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$) dans la direction visée par l'antenne. Les instruments sont initialement destinés à la prévision météorologique et non à des études climatiques.

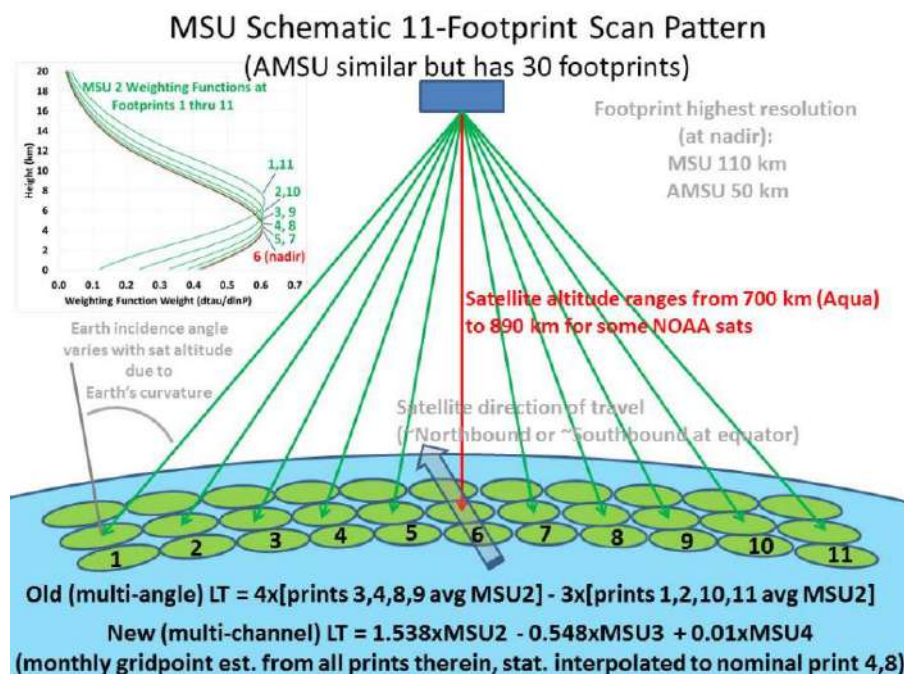


Figure 5a. [2] [4] L'échantillonnage spatial pour MSU. Une mesure individuelle (suivant un angle $\approx 7^\circ$ fixé par l'antenne) porte sur une colonne d'air dont l'empreinte au sol $\approx 22\,000\text{ km}^2$ (2500 km^2 pour AMSU). Les mesures lors d'un balayage sont effectuées en une dizaine de secondes [3]. Nb la numération des figures suit celle du premier article.

Dans l'idéal le radiomètre n'est sensible qu'à la luminance dans **l'angle solide visé**. En réalité les lobes latéraux d'antenne vont provoquer un biais de balayage (ici Fig.4). Les détecteurs sont le siège d'un bruit de mesure. NET (Noise équivalent Température) $\approx 0.25 \text{ K}$ voir ici ou ici.

2.1.1. Elaboration de la « température » à partir de la luminance

On va déduire des mesures de luminance une température de brillance [5] pour certaines fréquences (entre 50 et 60 GHz, soit 5 à 6 μm , pour l'oxygène atmosphérique). La température de brillance est la température de rayonnement **du corps noir** qui délivre la même luminance énergétique $L(\nu)$ autour d'une fréquence ν particulière. C'est seulement dans ce **cas idéal**, que la température de brillance se déduit directement de la loi de Planck.

Dans le monde **réel**, la luminance $L(\nu)$, mesurée à 800 km d'altitude par les instruments MSU ou AMSU, est fonction de l'émission (B) et de l'absorption (τ) qui dépendent de la pression (altitude z), de la température T et de la fréquence ν . Mais on doit ajouter **d'autres contributions** très délicates à estimer.

Soit une expression du type

$$L(\nu) = \int_0^{Z_{\text{satellite}}} B(\nu, T(z)) \left[\frac{d\tau(\nu)}{dz} \right] dz + \text{Emissions / Réflections de la surface + nuages + ...}$$

Les **d'autres contributions** (effets de surface, nuages) diminuent en très haute altitude $\rightarrow$ elles concernent donc moins l'indicateur TLS que l'indicateur TLT (voir fig. 5b). On peut surtout les minimiser par **un choix judicieux** de la fréquence ν .

La connaissance des paramètres physiques, le long de la ligne de visée et **au moment de la mesure**, doit permettre de résoudre le « problème inverse » c'est-à-dire remonter vers la température T à partir de $L(\nu)$ (voir ici). On utilise des fonctions de pondération **théoriques** qui modélisent une atmosphère **standard**. La « température » à l'altitude z , élaborée à partir des mesures de luminance, est donc une mesure **indirecte**, en tout cas, bien moins directe que celle obtenue avec une sonde de platine embarquée sur un ballon.

2.1.2. Les fonctions de pondération

Dans une seconde étape, RSS [1] et UAH [2] vont ensuite combiner plusieurs **canaux** (dont le canal 5) et plusieurs **angles** de visée pour remonter vers la « température » TLT ($\approx 3.5 \text{ km}$). L'indicateur TLS ($\approx 18 \text{ km}$) va utiliser surtout le canal 9. Des mesures directes de température par ballons permettent un certain étalonnage. On peut noter que l'influence de la surface conduit à 2 pondérations **différentes** (Land/Océan de la Fig.5b) pour **le seul** indicateur TLT.

Mais **plusieurs** pondérations de type 'Land' seraient nécessaires $\rightarrow$ concernant la réflexion du rayonnement, une zone humide sur un continent (Land) est plus proche de l'océan que du désert.

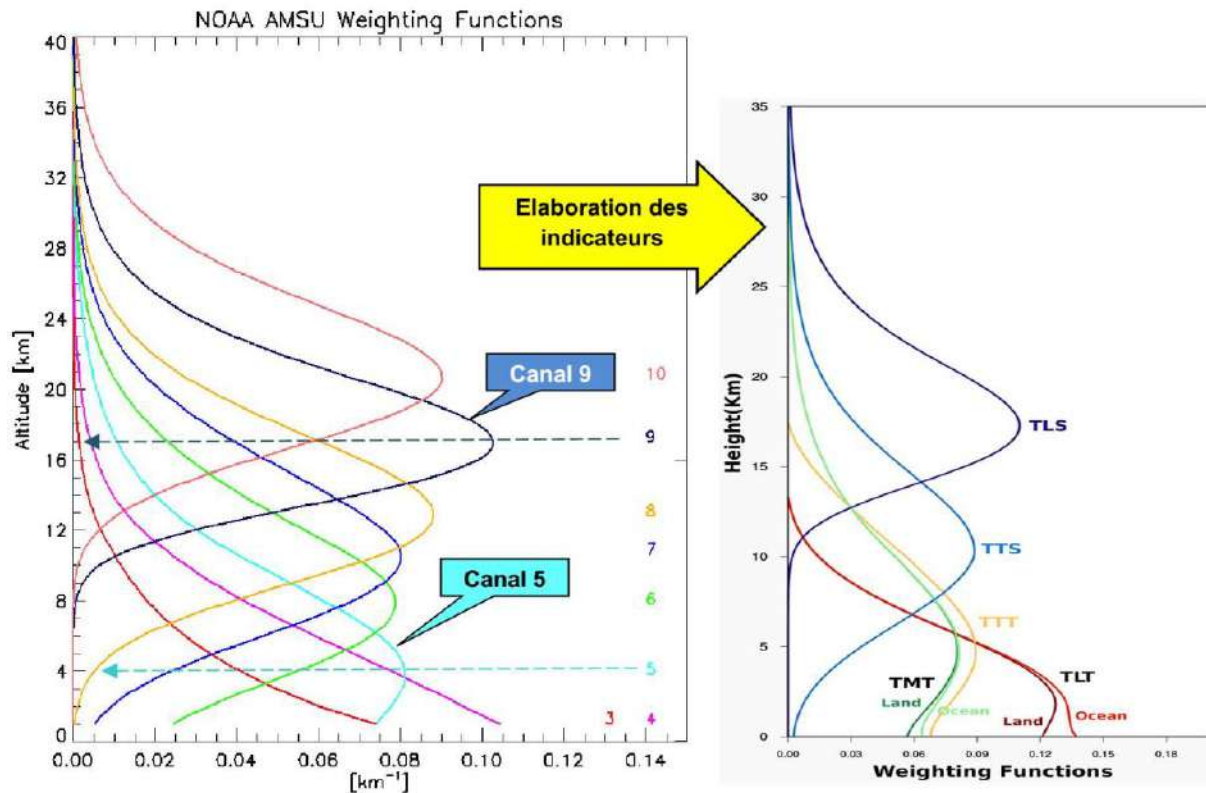


Figure 5b. Fonctions de pondération AMSU pour une observation au nadir (angle zéro) (ici ou ici). Les fonctions de pondération modélisent une atmosphère terrestre standard suivant l'angle de visée et le canal (fréquence ν).

Exemple pour le canal 5 (53,6 GHz) :

Au-dessous de 4 km l'absorption augmente plus vite que l'émission alors qu'au-dessus de 4 km l'émission diminue plus vite que l'absorption → la fonction de pondération sera maximale à l'altitude ≈ 4 km pour le canal 5. A partir de la luminance dans le canal 5, on déduit une « température moyenne » autour de 4 km d'altitude.

2.1.3. Les fréquences utilisées

Idéalement, la mesure de luminance devrait concerner **la seule** colonne d'air, entre la surface terrestre et le satellite à ≈ 800 km d'altitude. Mais les contributions de la surface terrestre, des nuages, de la vapeur d'eau etc. vont gêner la mesure. Pour limiter cette gêne, on utilise souvent l'oxygène (représentatif de la température de l'air) en considérant les canaux 3 à 14 (pour AMSU). Les canaux 5, 7 et 9 AMSU sont étroitement associés aux canaux 2, 3 et 4 de MSU.

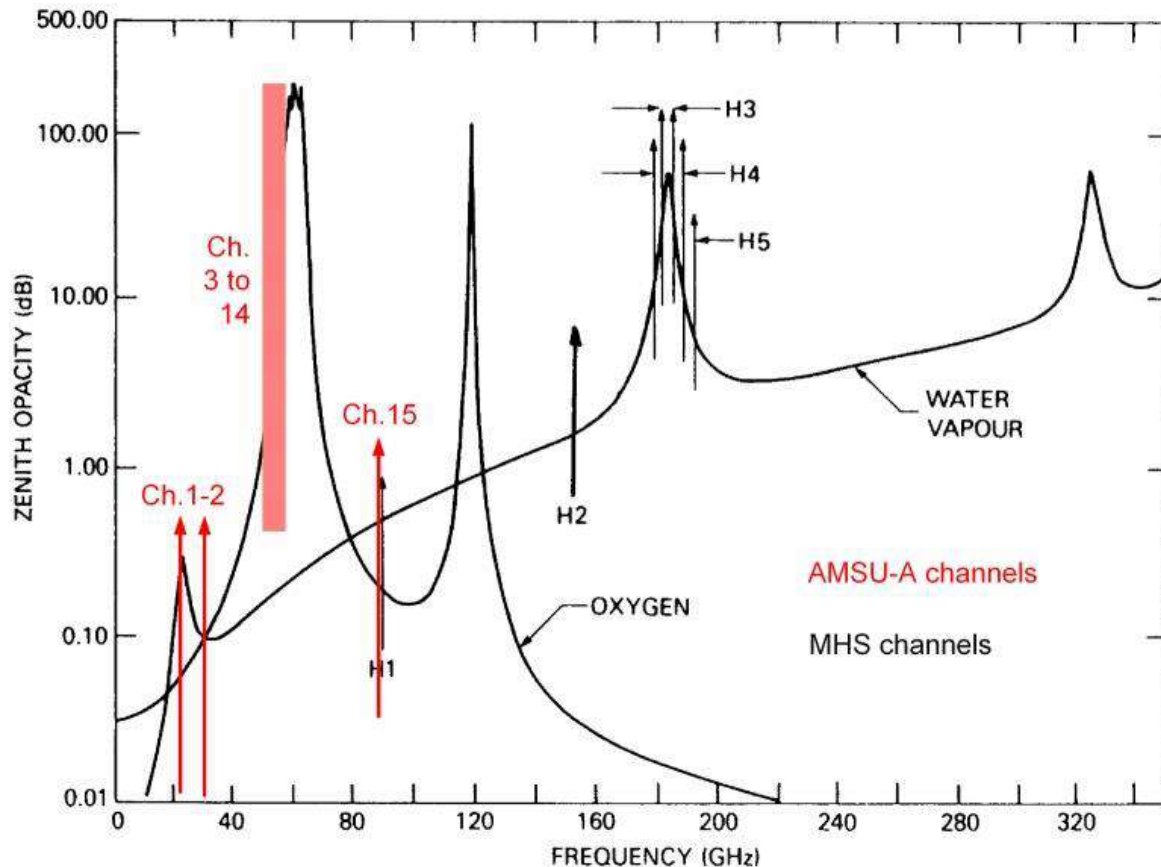


Figure 5c. Les fréquences pour AMSU voir ici.

2.1.4 Remarques sur les mesures

- C'est seulement pour le corps noir que la luminance ne dépend **que** de la température. Les températures de brillance obtenues sont **presque** équivalentes à une **moyenne** de « température » d'une atmosphère **standard** pondérée verticalement. Mais il faut que la mesure (à 800 km d'altitude) **soit indépendante** (ou parfaitement corrigée) des autres grandeurs variables (pression, taux d'humidité, couverture nuageuse, effets de surface, etc.). La variation UAH/RSS pour TLT est **inférieure à 0.2%**, on peut donc s'interroger:

La répartition verticale de l'eau atmosphérique est-elle identique pour les années 1980 et 2010 ? Les fonctions de pondération sont-elles parfaitement constantes dans le temps ?

La pondération TLT au-dessus des **continents** est-elle similaire pour un désert, une forêt tropicale, une zone humide ?

- A la fin des années 90 il y a changement progressif de l'instrumentation: on passe des capteurs MSU vers AMSU ([ici slide 3](#)). Les instruments AMSU sont similaires aux MSU, mais ils effectuent des mesures en utilisant un plus grand nombre de canaux → les fréquences sont donc **légèrement différentes**. La taille des empreintes au sol est **plus petite** pour AMSU → le biais de balayage change. La différence pour la « température » entre MSU et AMSU dépasse parfois 1K ([ici Fig.7](#)). On peut noter un désaccord (Fig.3a [du 1/2](#)) entre RSS et UAH plus important **à partir** du changement d'instrumentation de la fin des années 90.

MSU/AMSU V4.0 Channel TLT Brightness Temperature, January, 2019

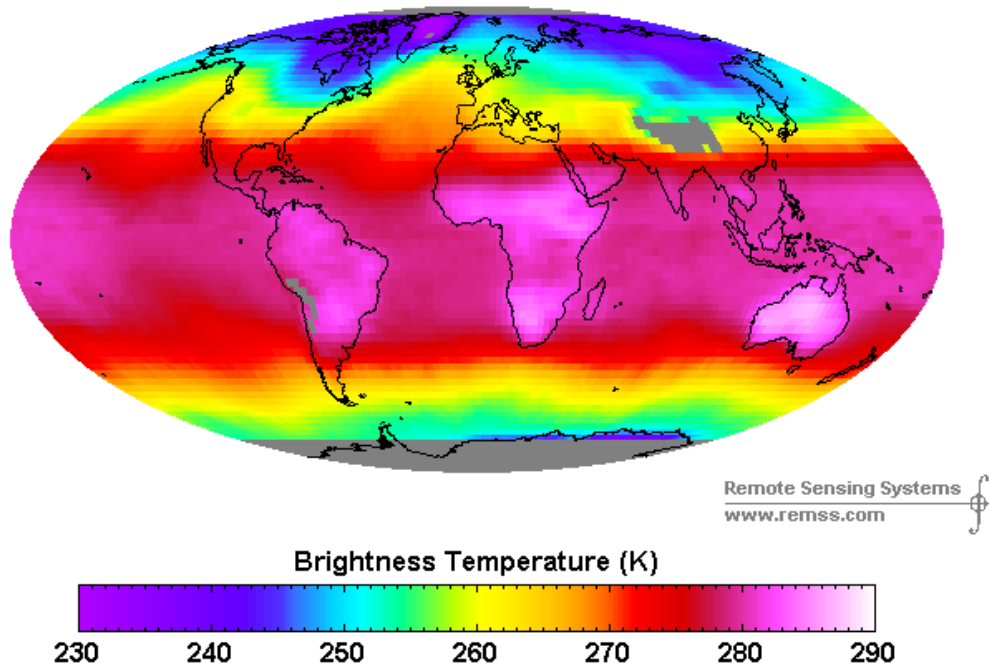


Figure 5d. Carte des températures TLT selon RSS (ici). Les températures de brillance **déduites** sont comprises entre 230 K et 290 K, soit une variabilité spatiale $\approx 60/265 = 23\%$ contre 50% pour les températures au sol. On combine les mesures afin d'élaborer une moyenne sur $\approx 95\%$ de la surface terrestre. Les zones polaires et la très haute montagne (Himalaya, Andes) **ne sont pas** prises en compte.

2.2. Les corrections [3].

On utilise **plusieurs** radiomètres, sur des satellites qui n'ont pas tous ni la même altitude ni la même vitesse. Les corrections à appliquer pour remonter vers une « température » seront donc **différentes**. Les instruments n'ont pas un étalonnage parfaitement stable et sont l'objet au cours des décennies de défaillances de canal. Les satellites supportant les instruments ont des orbites changeantes au fil du temps. Aucun radiomètre n'a mesuré en continu sur 4 décennies : depuis 1979, on a utilisé **15 satellites** avec diverses durées de fonctionnement (*ici slide 17/18*), avec un calibrage légèrement différent, nécessitant une intercalibration entre satellites (*ici Fig.1*).

MSU et AMSU ont des fréquences de canal légèrement différentes → les fonctions de pondération changent. Les plates-formes satellites ont des orbites qui dérivent : les radiomètres observent donc à des **heures locales différentes** selon les années.

Tous les ajustements nécessaires impliquent des décisions concernant la méthodologie, et des méthodologies différentes aboutissent à des résultats différents pour RSS et UAH.

Une correction particulièrement délicate (correction diurne) concerne l'heure locale d'observation : la même empreinte au sol mesurée par exemple à 8H00 locale ou à 8H20 locale ne va pas donner la même température de brillance, et l'écart n'est pas négligeable. Cet écart dépend du moment de la journée, de la saison, de la géographie (continent, océan, désert, forêt, haute montagne, etc.). Les capacités thermiques font que la correction diurne est faible au-dessus des océans mais **importante au-dessus des continents**.

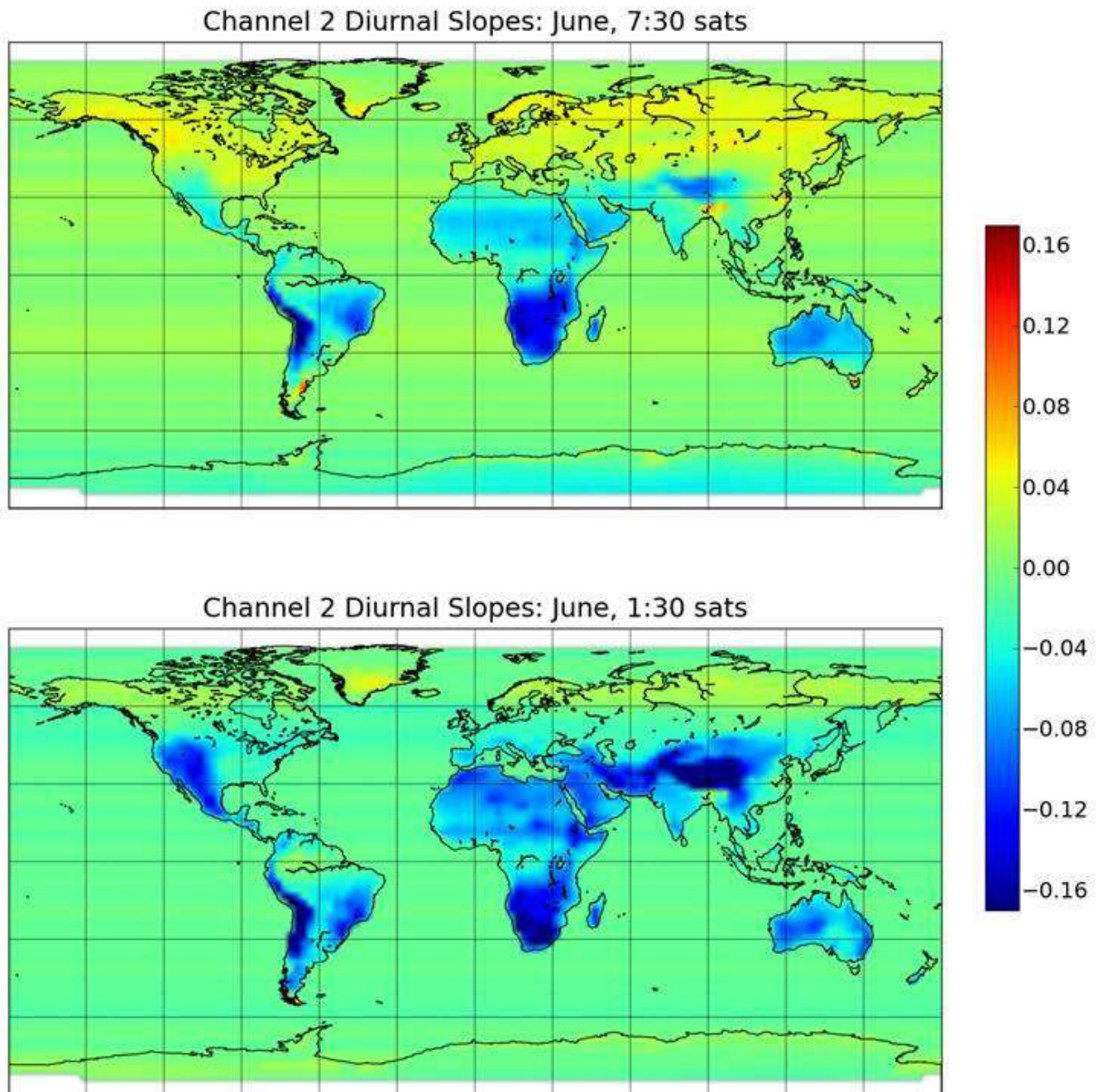


Figure 6. [2] Un exemple des corrections diurnes. Elles sont importantes au-dessus des continents. Suivant l'heure locale et la saison les corrections changent.

En pratique les corrections utilisent parfois des **modèles théoriques** (Community Climate Model → [ici](#)). En conséquence, le calcul des incertitudes n'est pas usuel, on est conduit à utiliser une **méthode Monte-Carlo** ([voir ici](#)) pour obtenir une estimation → (incertitude $\approx 0.1K$?). Pas moins d'une **dizaine** de versions pour chaque indicateur RSS/UAH se sont succédé depuis 1992. La dernière version (RSS 4.0 publiée en 2017) entraîne, presque à elle-seule, l'écart de 0.2 K entre RSS et UAH.

2.3. Remarques

- L'indicateur TLT ne correspond qu'à une **fraction** de l'atmosphère dont la partie supérieure (indicateur TLS) s'est faiblement **refroidie** ([ici Figs 5/6](#)). L'indicateur TLS (≈ 18 km) est *a priori* plus fiable car moins dépendant des autres contributions (surface, nuages) que l'indicateur TLT (≈ 3.5 km).

- Les océanographes ont documenté des cycles de l'ordre de ≈ 60 ans pour les océans (à partir d'observations sur la banquise nord, sur les températures, sur la vitesse de montée des océans, mais aussi sur le **contenu thermique de l'océan**). Sur quelques décennies, l'océan va impacter la basse atmosphère située au-dessus car la capacité thermique de l'océan est au moins 10 fois supérieure à celle de l'atmosphère (suivant la fraction d'océan concernée → voir Fig. 1 du 1/2). La tendance au-dessus de l'océan peut, pour partie, être la conséquence d'un cycle océanique naturel de 60 ans.

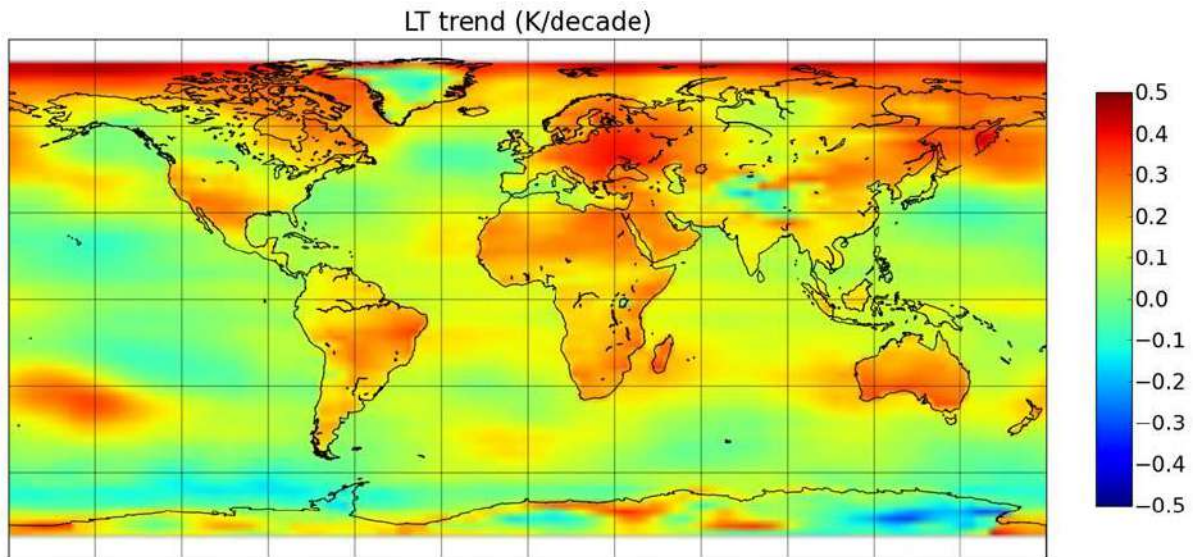


Figure 7. [2] Carte des tendances 1979 – 2015 selon UAH. La tendance (LT trend) à la hausse est **plus grande** au-dessus des continents qu'au-dessus de l'océan.

Les indicateurs RSS/UAH donnent pour la basse atmosphère une tendance moyenne ≈ 0.16 K/décennie. Mais cette tendance **globale** est surtout causée par les fortes valeurs au-dessus des **continents** (Fig.7), et nous avons vu (Fig. 6) que les corrections les plus notables sont justement les corrections diurnes pour **les continents**. Par ailleurs, bien qu'un désert soit différent d'une zone humide, l'indicateur TLT utilise une unique pondération (fig.5b) au-dessus des continents. A propos de la hausse des températures sur les seuls continents, on peut consulter [ceci](#).

2.4. Conclusions

- On **ne peut pas** donner un sens physique précis à une «moyenne des températures de la basse atmosphère ». Pour tenter néanmoins de caractériser l'évolution thermique de la basse atmosphère, on utilise depuis 1979 des indicateurs satellites TLT qui sont des **objets mathématiques** basés sur des mesures **indirectes**.
- Sous l'influence de l'**OMM**, (co-créateur du **GIEC**), on a étendu à 100% du globe (et on remonte à 1850!) un indicateur **terrestre** qui ne devrait concerner que 5% de la surface (USA Europe Chine Japon) et seulement à partir de 1950 [6]. Depuis 1979, les indicateurs par satellites permettent d'avoir enfin un indicateur de température véritablement mondial. Ils présentent donc un net progrès par rapport aux indicateurs **terrestres** ([voir ici](#)). Ce progrès, important sur l'échantillonnage spatial, reste faible pour l'échantillonnage temporel.
- Les mesures par satellites comportent un **changement d'instrumentation** (MSU vers AMSU) à la fin des années 90. On utilise une procédure complexe de calcul et d'étalonnage, notamment pour les corrections diurnes au-dessus des continents qui dépendent parfois de **modèles théoriques**. Comment alors calculer une marge d'erreur ?

- Pour la basse atmosphère, la hausse en 40 ans des indicateurs RSS/UAH est ≈ 0.5 K, soit un **changement relatif $\approx 0.2\%$** . Les mesures **indirectes** [5] concernent des températures variant spatialement $\approx 20\%$ et temporellement $\approx 20\%$ (soit 100 fois le changement relatif de 0.2%).
- La hausse des indicateurs RSS/UAH $\approx +0.5$ K doit être mise en regard avec la variabilité mensuelle (écart type ≈ 0.1 K, valeur crête à crête ≈ 0.7 K), avec les transitoires naturels **> 0.5 K** de type El Niño et avec le désaccord ≈ 0.2 K entre RSS et UAH.
- Entre la basse atmosphère et la haute atmosphère, les très faibles variations (0.2%) ont un sens opposé. Pour expliquer la légère hausse des indicateurs, le GIEC et son organisme fondateur l'OMM invoquent l'existence d'un « effet de serre » ([voir ici](#)) , mais il existe d'autres hypothèses ([voir ici](#)). Une partie de cette hausse peut (au-dessus des océans) être la conséquence de cycles océaniques naturels.

Références

- 1 Elaboration RSS <http://www.remss.com/measurements/upper-air-temperature/>
http://images.remss.com/papers/rsspubs/Mears_JTECH_2009_TLT_construction.pdf
- 2 Elaboration UAH <http://www.drroyspencer.com/2015/04/version-6-0-of-the-uah-temperature-dataset-released-new-lt-trend-0-11-cdecade/>
- 3 Corrections <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-16-0768.1#>
http://images.remss.com/papers/msu/MSU_AMSU_C-ATBD.pdf
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2008JD011267>
- 4 Instrumentation *Satellite Microwave Sounding System: Past, Present and Future*
Performances pour ATMS
- 5 Données MSU <https://disc1.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/msu/MSULTT.001/>
- 6 Indicateurs terrestres *Fig.1 ici ou là*
<https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/docs/peterson-vose-1997.pdf>
https://www.portoconference2018.org/uploads/1/1/7/3/117342822/5._limburg.pptx
<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/2011BAMS3124.1>
<https://www.rossmckittrick.com/temperature-data-quality.html>

3. Climate: about which temperature are we talking about?

Mis en ligne SCE : 24.07.2019

Is it the increase of temperature during the period 1980-2000 that has triggered the strong interest for the climate change issue? But actually, about which temperatures are we talking, and how reliable are the corresponding data?

3.1 Measurement errors

Temperatures have been recorded with thermometers for a maximum of about 250 years, and by electronic sensors or satellites, since a few decades. For older data, one relies on “proxies” (tree rings, stomata, or other geological evidence requiring time and amplitude calibration, historical chronicles,

almanacs, etc.). **Each method has some experimental error, 0.1°C for a thermometer, much more for proxies.** Switching from one method to another (for example from thermometer to electronic sensor or from electronic sensor to satellite data) requires some calibration and adjustment of the data, not always perfectly documented in the records. Also, as shown further in this paper, **the length of the measurement window is of paramount importance for drawing conclusions on a possible trend observed in climate data.** Some compromise is required between the accuracy of the data and their representativity.

3.2 Time averaging errors

If one considers only “reliable” measurements made using thermometers, one needs to define daily, weekly, monthly, annually averaged temperatures. But before using electronic sensors, allowing quite continuous recording of the data, these measurements were made punctually, by hand, a few times a day. **The daily averaging algorithm used changes from country to country and over time, in a way not perfectly documented in the data; which induces some errors** (Limburg, 2014). Also, the temperature follows seasonal cycles, linked to the solar activity and the local exposition to it (angle of incidence of the solar radiations) which means that when averaging monthly data, one compares temperatures (from the beginning and the end of the month) corresponding to different points on the seasonal cycle. Finally, as any experimental gardener knows, the cycles of the Moon have also some detectable effect on the temperature (a 14 days cycle is apparent in local temperature data, corresponding to the harmonic 2 of the Moon month, Frank, 2010); there are circa 13 moon cycle of 28 days in one solar year of 365 days, but the solar year is divided in 12 months, which induces some biases and fake trends (Masson, 2018).

3.3 Spatial averaging

First of all, IPCC is considering *global temperatures* averaged over the Globe, despite the fact that temperature is an intensive variable, a category of variables having only a local thermodynamic meaning, and also despite the fact that it is well known that the Earth exhibits different well documented climatic zones.

The data used come from meteo stations records, and are supposed to be representative for a zone surrounding each of the meteo stations, and which is the locus of all points closer to that given station than to any other one (Voronoi algorithm). **As the stations are not spread evenly and as their number has changed considerably over time, “algorithmic errors” are associated to this spatial averaging method.**

VORONOI DIAGRAM

“In mathematics, a Voronoi diagram is a partitioning of a plane into regions based on distance to points in a specific subset of the plane. That set of points (called seeds, sites, or generators) is specified beforehand, and for each seed there is a corresponding region consisting of all points closer to that seed than to any other. These regions are called Voronoi cells.

[source: https://en.wikipedia.org/wiki/Voronoi_diagram]

As the number of seed points changes, their corresponding cells change in shape, size and number (Figs. 1 and 2).

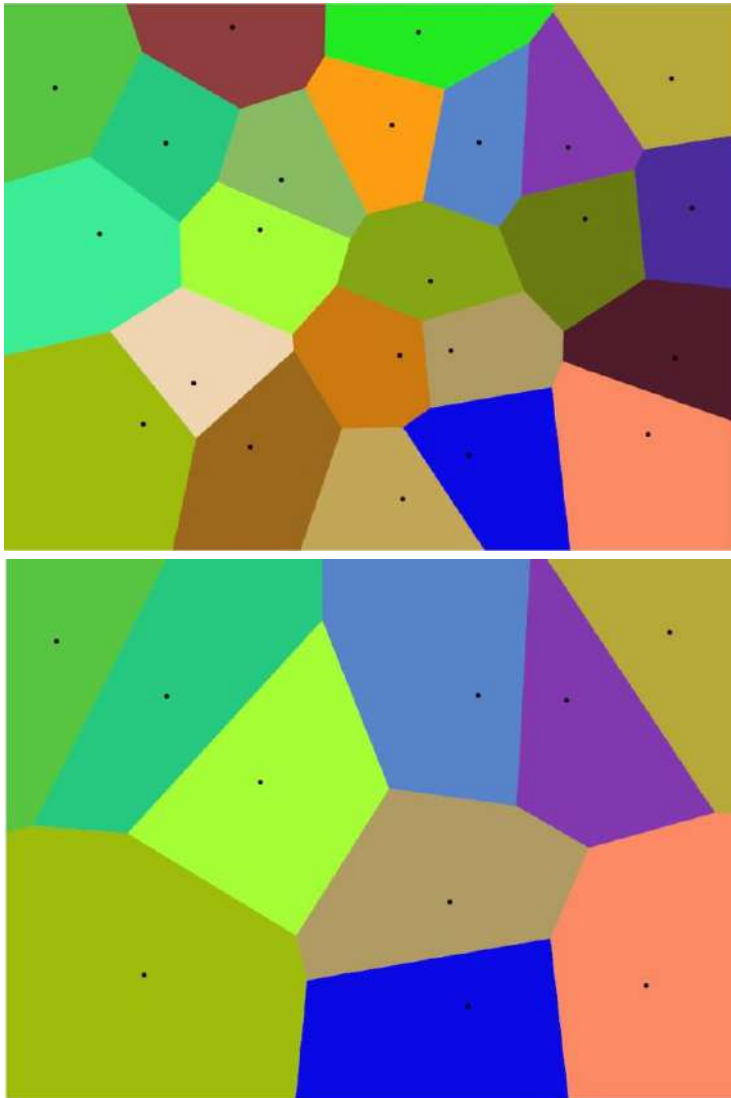
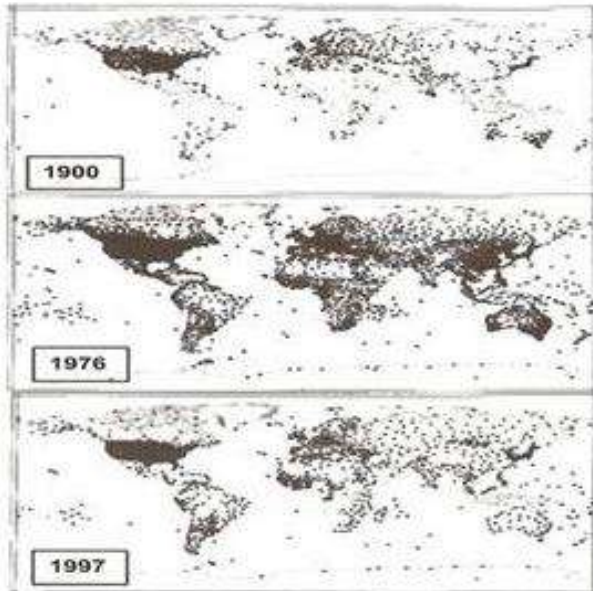
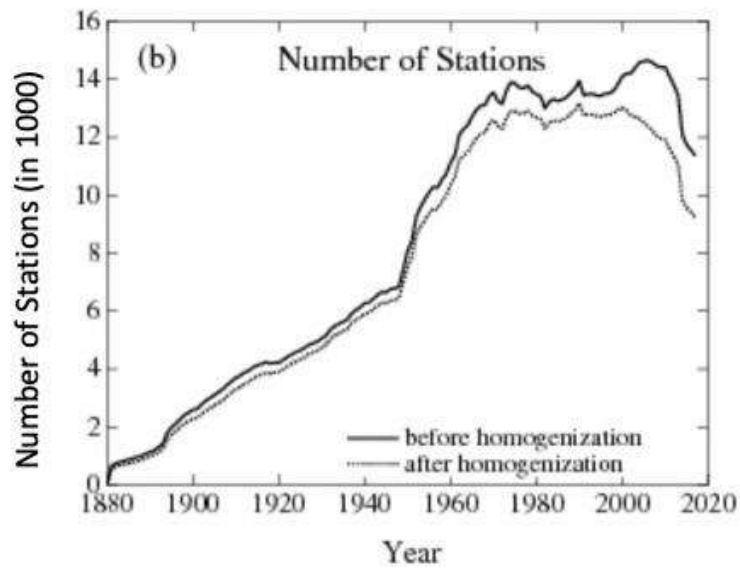


Fig.1 : Example of a Voronoi diagram and Fig. 2 : Same with a reduced number of seeds. [constructed with <http://alexbeutel.com/webgl/voronoi.html>]

In climatology, the seed points are the meteo stations, and their number has been considerably reduced over time, which changes the number and size of the corresponding cells (see Figs. 3, 4 and 5).



Figs. 3 and 4 : Number of stations according to time (left) and location versus time (right).
Data of Figure 3 is from the GISS Surface Temperature Analysis (GISTEM v4) [1].
Source : https://data.giss.nasa.gov/gistemp/station_data_v4_globe/

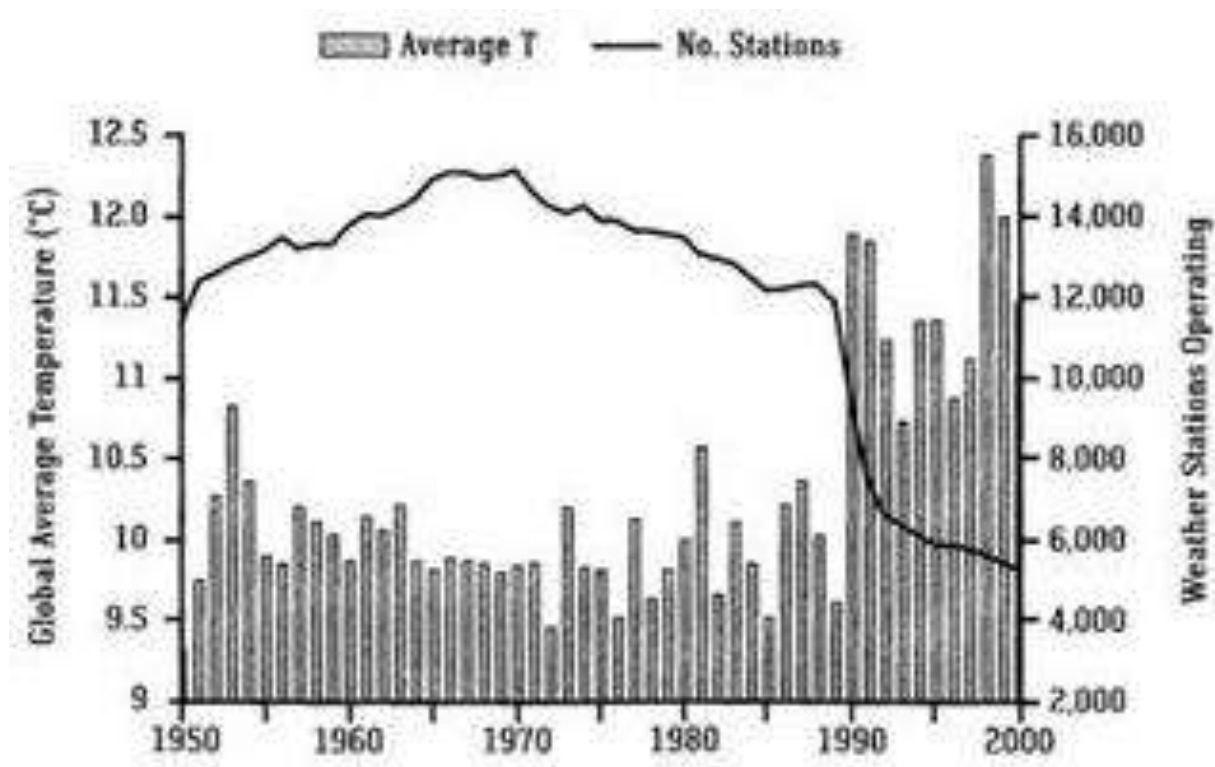


Fig. 5 : Evolution of land stations and global temperature (Easterbrook 2016) [7]. Beginning of 1990, thousand meteo stations located in cooler rural zones (e.g. Siberia, North Canada) stopped recording data (source :<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/v2/v2.temperature.readme>). Note that Fig. 3 is based on [GHCNv4](#) (June 2019) and Fig. 5 on [GHCNv2](#) (before 2011). All stations have been reanalyzed and that's why there are differences between the two figures.

Average temperature

The average temperature (actually its anomaly; see below) is calculated by summing the individual data from the different stations and by giving to each point a weight proportional to its corresponding cell (weighted average).

As the sizes of the cells have changed over time, the weight of the seed points (the meteo stations) have also changed, which induces a bias in the calculation of the global average value.

Applying a Voronoï algorithm opens clearly the door to any kind of manipulation in zones where the data are sparse, as shown in Figure 6.

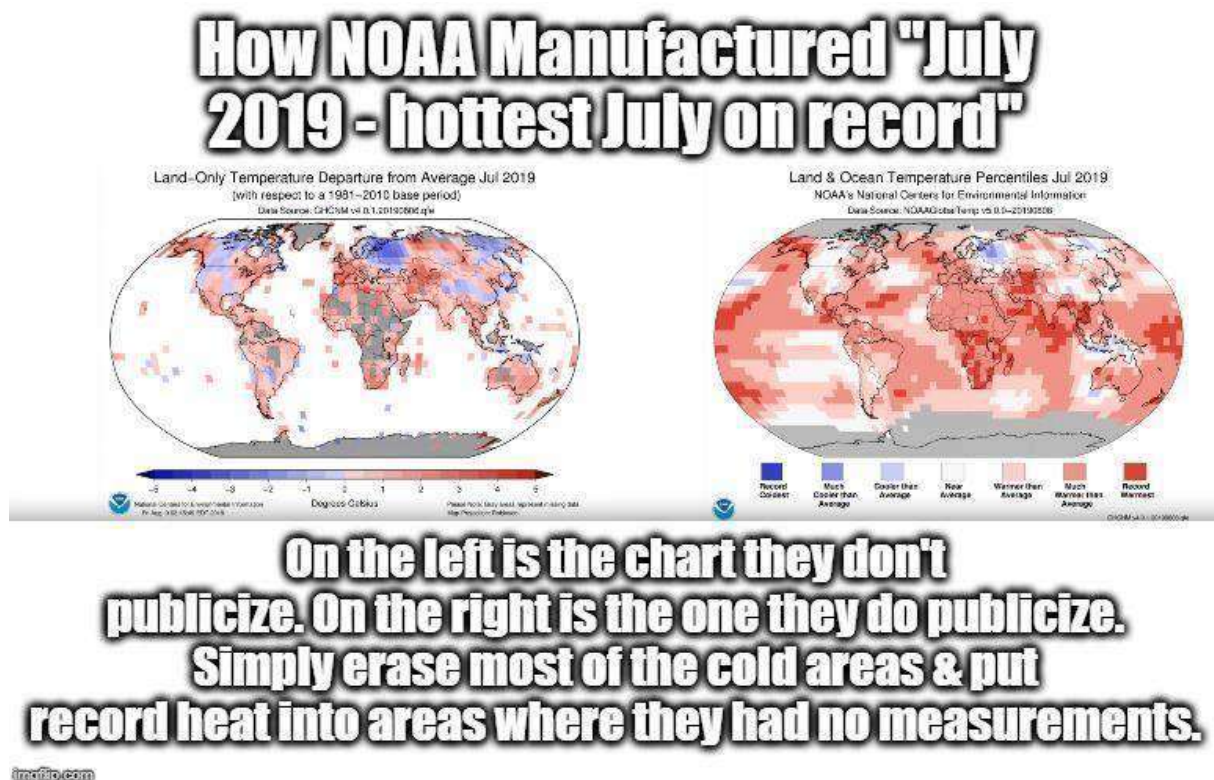
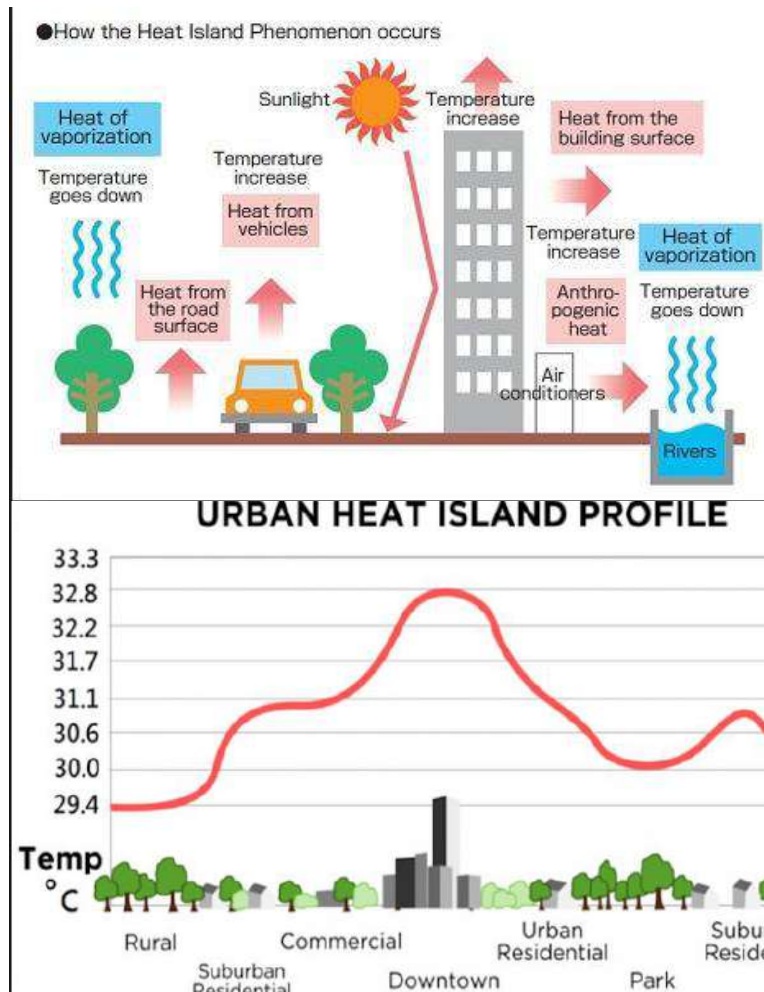


Figure 6. Source : <https://www.ncei.noaa.gov/news/global-climate-201907>

3.4 Urban island effect

Also, many meteo stations were initially located on the countryside, but these locations became progressively urbanized, causing an "urban island" effect, increasing artificially the measured temperature (Figs 7 and 8).



Figs 7 and 8. Causes and illustration of 'urban heat island effect'.

As a consequence, for land station data to be useful, it is essential that any non-climatic temperature jumps, such as the urban island effect, are eliminated. Such jumps may also be induced by moving the location of the stations or by updating the equipment. In the adjusted data form GISTEMPv4, the effect of such non-climatic influences is eliminated whenever possible. Originally, only documented cases were adjusted, however the current procedure used by NOAA/NCEI applies an automated system based on systematic **comparisons with neighboring stations** to deal with documented and undocumented fluctuations that are not directly related to climate change. The protocols used and evaluation of these procedures are described in numerous publications — for instance [2, 3].

However, correcting an urban island effect by homogenizing the data coming from meteo stations located in the vicinity, and which remained away from urbanisation, induces some pervert effect leading to fake conclusions. Indeed, just as the data from the « urbanized » station are tempered by the data from the other stations, the data of those ones are also affected by the data coming from the urbanized station and become somewhat corrupted by the urban island effect. This mutual influence, the perverse effects of it, and the fake conclusions reached, are well illustrated, in a stepwise manner, by the case described in this video :

<https://www.youtube.com/watch?v=AFPRMV2p5cY&t=2s>

3.5 Sea surface temperature

And what about the temperature over the oceans (representing about 70% of the Earth surface)? Until very recently, these temperatures have been only scarcely reported, as the data for SST (Sea Surface Temperature) came from vessels following a limited number of commercial routes (Fig. 9).

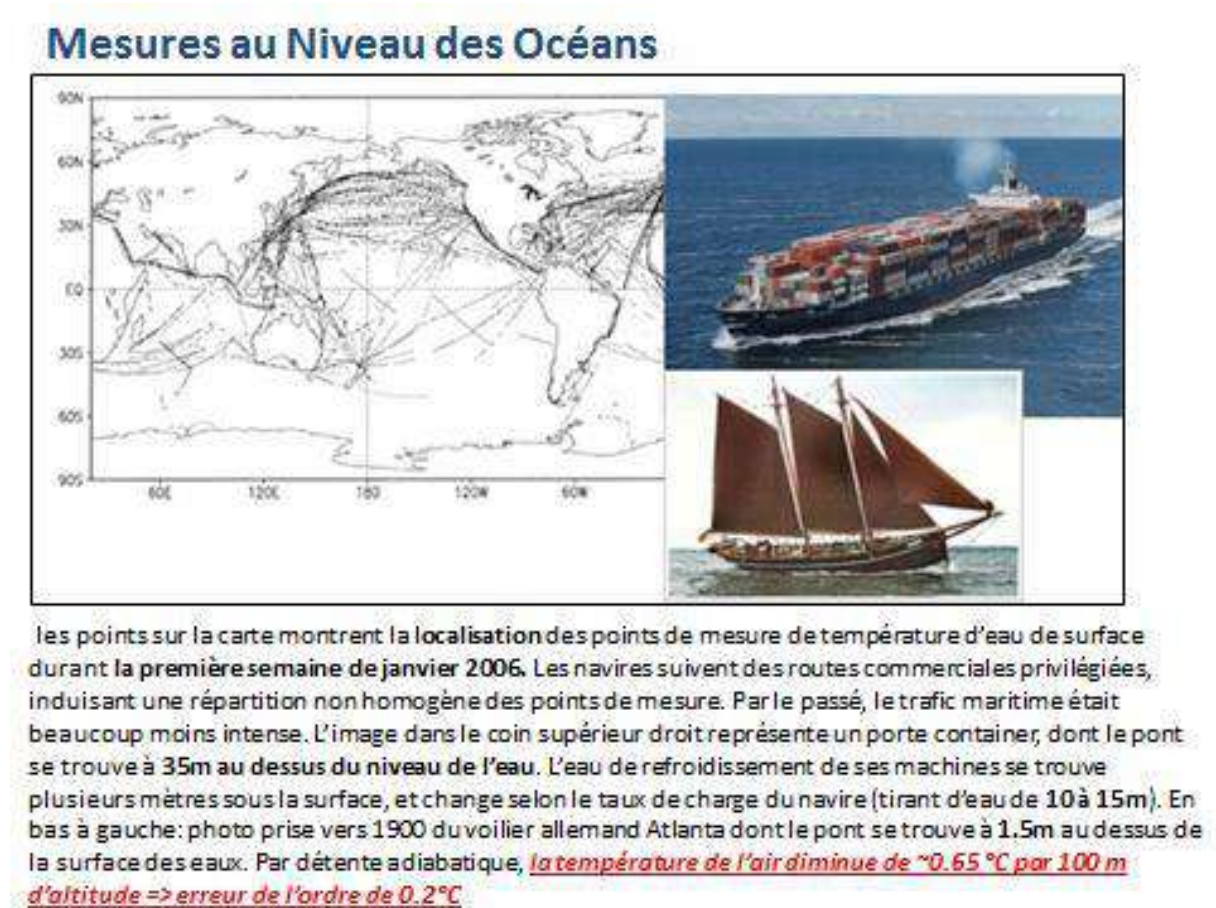


Fig. 9 : SST (Sea Surface temperature) measurements and (non-) representativity

More recently Argo floats (buoys) were spread over the oceans, allowing a more representative spatial coverage of SST.

3.6 Temperature anomalies

Secondly, at a given moment, the temperature on Earth may vary by as much as 100°C (between spots located in polar or equatorial regions). To overcome this problem, IPCC is not referring to absolute temperature but to what is called "*anomalies of temperature*". For that, they first calculate the average temperature over fixed reference periods of 30 years: 1931-60, 1961-1990. The next period will be 1991-2020. They then compare each annual temperature with the average temperature over the closest reference period. Presently and up to year 2021, the anomaly is the difference between the ongoing temperature and the average over the period 1961-1990.

This method is based on the implicit hypothesis that the “natural” temperature remains constant and that any trend detected is caused by anthropogenic activities. But even so, one may expect having to proceed to some adjustments, when switching from one reference period to another, a task interfering with the compensation of an eventual “urban island” effect or with a change in the number of meteo stations when switching from one reference period to the other, two effects we have identified as sources of error and bias.

But, actually, the key problem is that the temperature records undergo locally natural polycyclic, not exactly periodic and non-synchronized fluctuations [4]. **The fact that those fluctuations are not exactly periodic makes it mathematically impossible to “detrend” the data, by subtracting a sinusoid, as is commonly done, for example, when eliminating seasonal effects from data.**

The length of these cycles range from one day to annual, decennial, centennial, millennial components and beyond up to tenths of thousands of years (the Milankovich cycles).

Of particular interest for our discussion are decennial cycles, as their presence has a triple consequence:

Firstly, as they cannot be correctly detrended, because they are a-periodic, they interfere with, and amplify an eventual anthropogenic effect that is tracked in the anomalies.

Secondly, they induce biases and fake anomalies in calculating the average temperature over the reference period, as shown in Figure 10 below (Masson, [5]).

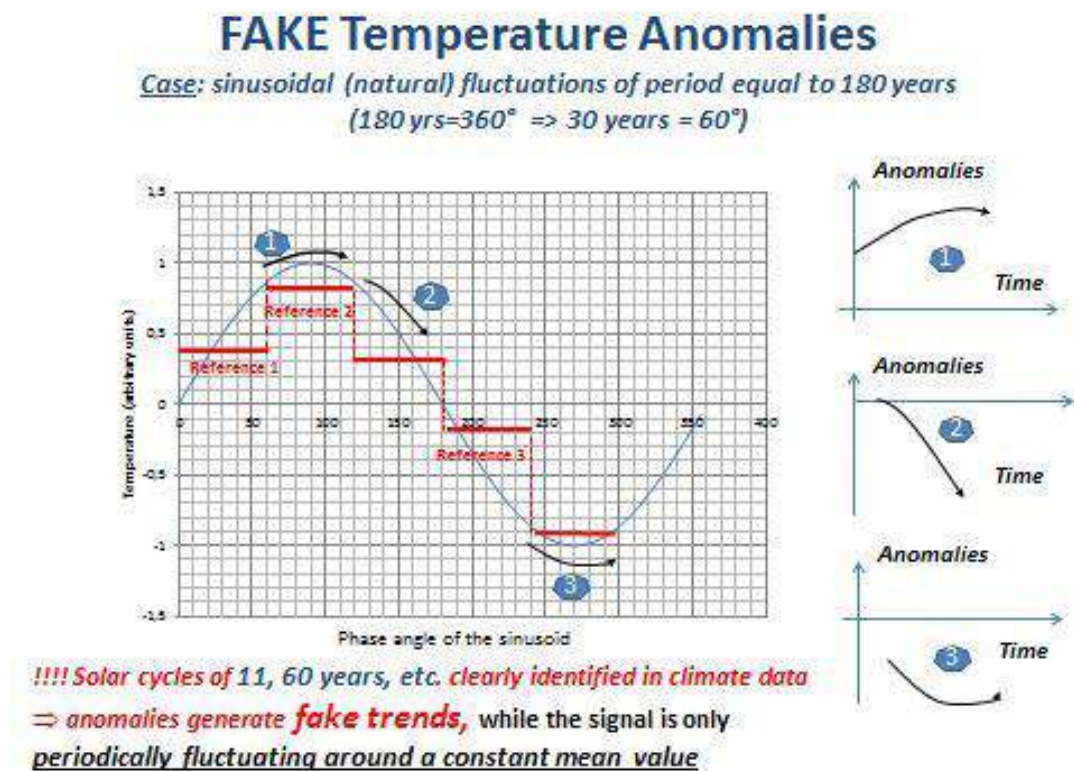


Fig. 10. Anomalies and periodic signals of period comparable to the length of the reference period.

Comment on Fig. 10

The figure shows the problems associated to defining an anomaly when the signal exhibits a periodic signal of length comparable to the reference period used for calculating this anomaly. To make the case simple, a sinusoid is considered of period equal to 180 years (a common periodicity detected in climate related signals), thus $360^\circ = 180$ years, and $60^\circ = 30$ years (the length of the reference period used by IPCC for calculating anomalies). For our purpose, 3 reference periods of 60° (30 years) have been considered along the sinusoid (the red horizontal lines marked reference 1, 2 and 3). On the right side of the picture, the corresponding anomalies (measurement over the next 30 year minus the average value over the reference period) have been represented. It can be seen, obviously, that the anomalies exhibit different trends. **Obviously also, all those trends are fake because the real signal is a sinusoid of overall mean value equal to zero. In other words there is no trend, only a periodic behaviour.**

The third fundamental critic on the way IPCC is handling temperature data relates to their choice to rely exclusively on linear regression trend lines, despite the fact that any data scientist knows that one must at least consider a time window exceeding 5 times the period of a cyclic component present in the data to avoid “border effects”. Bad luck for IPCC, most of the climate data shows significant cyclic components with (approximate) periods of 11, 60 and 180 years, while on the other hand they consider time windows of 30 years for calculating their anomalies.

And so, IPCC creates artificial “global warming acceleration” by calculating short term linear trends from data exhibiting a cyclic signature. With Figure 11 taken from FAQ 3.1 from Chapter 3 of the IPCC AR4 2007 report [6] IPCC states “Note that for shorter recent periods, the slope is greater, indicating accelerated warming ».

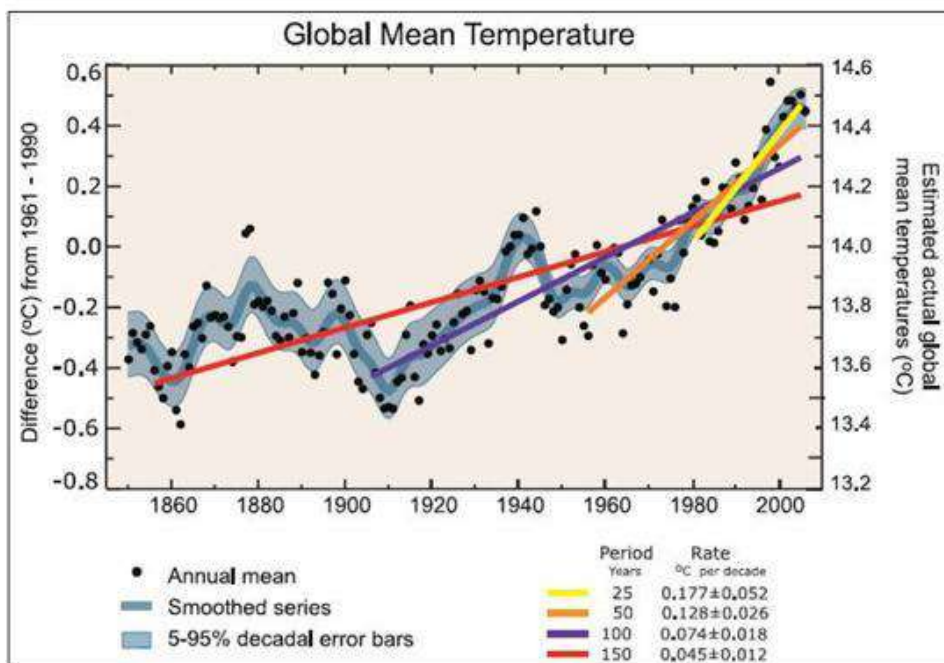


Fig. 11. Fake conclusions reached by IPCC.

The following graph (Fig. 12) illustrates the issue.

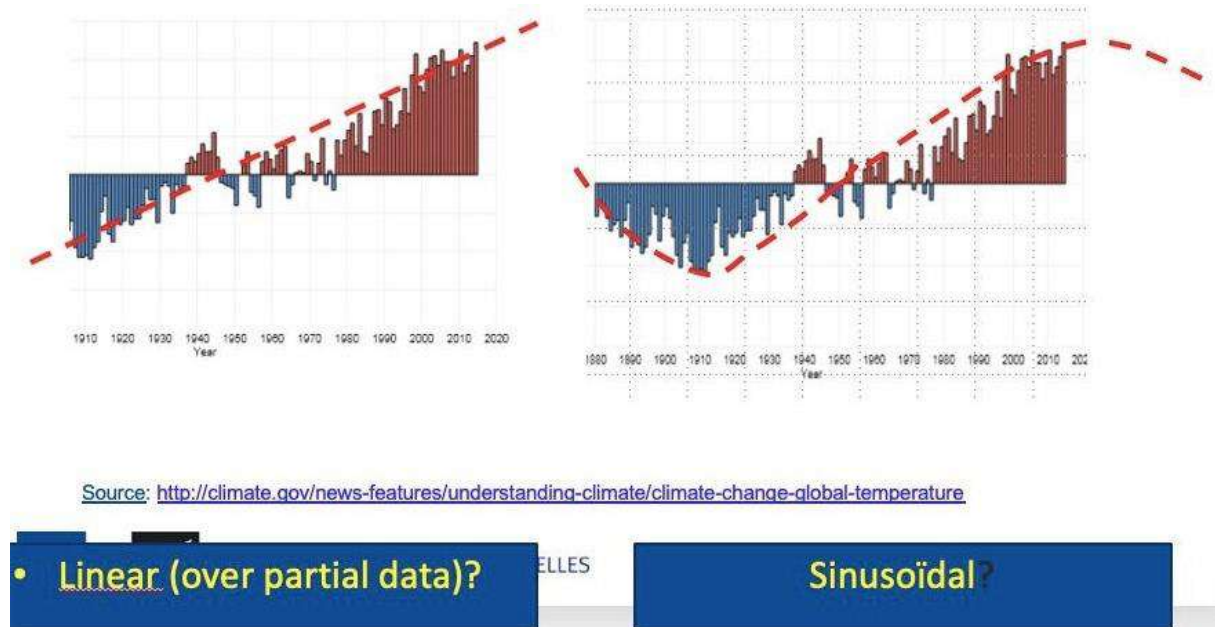


Fig. 12. Global temperatures compared to the average global temperature over the period 1901-2000.

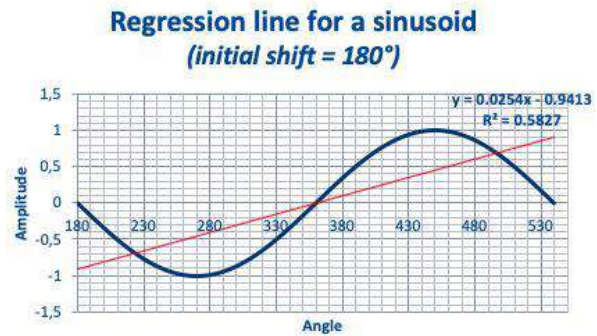
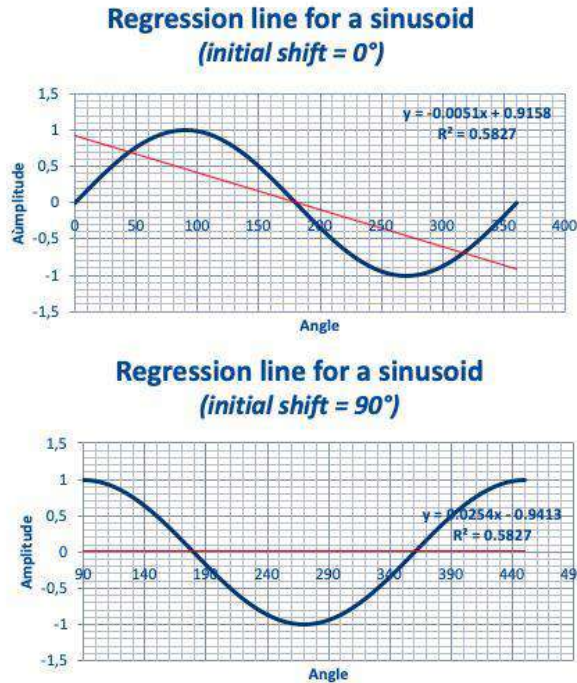
Comment on Fig. 12.

The graph shows the average annual global temperature since 1880 compared not with a 30 years reference period (as done for calculating anomalies), but compared to the long-term average from 1901 to 2000. The zero represents the long-term average for the whole planet, the bars show the global (but long term) “anomalies” above or below the long term average *versus* time. The claimed linear trend represented on the left part of the figure is (more than probably), as shown on the right part of this figure, nothing else than the ascending branch of a sinusoid of 180 years. This is also another way (the correct and simplest one?) to explain the existence of the “pause” or “hiatus” that has been observed over the last 20 years. The “pause” corresponding to the maximum of the sinusoid, and, consequently, a global cooling period could be expected during the coming years.

3.7 Linear trend lines and data having a cyclic signature

Finally, the followings graphs (Figs 13–15, from Masson [5] illustrate the “border effect” mentioned previously for a schematic case and show the potential errors that can be made, when handling with linear regression methods, data having a cyclic component with a (pseudo-) period of length

comparable to the time window considered. **The sinusoid remains exactly the same (and shows no trend), but if one calculates the linear regression (by the least square method) over one period of the sinusoid, a FAKE trend line is generated and its slope depends on the initial phase of the time window considered.**



Figs 13–15. Linear regression line over a single period of a sinusoid.

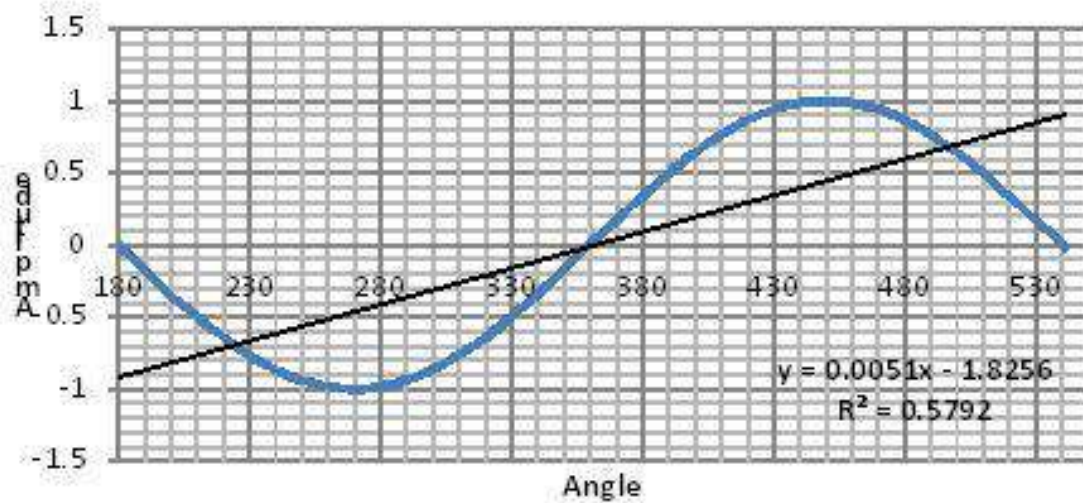
Regression lines for a sinusoid.

To illustrate the problem associated to the “Border effect” when drawing the regression line for a sinusoid, let us consider a simple sinusoid and calculate the regression line over one, two, five, ... many cycles (Figs 16–18).

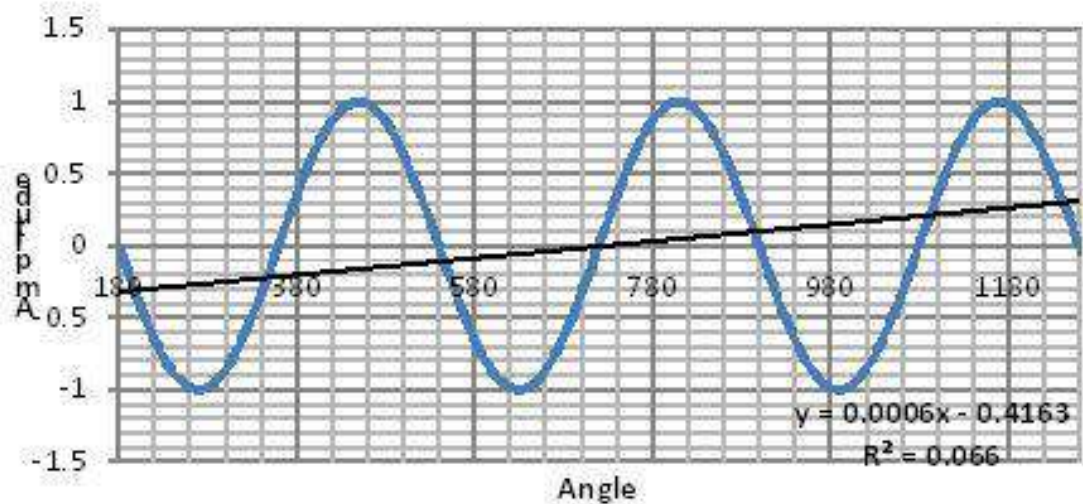
The sinusoid being stationary, the true regression line is a horizontal line (with a slope = 0).

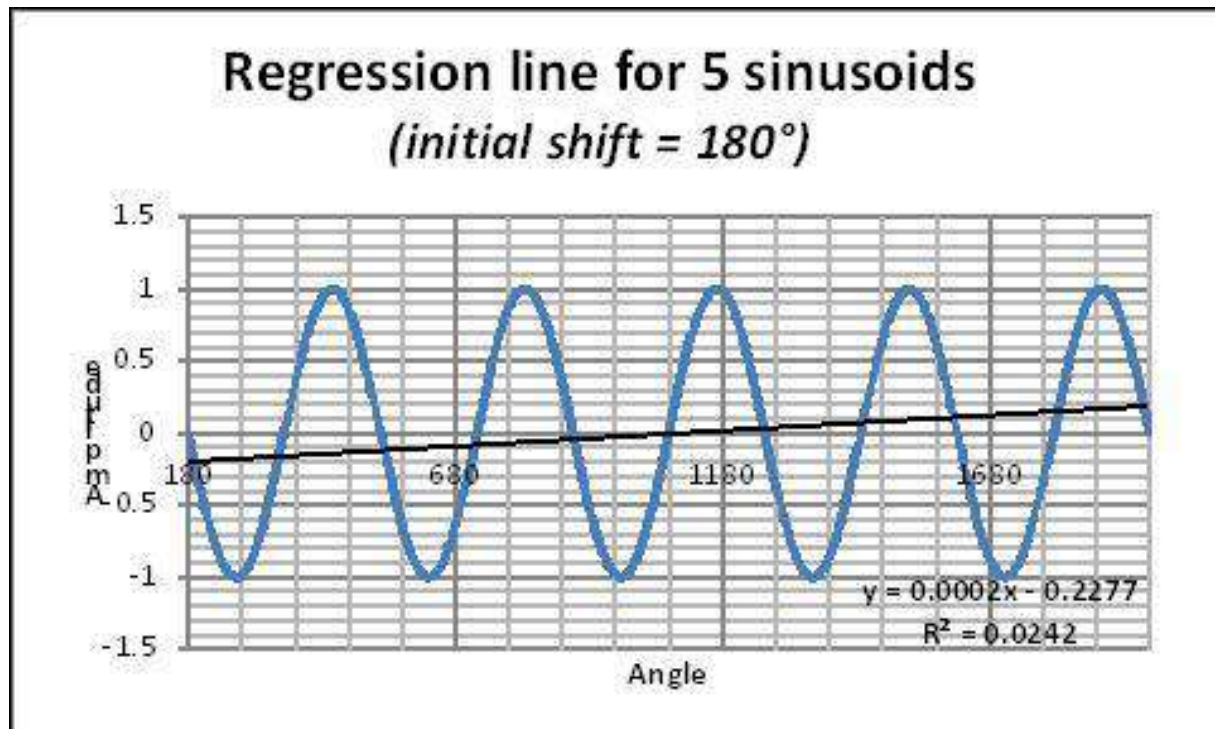
Taking an initial phase of 180° (to generate a regression line with a positive slope), let us see how the slope of the regression line changes with the number of periods:

Regression line for a sinusoid (initial shift = 180°)



Regression line for a triple sinusoid (initial shift = 180°)





Figs 16–18. Regression line for sinusoids with one, two, five cycles.

The corresponding regression equation is given on each figure. In this equation, the coefficient of x gives the slope of the “fake” regression line. The value of this slope changes with the number of periods as given on Fig. 19. As a thumb rule, data scientists recommend to consider at least 6 periods.

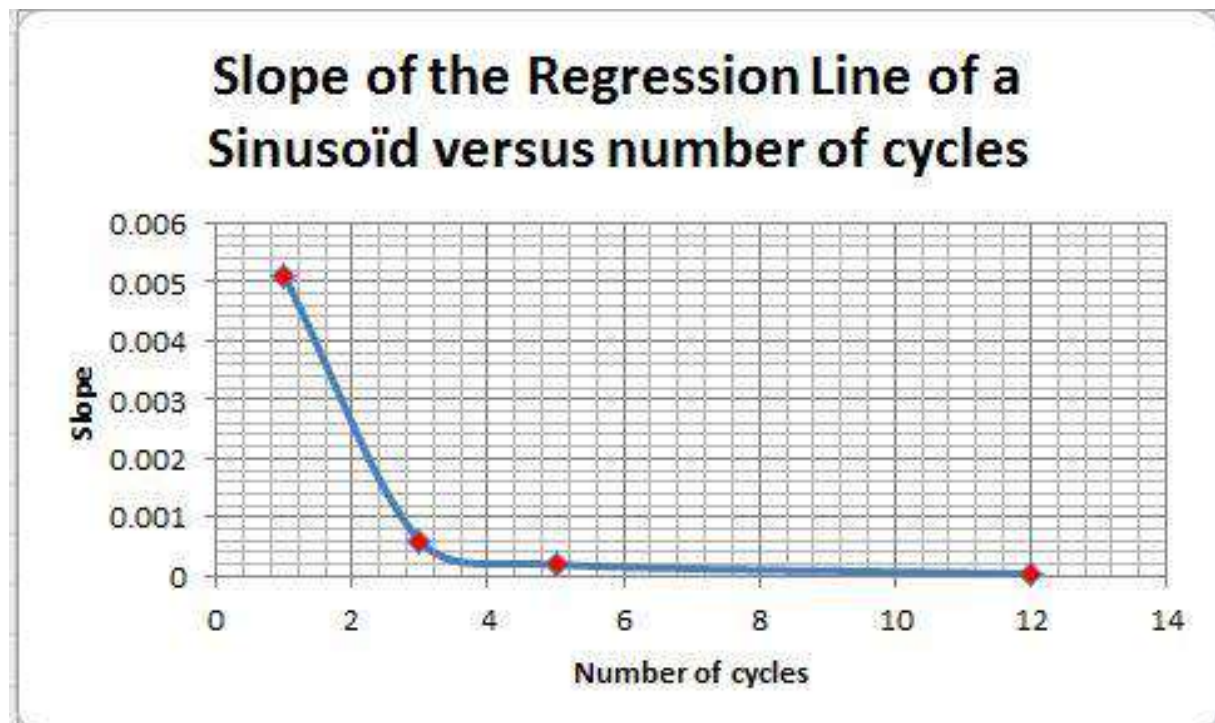


Fig. 19. Slope of the regression line vs number of cycles (see text for explanation).
See also this Excel illustration ([here](#)).

3.8 An illustrative case

The considerations developed earlier in this paper may probably look obvious to experimented data scientists, but it seems that most of the climatologists are not aware of (or try to hide ?) the problems associated to the length of the time window considered and its initial moment. As a final illustration, let us consider “official” climate data and see what happens when changing the length of the time window considered and its initial instant (Figs 20–22). **From this example, it is obvious that linear trend lines applied to (poly)-cyclic data of period similar to the length of the time window considered, open the door to any kind of fake conclusions, if not manipulations aimed to push one political agenda or another.**

Global Temperatures

The following figure shows global average temperature from five data sets since the start of the satellite temperature data era in 1979 through October 2009 (RSS MSU and UAH MSU are satellite data, HadCRUT3, NCDC and GISS are surface station data sets – graph from <http://climate4you.com/GlobalTemperatures.htm>).

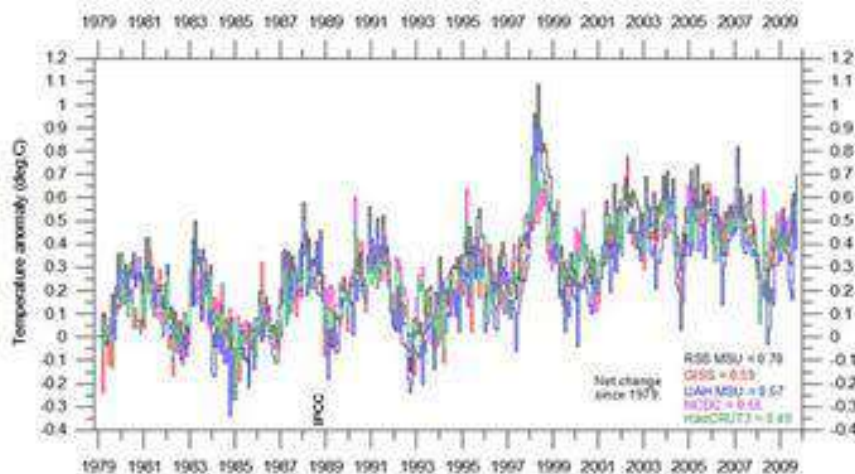
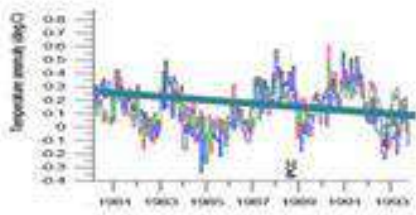
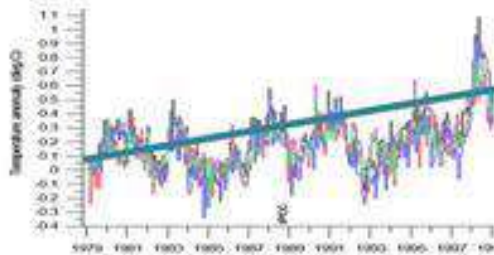


Fig. 20. An example of “official” global temperature anomalies.

Here are some linear trends based on the above data:

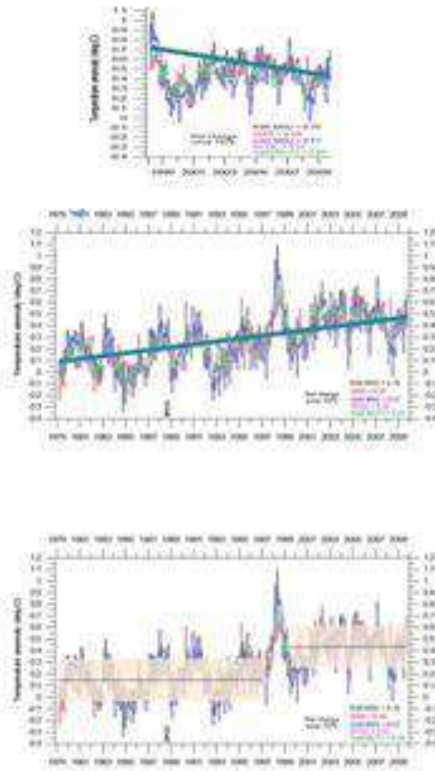


A cooling global temperature trend (approx. -0.15 degrees per decade) for the 14 years from 1980 to 1994. Realistic? No.



A warming global temperature trend (approx. +0.25 degrees per decade) for the 20 years from 1979 to 1999. Realistic? No.

Fig. 21. Effect of the length and initial instant of a time window on linear trend lines.



A cooling global temperature trend (approx. - 0.35 degrees per decade) for the 11 years from 1998 to 2009. Realistic? No.

A warming global temperature trend (approx. 0.12 degrees per decade) for the 30 years from 1979 to 2009. Realistic? No.

So what is realistic? The annual variance in the data is large compared to any trend. There are clearly visible cycles in the data (approx. 4-year cycle is visible in the 30-year data). So what does the satellite era data actually show? No warming from 1979 to 1997; a significant El Nino event in 1997-98 resulting in a step change of about 0.3 degrees; no warming from 1999 to 2009. All of the warming in the last 30 years occurred in a single year.

Fig. 22. Effect of the length and initial instant of a time window on linear trend lines (ctnd).

3.9 Conclusions

1. IPCC projections result from mathematical models which need to be calibrated by making use of data from the past. The accuracy of the calibration data is of paramount importance, as the climate system is highly non-linear, and this is also the case for the (Navier-Stokes) equations and (Runge-Kutta integration) algorithms used in the IPCC computer models. Consequently, the system and also the way IPCC represent it, are highly sensitive to tiny changes in the value of parameters or initial conditions (the calibration data in the present case), that must be known with high accuracy. This is not the case, putting serious doubt on whatever conclusion that could be drawn from model projections.
2. Most of the mainstream climate related data used by IPCC are indeed generated from meteo data collected at land meteo stations. This has two consequences:
 - (i) The spatial coverage of the data is highly questionable, as the temperature over the oceans, representing 70% of the Earth surface, is mostly neglected or “guestimated” by interpolation;
 - (ii) The number and location of theses land meteo stations has considerably changed over time, inducing biases and fake trends.
3. The key indicator used by IPCC is the global temperature anomaly, obtained by spatially averaging, as well as possible, local anomalies. Local anomalies are the comparison of

present local temperature to the averaged local temperature calculated over a previous fixed reference period of 30 years, changing each 30 years (1930-1960, 1960-1990, etc.). The concept of local anomaly is highly questionable, due to the presence of poly-cyclic components in the temperature data, inducing considerable biases and false trends when the “measurement window” is shorter than at least 6 times the longest period detectable in the data; which is unfortunately the case with temperature data

4. **Linear trend lines applied to (poly-)cyclic data of period similar to the length of the time window considered, open the door to any kind of fake conclusions, if not manipulations aimed to push one political agenda or another.**
5. **Consequently, it is highly recommended to abandon the concept of global temperature anomaly and to focus on unbiased local meteo data to detect an eventual change in the local climate, which is a physically meaningful concept, and which is after all what is really of importance for local people, agriculture, industry, services, business, health and welfare in general.**

Notes

[1] The GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP v4) is an estimate of global surface temperature change. It is computed using data files from NOAA GHCN v4 (meteorological stations), and ERSST v5 (ocean areas), combined as described in Hansen et al. (2010) and Lenssen et al. (2019) (see : <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>). In June 2019, the number of terrestrial stations was 8781 in the GHCNv4 unadjusted dataset; in June 1880, it was only 281 stations.

[2] Matthew J. Menne, Claude N. Williams Jr., Michael A. Palecki (2010) On the reliability of the U.S. surface temperature record. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 115, D11108, doi:10.1029/2009JD013094, 2010.

[3] Venema VKC et al. (2012) Benchmarking homogenization algorithms for monthly data. Clim. Past, 8, 89-115, 2012.

[4] F.K. Ewert (FUSION 32, 2011, Nr. 3 p31)

[5] H. Masson, Complexity, Causality and Dynamics inside the Climate System (Proceedings of the 12th annual EIKE Conference, Munich November 2018).

[6] IPCC, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter3.pdf>

[7] Easterbrook D.J. (2016) Evidence-based climate science. Data opposing CO2 emissions as the primary source of global warming. Second Edition. Elsevier, Amsterdam, 418 pp.

4. La localisation temporelle et géographique des stations de mesure de la température pose des problèmes

Mis en ligne SCE : 30.07.2019

Cependant, ce réchauffement apparent pourrait être influencé par le déplacement de stations météorologiques vers les zones plus chaudes de la planète, soit plus près de l'équateur, soit à des altitudes plus basses. La modélisation du climat est aussi influencée par l'existence de régions sans, ou avec très peu, de stations météorologiques.

AVERTISSEMENT : Cet article ayant demandé un très gros investissement temps (dont 400 000 lignes de données dans un programme spécialement conçu) a été soumis à SCE il y a un mois (juillet 2019). Il est basé sur la version 3 du GHCN. Or il se fait que qu'en juin 2019 le GHCN est passé à la version 4, ce qui revient à multiplier jusqu'à un maximum de 5 fois le nombre de stations actives chaque année (en passant ainsi de 19% à 11% de stations au Sud et de 51% à 66% à l'Ouest, les altitudes globales des stations sont plus élevées de 300 m au Sud et 200 mètres au Nord). Bien entendu les conclusions du présent article restent valables.

4.1 Introduction

Le déplacement des stations météorologiques pourrait expliquer au moins en partie l'augmentation de plus de 1°C de la température globale calculée depuis plus de 40 ans. **Le présent travail concerne uniquement les stations terrestres et les quelques stations maritimes (14 sur 7371 dans la base de données du GISS) qui servent de référence pour calculer la température globale moyenne sur environ 30% de la surface de la Terre.** Il concerne les années 1951 à 2018, soit les années de référence 1951-1980 du GIEC plus les années ultérieures pour la mise en évidence du réchauffement climatique apparent.

Il ne concerne pas les données satellitaires qui couvrent, depuis seulement 1978, plus de 99,5% de la planète, et ce de manière beaucoup plus uniforme. Cette différence dans la superficie couverte (entre 1951-1978 et 1978-2018) cause d'importantes distorsions pour différentes raisons, notamment le manque d'uniformité de la distribution au sol des stations terrestres, mais aussi la nature même de la surface.

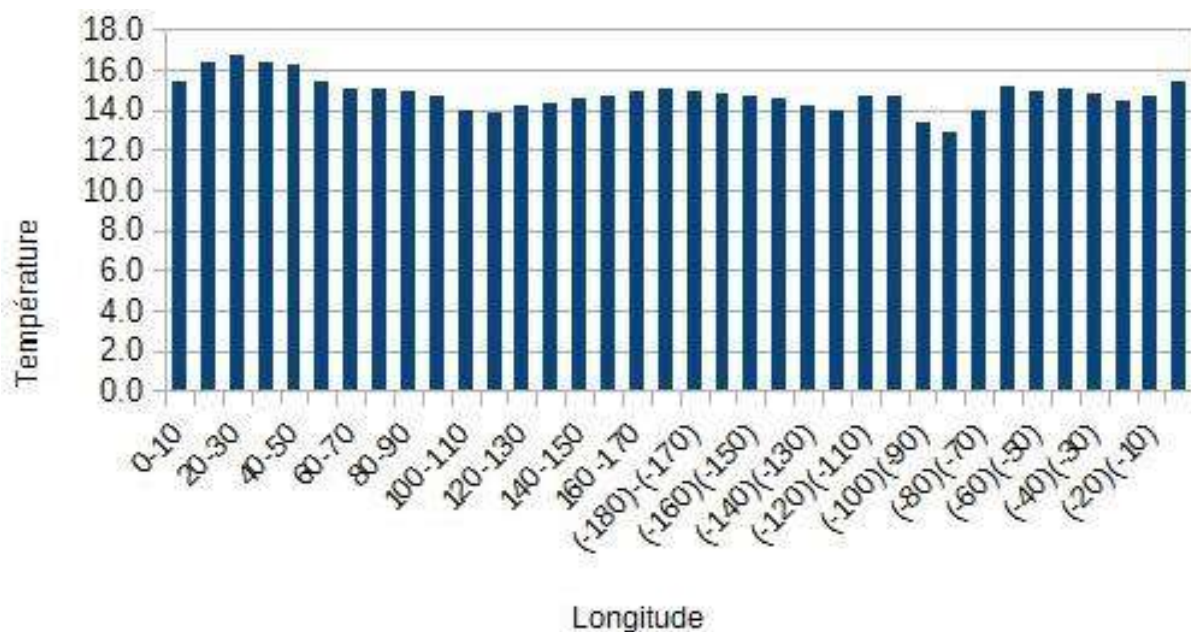
Ce travail ne concerne pas non plus le problème de la marge d'erreur sur la moyenne calculée par le GISS, déjà abordée ailleurs (voir par exemple [ici](#)). La modélisation du climat ne tient pas compte du fait que les températures mesurées par les stations ont une certaine tendance à aller dans le même sens (coefficient de corrélation de Pearson), **ce qui donne une marge d'erreur sur la moyenne plus grande que l'augmentation de température mondiale calculée depuis le milieu des années 1970.**

4.2 Données de référence

Les données pour calculer la position moyenne globale en longitude, latitude et altitude des stations servant de calcul de référence au GISS, sont fournies à l'adresse suivante ([ici](#)). J'obtiens 7371 stations, qui sont celles qui servent au Goddard Institute pour calculer la température mondiale ou 'globale'. Toutes ces stations ne sont pas actives en même temps sur la plage de temps considérée. Sur la même page, nous obtenons l'ensemble des années et des mois où ces stations ont fonctionné. Il est alors possible d'extraire année par année les stations actives de même que leurs coordonnées géographiques à l'aide des fonctions Excel idoines.

Différents travaux ont été effectués pour calculer la variation de la température en fonction de la latitude, de la longitude et de l'altitude. [Linacre](#) (1999) donne des courbes de température en fonction de la latitude moyenne. La valeur de la variation est de 0,6°C à plus de 1 °C par degré de latitude. Pour la longitude, j'ai utilisé le site du [ESRL](#) pour calculer les températures moyennes en degrés Celsius, en utilisant les années de référence 1951-1980, les données mensuelles et le niveau de pression 100 kPa. J'ai ensuite divisé la Terre en zones de 10° de longitude et pris de -90° à + 90° de latitude. J'ai établi les moyennes pour chaque classe de longitude sur 1951 à 1980. J'ai ensuite classé ces longitudes du plus froid au plus chaud, puis pris les 12 plus froides et les 12 plus chaudes pour calculer le pourcentage de stations dans les longitudes froides et chaudes respectivement.

Pour l'ensemble de la Terre, j'ai considéré les longitudes -150° à -120°; -100° à -70°; -30° à -20° et 100° à 150° comme froides et les longitudes -70° à -60°; -50° à -40° et -10° à 80° comme chaudes ([Graphique 1](#)).



Graphique 1 : Température moyenne selon la classe de longitude.

Enfin, la Terre est divisée en latitude suivant 20 sections de superficie égale pour suivre la variation de l'emplacement des stations selon cette donnée. Ces sections n'ont pas un écart de latitude identique parce qu'il faut tenir compte de la sphéricité de la Terre (voir par exemple [ici](#)). Donc, les latitudes de changement de zone se localisent entre 0 et ± 90 degrés de latitude : $\pm 5,74$; $\pm 11,54$; $\pm 17,46$; $\pm 23,58$; ± 30 ; $\pm 36,87$; $\pm 44,43$; $\pm 53,13$ et $\pm 64,16$.

Pour l'altitude, j'ai simplement pris celle donnée dans les tableaux du GISS pour les stations actives chaque année. L'atmosphère normalisée (standard) internationale propose une valeur de $(-6,5^{\circ}\text{C})$ par 1000m d'ascension à partir du niveau de la mer jusqu'à 11000m, ce qui est bien au-dessus des stations les plus élevées en altitude (sous 4900m).

4.3 Calculs à partir des données

Une fois les données extraites, il devient possible de vérifier la variation dans le temps de l'emplacement moyen des stations sur Terre selon les années. **Le nombre de stations utilisées varie de manière importante, ce qui vient modifier la température moyenne globale calculée pour l'ensemble de la Terre.** De 4040 stations homogénéisées en 1951 on passe à 5220 en 1969. Puis, après une décennie de relative stabilité avec plus de 5000 stations, leur nombre descend à moins de 2100 en 2018. A minima, cela augmente la marge d'erreur ([Graphique 2](#)). Egalement se reporter au récent article publié dans [SCE](#).

Pour les années 1951 à 2018 inclusivement :

- Le nombre de stations actives est calculé selon l'hémisphère Nord, Sud, Ouest et Est, séparés respectivement par l'Équateur et le méridien de Greenwich. À l'aide de ces données, il est aussi possible de calculer une latitude moyenne pour les hémisphères Nord et Sud, de même qu'une longitude moyenne par année selon les hémisphères Est et Ouest. Enfin, le pourcentage des stations du côté Ouest est calculé ;
- Ensuite, l'altitude globale est calculée sur l'ensemble des stations actives. Elles ne sont pas séparées par zones géographiques ;
- Troisièmement, le nombre de stations actives est calculé pour chaque intervalle de 10 degrés de longitude. Ensuite, le pourcentage de stations situées dans les longitudes les plus chaudes et les plus froides est calculé en fonction du nombre de stations actives cette année là. Cette procédure est aussi effectuée pour les latitudes 55° à 70° Nord et 70° à 90° Nord ;
- Le nombre de stations actives est calculé selon les zones en latitude précédemment décrites ;
- Ces deux derniers points servent aussi à réaliser un test du Khi-2 en longitude et en latitude ;
- Une moyenne est enfin calculée pour les années de référence 1951-1980 pour comparaison avec les années qui suivent ;

– Bien que la limite de l'Arctique soit située autour de 60-70 degrés de latitude (officiellement là où la moyenne de température en juillet est de 10°C), j'ai pris deux latitudes, 55° et 70°. Au nord de ces deux limites, j'ai calculé le nombre de stations total et par longitudes, en plus de calculer la latitude moyenne.

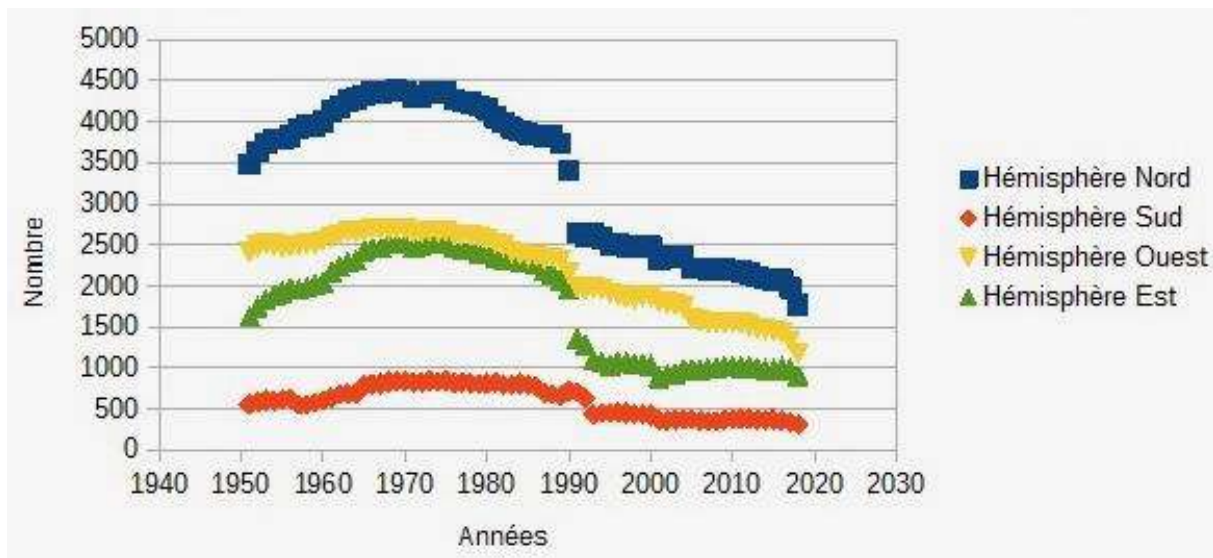
La limite de 55 degrés est un peu arbitraire. Cependant, outre le fait que certaines cartes mensuelles du GISS démontrent une importante anomalie par rapport à la valeur de référence jusqu'à cette latitude, l'interpolation de type krigeage réalisée pour les graphiques du GISS montre que la valeur calculée pour l'Arctique est influencée par les stations jusqu'à 55 degrés de latitude.

En me servant du site du ESRL, l'hémisphère Nord est en moyenne plus chaud d'environ 2 °C que l'hémisphère Sud et l'hémisphère Ouest est plus froid de 0,6 °C que l'hémisphère Est. Aucune station du GISS ne dépasse 4900m d'altitude.

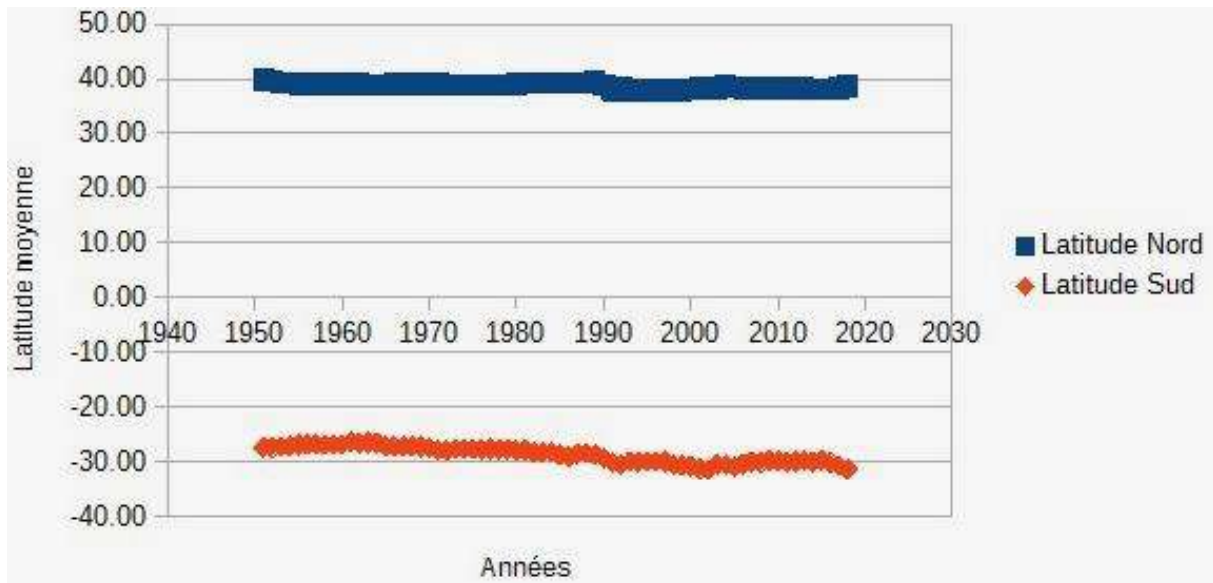
4.4 Constatations

4.4.1. Évolution générale de 1951 à 2018

– La moyenne des latitudes des stations s'est approchée de l'Équateur au Nord et s'est éloignée de celui-ci au Sud. **Le nombre de stations au Nord est de 5 à 8 fois plus important qu'au Sud selon les années augmentant ainsi l'influence du Nord** (*Graphiques 2 et 3*).



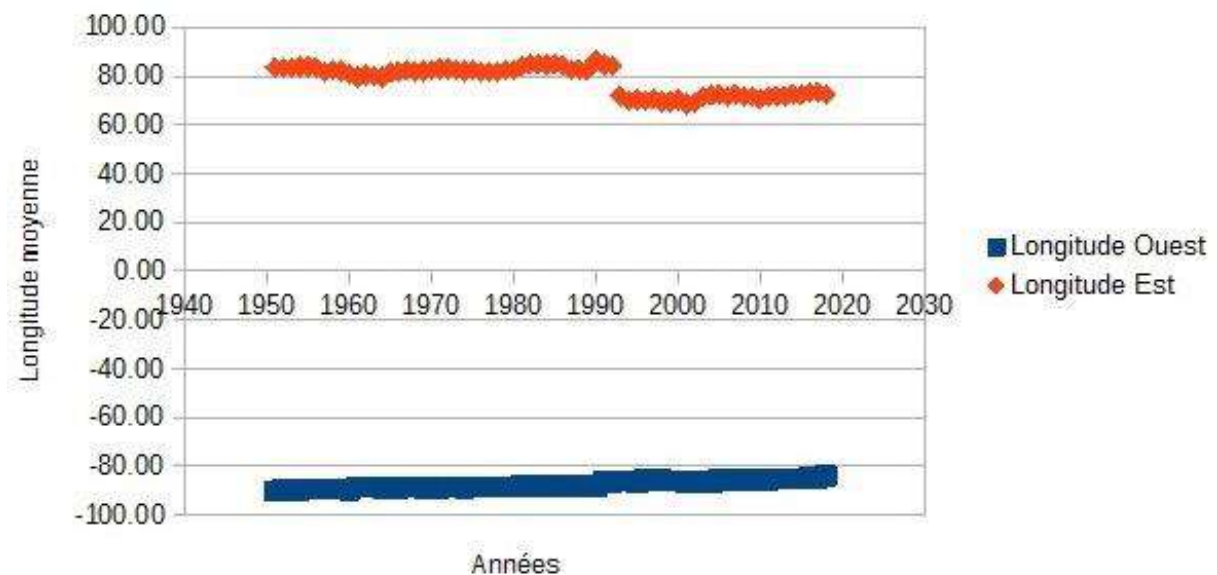
Graphique 2 : Nombre de stations ayant au moins 1 mois actif dans l'année par hémisphère



Graphique 3 : Latitude moyenne en fonction des années

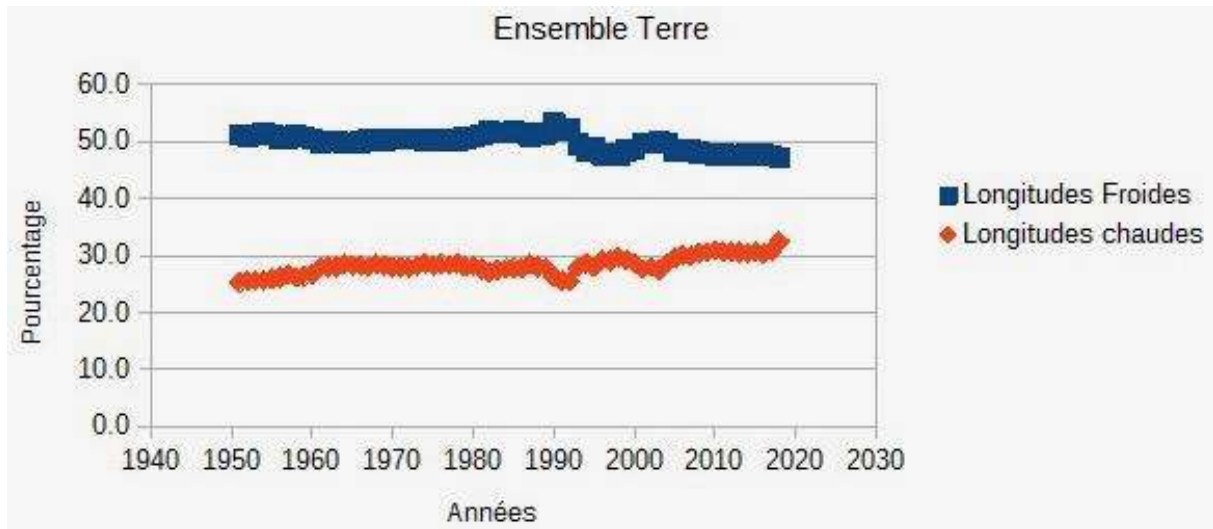
– **Le pourcentage des stations situées du côté Ouest a augmenté d'environ 5% ces dernières années par rapport à la moyenne 1951-1980.** Le pourcentage de stations au Nord est resté stable (*Graphique 2*).

– Les longitudes moyennes à l'Ouest comme à l'Est se sont rapprochées respectivement de 3 et 7 degrés du méridien de Greenwich. Du côté Ouest, l'effet a été à peu près nul sur la température, mais à l'Est les stations se sont dirigées vers des zones plus chaudes (*Graphiques 1 et 4*) ;



Graphique 4 : Longitude moyenne par année

– Le pourcentage de stations dans les longitudes les plus chaudes a augmenté et le pourcentage de stations dans les latitudes froides a diminué induisant un réchauffement apparent (*Graphique 5*) ;



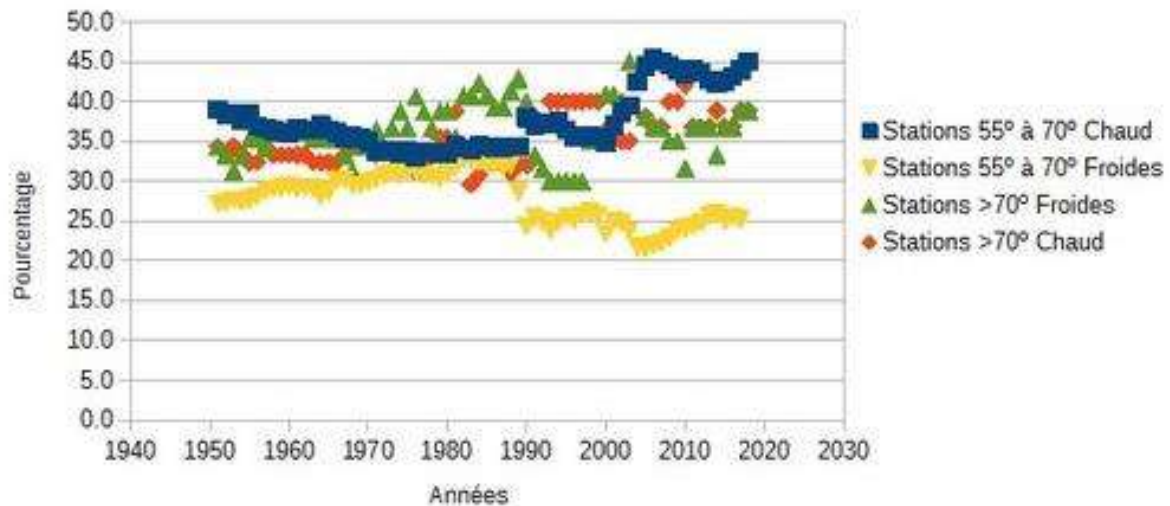
Graphique 5 : Pourcentage de stations selon longitude chaude/froide par année

– L'altitude des stations actives a un peu diminué dans les dernières années, induisant un réchauffement apparent ;

– La diminution de 25% du nombre de stations pour la période 1981-2018 par rapport aux années de référence accroît l'incertitude.

4.4.2. Réchauffement de l'Arctique (au-delà du cercle polaire) et de l'Antarctique

– **L'Arctique** : par rapport aux années de référence, des stations de mesure dans l'Arctique a légèrement augmenté les dernières années d'environ 0,3°. **L'altitude globale des stations actives a par contre diminué de 60m pour l'ensemble des stations au-delà de 55° . Au Canada, cette baisse est de 140m, ce qui donne l'impression d'un réchauffement plus rapide de l'Arctique canadien, par rapport au reste de la planète. De plus, il y a aussi une diminution du nombre des stations aux longitudes froides et une augmentation aux longitudes les plus chaudes** (*Graphique 6*).



Graphique 6 : Pourcentage de stations Arctique

En 1960, toujours pour l'Arctique, il y avait 36 stations dans la zone au-delà de 70° sur 347 au-delà de 55° contre seulement 18 sur 151 en 2018. De 1951 à 2018, **le nombre de stations a diminué de plus de la moitié, augmentant l'incertitude.**

– **Pour l'Antarctique**, la situation est différente. En 1951, il n'y avait que trois stations sur la péninsule Antarctique utilisées par le GISS (après homogénéisation) et aucune ailleurs. Ce que j'appelle la péninsule est une bande de terre qui s'allonge entre 60 et 70° Ouest et de 60 à 80° Sud environ. En 1956, il n'y a que 7 stations dont aucune sur la partie la plus élevée de l'Antarctique, dont l'altitude varie de 1000 à 4000 mètres environ. La station Amundsen-Scott fut ouverte en 1956 à 2800m d'altitude et celle de Vostok en 1957 à 3500 m. Ces deux stations ont une température moyenne annuelle à -49 °C et -55°C. En 1980, il n'y a toujours que 3 points de mesures prises sur le plateau, pour un total de 23 points pour l'ensemble antarctique. En 2017, le GISS utilisait 52 points de mesure. Les deux stations précédemment notées étaient toujours utilisées sur le plateau, avec 4 autres avec une température entre -45 °C et -50°C. Toutes les autres stations enregistraient des températures entre 0 °C et -30°C en moyenne (voir sur le site du GISS, pour télécharger les données et les graphiques des stations individuelles).

4.5 Allons plus loin avec le test du Khi-2

Pour vérifier que la distribution spatiale des stations n'a pas changé dans le temps, il est possible d'effectuer un test du Khi-2 ([ici](#)). En divisant la Terre en superficies égales, autant en latitude (10 degrés) qu'en longitude (20 zones d'égale superficie), il est possible de comparer la moyenne 1951-1980 du nombre de stations dans chaque superficie avec les années récentes. Compte tenu du faible nombre de stations actives dans certaines zones (moins de 5), j'ai regroupé ensemble 2 ou 3 zones adjacentes lorsque nécessaire. **Le résultat est sans équivoque : la probabilité que la répartition spatiale n'ait pas changé est pratiquement égale à 0 dans tous les cas.** Corrélation ne veut pas nécessairement dire causalité, mais sans corrélation, pas de causalité possible (voir le tableau A pour 2018 dans le test Khi-2, référence ci-dessus).

Note sur le Krigeage : Le modèle de type krigeage qui sert à interpoler les données entre les stations et qui permet de « voir » la température sur une carte est presque l'équivalent d'une courbe de régression, mais avec plusieurs possibilités. Outre celle de créer des courbes ou des surfaces, il permet d'éliminer l'influence des points au-delà d'une certaine distance, ici 1200km ou 10,8 degrés environ. Il permet aussi de passer directement sur le point ou de faire en quelque sorte une moyenne régionale. Cette moyenne est appelée normalisation, et permet d'augmenter sans le dire la température des stations en faisant intervenir les stations régionales qui ont tendance en moyenne à se diriger vers les zones les plus chaudes.

4.6 .Conclusion

La variation extrêmement élevée du nombre de stations météorologiques servant au calcul de la température mondiale a contribué depuis le début des années 1950 à une partie au moins de l'élévation de température. La dérive de celles-ci d'une place à l'autre fausse la précision des données que l'on peut en tirer, et contribue à augmenter l'inquiétude de la population. L'emplacement et le nombre de stations à installer posent un certain nombre de problèmes autant scientifiques que techniques et politiques, et rend, avec d'autres éléments, (par exemple l'effet d'urbanisation, non abordé ici) extrêmement difficile de parler de réchauffement climatique.

5. La position des stations météorologiques pose des problèmes (2/2)

Mis en ligne SCE : 22.11.2019

Ce texte fait suite au précédent ([ici](#)) qui présentait les résultats de calculs statistiques sur l'évolution dans le temps de la position dans l'espace des stations météorologiques qui sont utilisées pour calculer le climat mondial. Le premier texte utilisait la version 3 du GHCN tel que fournit par le **GISS**. **En juin 2019, la version 4 est devenue active.** J'étais déjà en révision du premier texte, que j'ai décidé de publier malgré mes résultats liés à l'utilisation de la version 3. **Comme le nombre de stations a sensiblement augmenté, passant de 7400 dans la version 3 à 22000 dans la version 4, il devenait particulièrement intéressant de poursuivre l'analyse précédente (version 3) avec la version 4** afin de voir si les conclusions se confirmaient ou non.

5.1 Méthode

En allant sur le site du **GISS**, il est possible de télécharger les stations utilisées pour calculer une température moyenne pour la Terre, avec les positions géographiques, les altitudes et les années pendant lesquelles ces stations sont actives ([ici](#)). Il est alors possible de calculer des positions moyennes en longitude, latitude et altitude. J'ai réalisé ces calculs d'abord pour l'ensemble de la Terre, ensuite en divisant celle-ci en hémisphères Nord, Sud, Ouest et Est.

Il est ensuite possible d'obtenir une meilleure représentativité de la répartition de ces zones en subdivisant la superficie de la Terre en superficies égales en latitude comme en longitude. J'ai ainsi divisé la Terre en segments de 10 degrés de latitude et en 20 surfaces identiques en longitude. Cette partie me sert principalement à effectuer un test du Khi-2.

Cette fois-ci, je n'ai fait que deux séries de calculs: la première pour l'ensemble des stations actives durant la période de référence 1951-1980, et la seconde pour l'année 2018. J'ai estimé inutile de reprendre les calculs à nouveau pour les années 1981-2017, puisque le débat porte finalement sur la différence entre les années de référence et aujourd'hui. Il y a eu une variation progressive dans la période 1981-2017, qui nous amène aux stations actives en 2018, qui est la dernière année complète à ce jour.

L'observation attentive de cette première série de données m'a amené à diviser la surface des États-Unis et celle de l'Europe d'une manière différente parce qu'il s'agit des deux zones qui ont subi le plus grand changement en pourcentage de stations, en plus d'être les zones où se concentre la très grande majorité des stations sur Terre. **Pour les États-Unis**, j'ai utilisé une zone s'étendant de 70°O à 125°O et de 30°N à 49°N. J'ai divisé celle-ci par bande de 11 degrés de longitude et en trois zones de surfaces identiques en longitude. **Pour l'Europe**, j'ai utilisé une zone comprise entre 10°O et 40°E et entre 35°N et 90°N. J'ai divisé celle-ci par bande de 10 degrés de longitude et en trois zones de surfaces identiques en longitude. J'ai refait les mêmes calculs que pour l'ensemble de la Terre.

5.2 Comparaison entre les versions 3 et 4 du GHCN

La base de données de la version 3 recense ~7400 stations et la version 4 ~27300. Une fois retirées, les stations ayant moins de 20 ans de données pour la version 4, il reste environ 22000 stations. **Comme on peut le voir dans les tableaux 1 et 2, le pourcentage de stations a augmenté de 81 à 89% dans le Nord, et de 51 à 67% dans l'Ouest.**

En 1951, la version 3 utilisait 3879 stations, en 1970 un maximum de 5398 stations et en 2018, 2022 stations. En 1951, la version 4 utilisait 9409 stations, en 1999 15251 stations et 9619 stations en 2018. Notons qu'en août 2019, le total de stations tombe à 6980.

Remarquons que la couverture du territoire terrestre a peu augmenté malgré le triplement du nombre de stations, les nouvelles stations de la version 4 se situant dans les mêmes zones que celles de la version 3.

La version 3 reprenait aussi des données qui ont disparu dans la version 4. Ces données concernent la topographie locale (plat, vallée, montagne), la végétation (prairie, forêt, désert...), la distance à la côte si la mer est à moins de 30 km; la présence d'une grande masse d'eau; si la station est dans un aéroport et enfin la taille de la ville la plus proche. **Ces données influencent elles aussi la température mesurée.** Ainsi, dans la version 3, un tiers des stations était situé dans des aéroports où il est bien connu que les gaz des réacteurs haussent la température locale. De même, un quart des stations se trouvait dans des villes de plus de 50000 habitants, avec 20% dans des zones de 10000 à 50000 habitants, et le reste en zone rurale. Or l'humanité habite sur environ 0,6% des sols de la planète et utilise environ 33% des sols pour l'agriculture. **On voit ainsi de manière très claire qu'il y a une concentration très élevée de stations dans les zones habitées ou transformées par l'homme.**

5.3 Résultats

5.3.1. Tableaux 1 à 6 (voir à la fin de l'article)

Entre la version 3 et la version 4, pour les années de référence, le pourcentage de stations au Nord est passé de 85 à 91% et le pourcentage du côté Ouest est passé de 53 à 67%.

Pour 2018, le pourcentage de stations au Nord est passé de 85 à 90% et le pourcentage du côté Ouest est passé de 63 à 67%.

L'altitude a sensiblement augmenté pour 2018 (version 4) comparé aux données précédentes (version 3) et même par rapport aux années de référence 1951-1980 de la version actuelle.

5.3.2. Tableaux 7 et 8 (voir à la fin de l'article)

– L'Europe, entre les longitudes -10 à 40 (Est de l'Ukraine) et au nord du 35ème parallèle, a vu sa part diminuer de 15,5 à 10,8% entre les années 1951-1980 et 2018. Le pourcentage de stations a cependant parfois augmenté comme au Portugal, en Espagne, en Norvège, en Suède et en Finlande, mais le pourcentage final a diminué à l'échelle européenne suite aux diminutions de stations dans de nombreux pays ;

– Les États-Unis ont fort augmenté leur pourcentage de stations par rapport à la version 3 et entre 1951-1980 et 2018, passant de 45,4 à 54,0% à l'échelle mondiale, ou de 43,7 à 51,7% si l'on ne tient pas compte de Hawaï et de l'Alaska. **L'Est du pays, plus froid, a perdu du poids, surtout au niveau des États de la Nouvelle-Angleterre et de ceux entourant les Grands-Lacs. L'Ouest du pays, plus chaud, a augmenté son poids.**

– Le Canada, plus froid, a vu son pourcentage baisser de 4,4 à 3,3% durant ces mêmes années.

– **Au total, ces trois zones contiennent aujourd'hui 68% des stations mondiales, pour une surface de moins de 7% du globe.**

5.3.3. Test du Khi-2

J'ai à nouveau divisé la Terre en superficies de 10 degrés de longitude et en 20 superficies égales en latitude. J'ai ensuite exécuté le test du khi-2 à l'aide de la moyenne du nombre de stations pour chaque superficie pour 1951-1980 et pour l'année 2018 seulement. Encore une fois, la valeur du test est en pratique 0 dans les 2 directions, ce qui indique que les échantillons ne sont pas du tout les mêmes.

5.4 Conclusion

Comme on a pu le voir, l'ouverture, la fermeture et le déplacement de stations ont été considérables dans la période 1951-2018. Bien que les trois variables que j'ai utilisées sont importantes pour la température de chaque station, il reste bon nombre d'autres paramètres à tenir compte, dont ceux que j'ai mentionnés plus haut. Il serait donc intéressant de s'y attarder, peut-être via d'autres études statistiques, afin de mieux quantifier les changements que cela implique en terme de température mondiale, mon *étude* étant plus qualitative et grossière.

Références

<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/stdata/>

https://data.giss.nasa.gov/gistemp/station_data_v4/

https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=BUILT_UP

<http://www.fao.org/faostat/en/#data>

[TABLEAUX 1 à 9, également ici](#)

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 1: Résultat global

Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1951	8375	35.21	-41.65	449
1952	9110	34.96	-38.15	445
1953	9453	34.89	-37.38	445
1954	9633	34.99	-36.97	449
1955	9869	34.95	-36.33	451
1956	10028	34.95	-36.42	452
1957	10034	36.09	-38.99	456
1958	10316	35.76	-37.81	461
1959	10542	35.91	-36.73	463
1960	10918	36.38	-35.09	462
1961	11182	36.35	-34.30	460
1962	11752	35.90	-32.65	458
1963	11955	35.72	-32.82	461
1964	12079	35.66	-34.97	468
1965	12369	34.97	-33.00	466
1966	12593	34.99	-32.58	467
1967	12751	34.85	-32.27	468
1968	12851	34.82	-32.31	467
1969	13075	34.93	-31.17	467
1970	13300	35.06	-30.13	464
1971	13178	35.12	-29.67	466
1972	12918	34.62	-32.20	471
1973	13523	34.97	-29.13	462
1974	13757	35.10	-28.85	458
1975	13808	35.12	-28.93	457
1976	13743	35.38	-29.25	456
1977	13785	35.30	-29.10	455
1978	13794	35.24	-28.70	454
1979	13798	35.29	-28.52	454
1980	13727	35.36	-28.18	453
2018	9502	34.96	-40.02	601
Moy 1951-1980	11941	35.29	-33.14	459

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 2: Latitude>0					
Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
1951	7609	41.49	-53.76	461	90.9%
1952	8266	41.29	-49.61	457	90.7%
1953	8589	41.10	-48.43	458	90.9%
1954	8773	41.04	-47.77	461	91.1%
1955	8992	40.97	-46.87	463	91.1%
1956	9143	40.93	-46.84	465	91.2%
1957	9312	40.88	-46.38	467	92.8%
1958	9516	40.99	-45.76	473	92.2%
1959	9735	41.09	-44.57	474	92.3%
1960	10101	41.44	-42.60	473	92.5%
1961	10320	41.57	-42.13	469	92.3%
1962	10755	41.65	-40.29	466	91.5%
1963	10915	41.62	-40.73	469	91.3%
1964	11011	41.63	-43.14	477	91.2%
1965	11161	41.64	-43.07	478	90.2%
1966	11341	41.81	-43.00	478	90.1%
1967	11463	41.79	-42.92	480	89.9%
1968	11549	41.80	-43.11	479	89.9%
1969	11750	41.93	-41.81	479	89.9%
1970	11955	42.05	-40.65	477	89.9%
1971	11852	42.13	-40.44	478	89.9%
1972	11577	41.82	-43.56	485	89.6%
1973	12127	42.11	-39.74	474	89.7%
1974	12348	42.20	-39.13	470	89.8%
1975	12393	42.23	-39.16	469	89.8%
1976	12375	42.28	-38.94	468	90.0%
1977	12393	42.28	-38.72	467	89.9%
1978	12384	42.29	-38.38	466	89.8%
1979	12380	42.36	-38.23	466	89.7%
1980	12317	42.42	-37.79	464	89.7%
2018	8549	42.02	-52.27	635	90.0%
Moy 1951-1980	10813	41.69	-42.92	470	90.7%

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 3: Longitude>0

Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
1951	2573	27.85	74.95	351	30.7%
1952	3050	28.79	70.98	355	33.5%
1953	3219	28.94	70.28	361	34.1%
1954	3311	29.17	69.90	369	34.4%
1955	3438	29.39	69.79	377	34.8%
1956	3485	29.50	69.86	380	34.8%
1957	3395	32.56	66.24	393	33.8%
1958	3541	31.94	67.39	409	34.3%
1959	3686	32.26	67.23	412	35.0%
1960	3952	33.59	66.41	408	36.2%
1961	4098	32.98	65.66	410	36.6%
1962	4414	33.18	64.90	405	37.6%
1963	4488	32.90	64.80	405	37.5%
1964	4427	32.64	62.55	420	36.7%
1965	4636	30.89	64.31	419	37.5%
1966	4748	30.83	64.69	417	37.7%
1967	4831	30.54	64.67	419	37.9%
1968	4855	30.44	64.98	417	37.8%
1969	5022	30.94	65.52	415	38.4%
1970	5199	31.40	65.50	409	39.1%
1971	5181	31.36	65.79	410	39.3%
1972	4893	29.91	65.04	418	37.9%
1973	5353	31.36	65.54	406	39.6%
1974	5468	31.67	65.35	401	39.7%
1975	5473	31.83	65.52	400	39.6%
1976	5435	32.47	64.84	400	39.5%
1977	5454	32.47	64.86	399	39.6%
1978	5506	32.42	64.58	397	39.9%
1979	5515	32.59	64.77	397	40.0%
1980	5516	32.70	64.72	396	40.2%
2018	3141	28.81	74.43	332	33.1%
Moy 1951-1980	4472	31.32	66.39	399	37.1%

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 4: Latitude<0					
Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
1951	766	-27.17	78.62	327	9.1%
1952	844	-27.04	74.11	320	9.3%
1953	864	-26.88	72.54	322	9.1%
1954	860	-26.82	73.15	322	8.9%
1955	877	-26.68	71.74	334	8.9%
1956	885	-26.89	71.18	317	8.8%
1957	722	-25.67	56.42	317	7.2%
1958	800	-26.43	56.80	318	7.8%
1959	807	-26.52	57.77	325	7.7%
1960	817	-26.25	57.88	323	7.5%
1961	862	-26.16	59.50	361	7.7%
1962	997	-26.09	49.84	366	8.5%
1963	1040	-26.18	50.20	368	8.7%
1964	1068	-25.91	49.26	376	8.8%
1965	1208	-26.69	60.08	361	9.8%
1966	1252	-26.86	61.81	366	9.9%
1967	1288	-26.93	62.57	363	10.1%
1968	1302	-27.09	63.50	360	10.1%
1969	1325	-27.11	63.17	363	10.1%
1970	1345	-27.04	63.45	356	10.1%
1971	1326	-27.55	66.53	358	10.1%
1972	1341	-27.54	65.88	358	10.4%
1973	1396	-27.08	63.06	352	10.3%
1974	1409	-27.08	61.20	357	10.2%
1975	1415	-27.19	60.63	344	10.2%
1976	1368	-27.06	58.34	347	10.0%
1977	1392	-26.85	56.58	346	10.1%
1978	1410	-26.63	56.35	349	10.2%
1979	1418	-26.48	56.24	351	10.3%
1980	1410	-26.34	55.82	355	10.3%
2018	953	-28.43	69.85	296	10.0%
Moy 1951-1980	1127	-26.74	61.81	346	9.3%

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 5: Longitude<0

Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
1951	5802	38.48	-93.37	492	69.3%
1952	6060	38.06	-93.08	489	66.5%
1953	6234	37.96	-92.96	489	65.9%
1954	6322	38.03	-92.94	490	65.6%
1955	6431	37.93	-93.06	491	65.2%
1956	6543	37.84	-93.04	491	65.2%
1957	6639	37.90	-92.80	488	66.2%
1958	6775	37.76	-92.79	488	65.7%
1959	6856	37.88	-92.62	490	65.0%
1960	6966	37.96	-92.67	492	63.8%
1961	7084	38.30	-92.13	489	63.4%
1962	7338	37.54	-91.32	490	62.4%
1963	7467	37.42	-91.48	494	62.5%
1964	7652	37.40	-91.39	496	63.3%
1965	7733	37.42	-91.34	495	62.5%
1966	7845	37.50	-91.46	498	62.3%
1967	7920	37.48	-91.40	499	62.1%
1968	7996	37.47	-91.38	498	62.2%
1969	8053	37.42	-91.47	500	61.6%
1970	8101	37.41	-91.50	500	60.9%
1971	7997	37.55	-91.52	503	60.7%
1972	8025	37.50	-91.49	504	62.1%
1973	8170	37.32	-91.16	498	60.4%
1974	8289	37.37	-90.99	496	60.3%
1975	8335	37.28	-90.95	494	60.4%
1976	8308	37.28	-90.81	493	60.5%
1977	8331	37.15	-90.61	492	60.4%
1978	8288	37.12	-90.67	491	60.1%
1979	8283	37.09	-90.64	492	60.0%
1980	8211	37.14	-90.58	492	59.8%
2018	6361	37.99	-96.53	734	66.9%
	7468	37.60	-91.79	494	62.9%

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 6: Rappel version 3 pour comparaison

Global					
Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	
2018	2083	28.08	-15.89	419	
Moy 1951-1980	4852	29.17	-9.25	427	
Latitude>0					
Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
2018	1770	38.61			85.0%
Moy 1951-1980	4125	39.07			85.0%
Longitude>0					
Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
2018	904		72.58		43.4%
Moy 1951-1980	2259		82.21		46.6%
Latitude<0					
Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
2018	313	-31.45			15.0%
Moy 1951-1980	727	-27.28			15.0%
Longitude<0					
Année	Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Hémisphère
2018	1179		-83.72		56.6%
Moy 1951-1980	2593		-88.95		53.4%

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 7a: Europe 1951-1980

Latitude de... à...

35	45.702		Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Stations
Longitude	-10	0	2755	40.22	-4.39	349	0.77%
	0	10	2306	42.56	6.52	366	0.64%
	10	20	3997	42.73	13.89	334	1.12%
	20	30	3442	41.03	25.21	294	0.96%
	30	40	2721	39.47	35.05	624	0.76%
	40	50	1894	40.60	43.78	910	0.53%
45.702	59.077						
Longitude	-10	0	3568	53.20	-3.64	73	1.00%
	0	10	10941	50.55	7.45	303	3.05%
	10	20	12297	51.47	13.59	350	3.43%
	20	30	2705	51.68	24.15	218	0.76%
	30	40	1947	52.12	34.80	144	0.54%
	40	50	1560	52.25	44.65	114	0.44%
59.077	90						
Longitude	-10	0	126	65.76	-5.93	42	0.04%
	0	10	1672	61.27	7.11	298	0.47%
	10	20	4860	63.52	15.16	198	1.36%
	20	30	3850	64.38	24.67	101	1.07%
	30	40	1126	65.12	34.15	69	0.31%
	40	50	581	64.66	44.84	74	0.16%
% par longitude	-10	0					1.80%
	0	10					4.16%
	10	20					5.91%
	20	30					2.79%
	30	40					1.62%
	40	50					1.13%

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE

Tableau 8a: États-Unis 2018

Latitude de... à...

42.05	49		Nbre Stations	Latitude	Longitude	Altitude (m)	% Stations
Longitude	-70	-81	233	43.97	-74.66	224	2.45%
	-81	-92	242	44.33	-87.74	271	2.55%
	-92	-103	324	45.16	-96.99	464	3.41%
	-103	-114	498	45.19	-109.34	1646	5.24%
	-114	-125	639	45.46	-119.65	995	6.72%
35.8	42.05						
Longitude	-70	-81	305	39.38	-77.11	211	3.21%
	-81	-92	429	39.06	-86.47	254	4.51%
	-92	-103	367	39.10	-97.09	526	3.86%
	-103	-114	496	39.05	-108.19	2175	5.22%
	-114	-125	417	39.09	-119.86	1143	4.39%
30	35.8						
Longitude	-70	-81	58	34.58	-79.14	65	0.61%
	-81	-92	306	33.40	-86.12	186	3.22%
	-92	-103	258	32.86	-97.14	367	2.72%
	-103	-114	205	33.61	-108.90	1564	2.16%
	-114	-125	131	34.14	-117.42	582	1.38%
% par longitude	-70	-81					6.27%
	-81	-92					10.28%
	-92	-103					9.99%
	-103	-114					12.62%
	-114	-125					12.49%

Tableau 9: Khi-2 après regroupement pour 2018 par rapport aux années de référence

Longitude		Obtenu	Attendu		Latitude		Obtenu	Attendu
-180	-170	13	20.5		90	64.16	319	284.2
-170	-160	15	15.0		64.16	53.13	885	879.9
-160	-150	65	46.3		53.13	44.43	1993	2304.8
-150	-140	71	38.3		44.43	36.87	3034	2636.5
-140	-130	57	51.1		36.87	30	1526	1497.8
-130	-120	678	435.2		30	23.58	318	403.9
-120	-110	1194	801.3		23.58	17.46	158	236.6
-110	-100	1064	881.5		17.46	11.54	146	167.2
-100	-90	1048	1124.6		11.54	5.74	105	125.1
-90	-80	968	1006.9		5.74	0	65	69.0
-80	-70	600	821.5		0	-5.74	80	65.5
-70	-60	192	252.7		-5.74	-11.54	55	59.7
-60	-50	105	98.2		-11.54	-17.46	91	76.3
-50	-40	33	47.7		-17.46	-23.58	116	129.1
-40	-30	11	19.8		-23.58	-30	139	158.4
-30	-20	12	11.6		-30	-36.87	281	268.5
-20	-10	39	50.7		-36.87	-44.43	119	102.0
-10	0	195	219.0		-44.43	-53.13	15	15.8
0	10	240	432.4		-53.13	-64.16	12	7.7
10	20	446	634.2		-64.16	-90	45	14.0
20	30	312	348.4					
30	40	205	255.6				Khi-2	1.0094E-40
40	50	144	145.2					
50	60	105	78.2					
60	70	112	116.3					
70	80	131	139.7					
80	90	101	92.0					
90	100	103	98.3					
100	110	184	191.3					
110	120	207	227.6					
120	130	161	176.7					
130	140	249	198.6					
140	150	282	261.7					
150	160	103	104.6					
160	180	57	89.7					
		Khi-2	1.66469E-124					

6. Ces villes qui ne se réchauffent pas

Mis en ligne SCE : 06.12.2019

Non, le réchauffement de la planète n'est pas global comme l'affirment les médias. Selon la dernière version des données officielles de température fournies par le **Goddard Institute for Space Studies** (GISS) de la NASA (les **séries thermométriques terrestres GHCNv4**), il existe dans le monde toute une série de villes, villages et régions où **aucun réchauffement de la troposphère n'est observé** au niveau du sol en fonction du temps. Ceci est d'ailleurs confirmé par la récente étude de **Lansner & Pedersen publiée en 2018** (et qui avait fait l'objet d'un **article ici-même**), mais aussi par d'autres publications qui analysent par exemple le « warming hole » des Etats-Unis (**Partridge et al. 2018**). Et pourtant, dans ces régions qui ne se réchauffent pas, le taux atmosphérique de CO₂ a bel et bien augmenté de manière significative (**voir ici**). Le but du présent article est d'abord de vous présenter 12 de ces villes et régions. Nous verrons ensuite que le rôle attribué au CO₂ est exagéré et que de nombreux facteurs, méconnus, entrent en jeu et jouent probablement un rôle dominant.

6.1. Présentation de quelques villes et régions qui ne se réchauffent pas.

Dans les lignes qui suivent, les **données officielles de température seront utilisées**. La qualité de ces données a bien entendu été contrôlée par les gestionnaires locaux des stations météorologiques, et puis par le GISS lui-même. Ne seront présentées que les séries de **températures moyennes annuelles**. Les données ont ensuite été **ajustées** pour tenir compte des effets non climatiques, des changements géographiques éventuels de stations de mesure, ainsi que de **l'effet de chaleur urbain qui a été déduit**. Il s'agit donc de données nettoyées, appelées « GHCN-adj-homogenized ». Chacun peut se les procurer librement sur le site web du GISS (il suffit de cliquer sur un endroit du monde sur la carte [ici](#)).

6.1.1. Commençons par **Nashville** aux Etats-Unis (**Figure 1**). Il s'agit de la capitale de l'État du Tennessee qui comptait 668 347 habitants en 2014. Nashville possède un climat subtropical humide (dans la Classification de Köppen) avec des hivers doux qui peuvent être modérément froids et des étés chauds et humides. Les moyennes mensuelles varient entre 3,4 °C pour le mois le plus froid (janvier) et 26,6 °C pour le mois le plus chaud (juillet). On peut voir sur la **Figure 1** la relative stabilité de la température moyenne annuelle oscillant autour de 13°C, et ce depuis 1982 (la droite de régression possède une pente très faible, proche de zéro, et valant +0,0061).

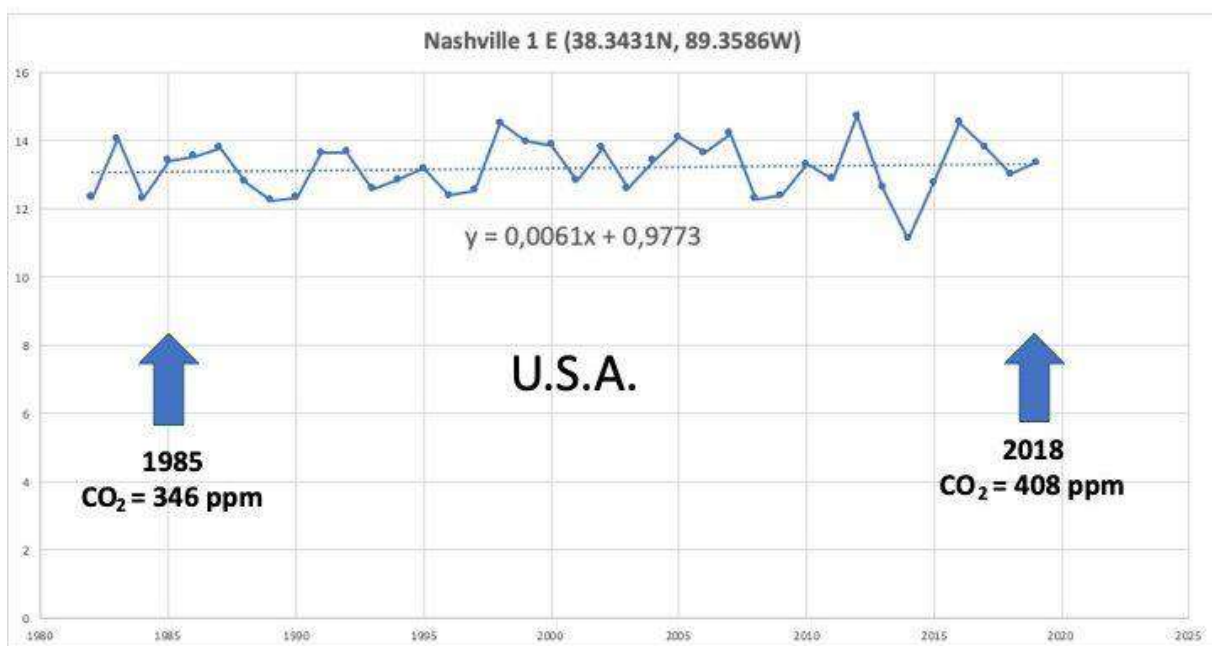


Figure 1. Température moyenne annuelle de Nashville (Tennessee, USA) entre 1982 et 2018.

6.1.2. La ville de **Martin**, à environ 180 km à l'ouest de Nashville (et donc toujours dans le Tennessee, USA) est également intéressante à considérer. La ville comportait 10 543 habitants en 2017. La station de mesure se trouve ici dans une université (University of Tennessee Martin). Nous voyons ici que la température moyenne annuelle diminue en fonction du temps (**Figure 2**) et que la pente de la droite tracée dans les données est légèrement négative (−0,0045).

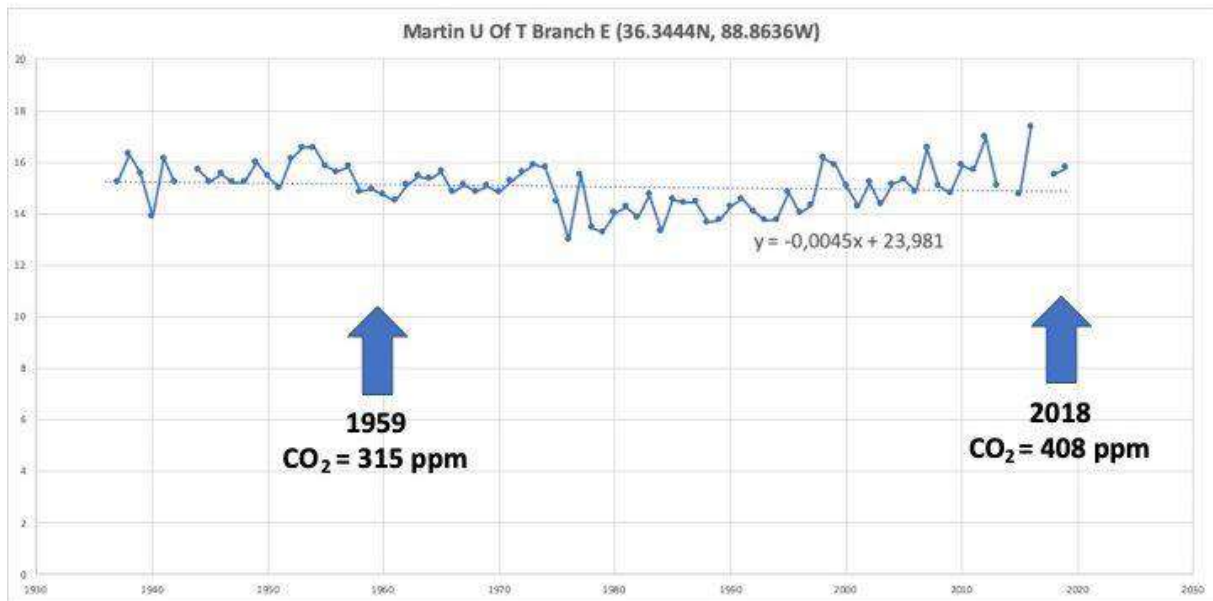


Figure 2. Température moyenne annuelle de Martin (Tennessee, USA) entre 1930 et 2018.

6.1.3. La ville de **Rochester** est située plus au nord par rapport aux deux premières, dans l'Indiana (USA). Sa population était de 6218 habitants lors du recensement de 2010. La température y est mesurée depuis 1904. Comme nous pouvons le voir sur la **Figure 3**, la tendance est négative (pente = -0.0059).

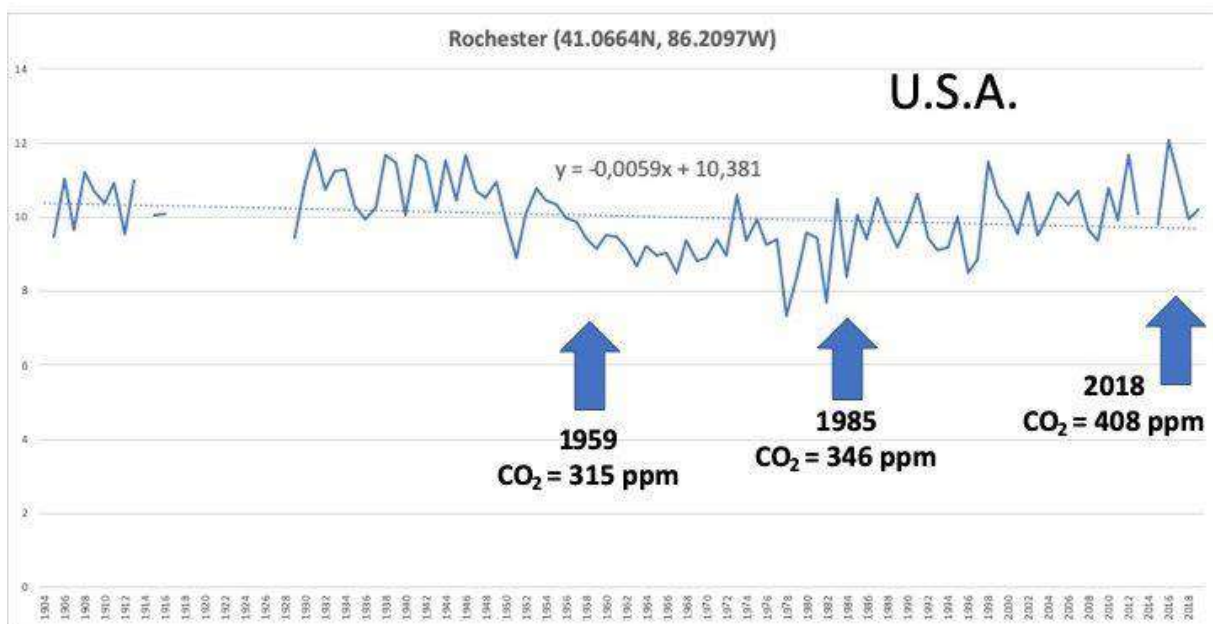


Figure 3. Température moyenne annuelle de Rochester (Indiana, USA) entre 1904 et 2018.

6.1.4. Après les USA voyons la Chine, avec **Huma**. Le xian de Huma est un district administratif de la province du Heilongjiang en Chine, limitrophe de la Russie. La population du district était de 344 354 habitants en 1999. Comme nous pouvons le voir sur la **Figure 4**, la température moyenne annuelle diminue depuis 2010.

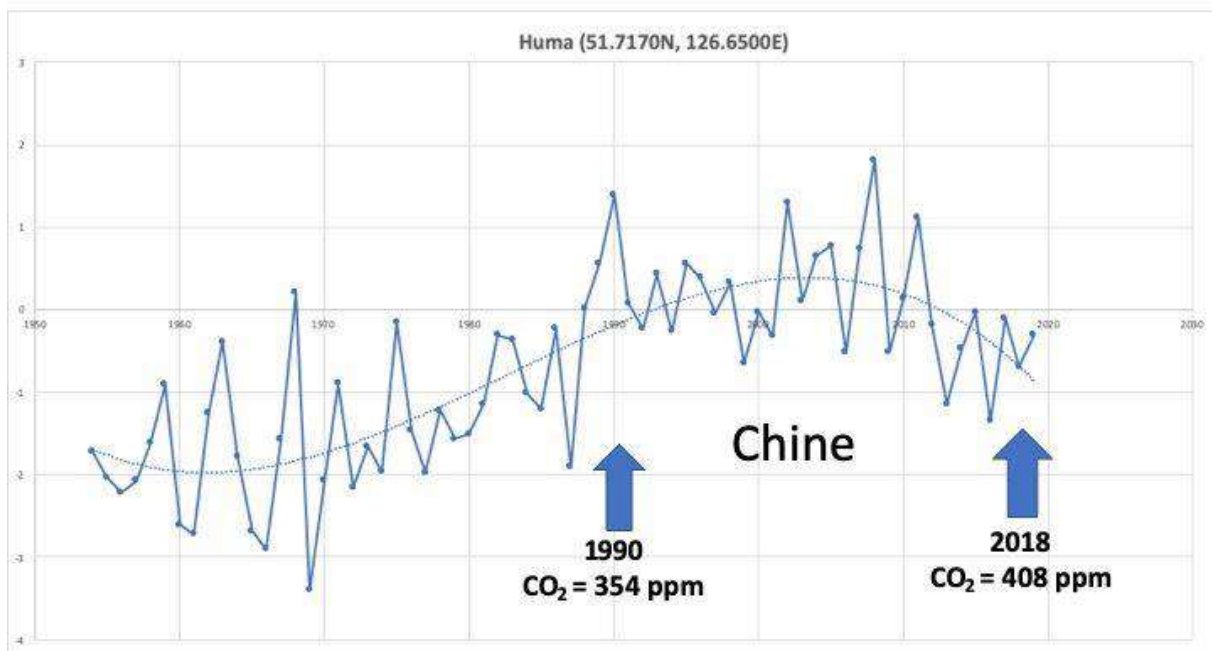


Figure 4. Température moyenne annuelle de Huma (Chine) entre 1955 et 2018.

6.1.5. Considérons maintenant **Alice Springs**, en plein coeur de l'Australie. Nous sommes en plein désert, avec une population de 28 605 habitants. Le climat de Alice Springs est aride : chaud la journée et plus frais la nuit. Il faut savoir que les précipitations varient fortement d'une année sur l'autre; ainsi il est tombé 741 mm d'eau en 2001 et 198 mm en 2002. La **Figure 5** nous montre que la température moyenne annuelle n'a quasi pas varié depuis 1942 (la pente de la droite est proche de zéro, avec une pente de +0,0132).

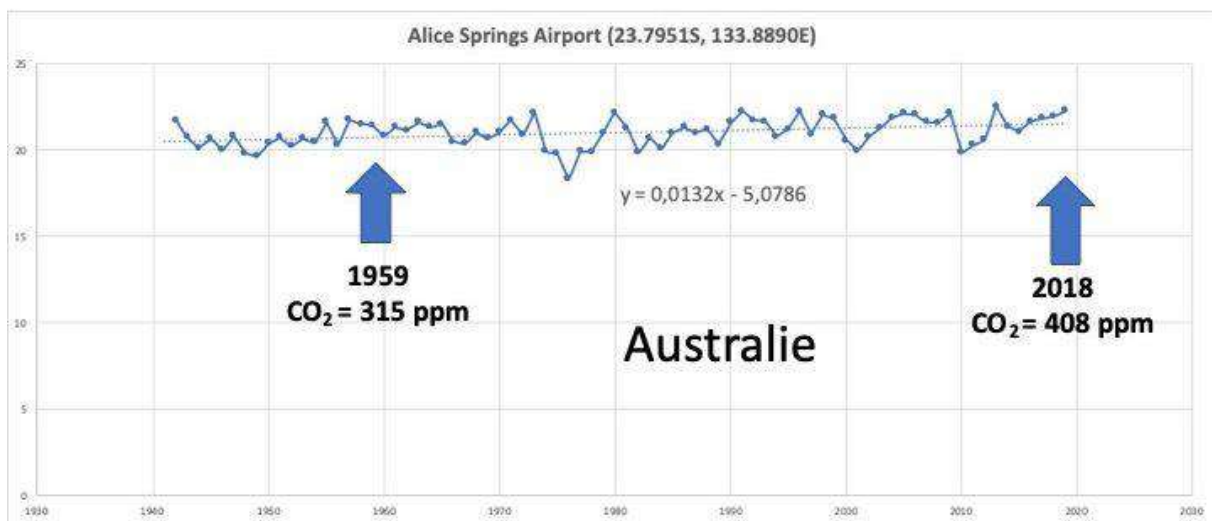


Figure 5. Température moyenne annuelle d'Alice Springs (Australie) entre 1942 et 2018.

6.1.6. La ville d'**Albany** est également située en Australie. Il s'agit d'une ville côtière localisée au Sud-Ouest de l'Australie, à 400 km de Perth. La ville compte 30 656 habitants (d'après le recensement de 2011). Albany a un climat méditerranéen avec des étés tièdes et secs et des hivers doux et très humides. La ville est située sur ce que l'on appelle la « côte de la pluie » titre bien mérité vu la fréquence des jours frais et nuageux avec de la bruine ou des averses. Nous pouvons voir sur la **Figure**

6 que la température moyenne annuelle en 2018 était la même en 1965. Entre ces deux dates, la température a oscillé entre 15 et 16°C.

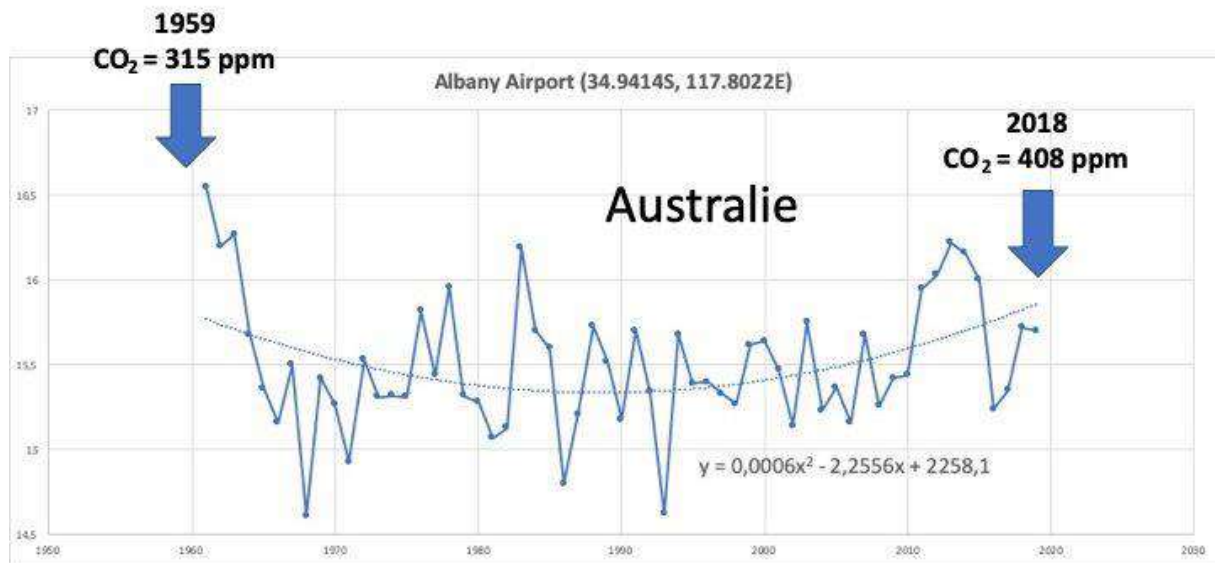


Figure 6. Température moyenne annuelle d'Albany (Australie) entre 1961 et 2018.

6.1.7. La station **Dôme C** se trouve en Antarctique. Le dôme C, aussi connu sous le nom de dôme Charlie, est un des dômes de glace de l'inlandsis de l'Antarctique, culminant à 3 233 mètres. Ce site accueille la **base antarctique Concordia**. Le dôme C a un climat de type EF (polaire d'inlandsis) avec comme record de chaleur $-5,4 \text{ }^\circ\text{C}$ le 2 janvier 2001 et comme record de froid $-81,9 \text{ }^\circ\text{C}$ le 5 septembre 2005, mesuré à la base Concordia. La température moyenne annuelle est de $-51,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Nous voyons sur la **Figure 7** qu'il n'y a aucune augmentation de la température moyenne annuelle depuis le début des mesures à cette station, en 1990 (la tendance est même négative). Le dôme C est un site favorable pour l'astronomie car il permet des images précises du ciel; en effet, **l'atmosphère antarctique est stable, sèche, très transparente, non-polluée par des particules** ou par des sources lumineuses. Autre détail d'importance la nuit polaire dure environ 6 mois (de mars à septembre dans l'hémisphère sud) et promet une belle nuit noire sans interruption de plus de 4 mois au cœur de l'hiver ce qui permet une observation continue du ciel.

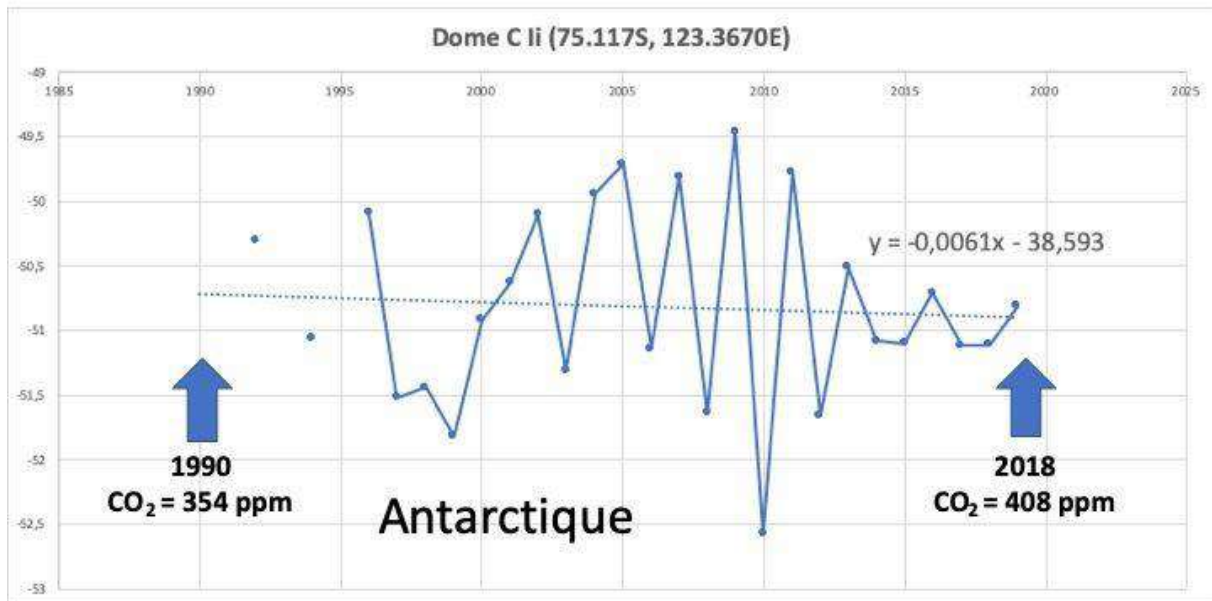


Figure 7. Température moyenne annuelle du Dôme C (Antarctique) entre 1990 et 2018.

6.1.8. Casey est une autre station permanente antarctique. Elle est située dans la partie ouest (la plus étendue) du territoire antarctique australien, sur la côte, en Terre de Wilkes. La **Figure 8** nous indique que la température mesurée à cette station est relativement stable depuis le début des mesures en 1957.

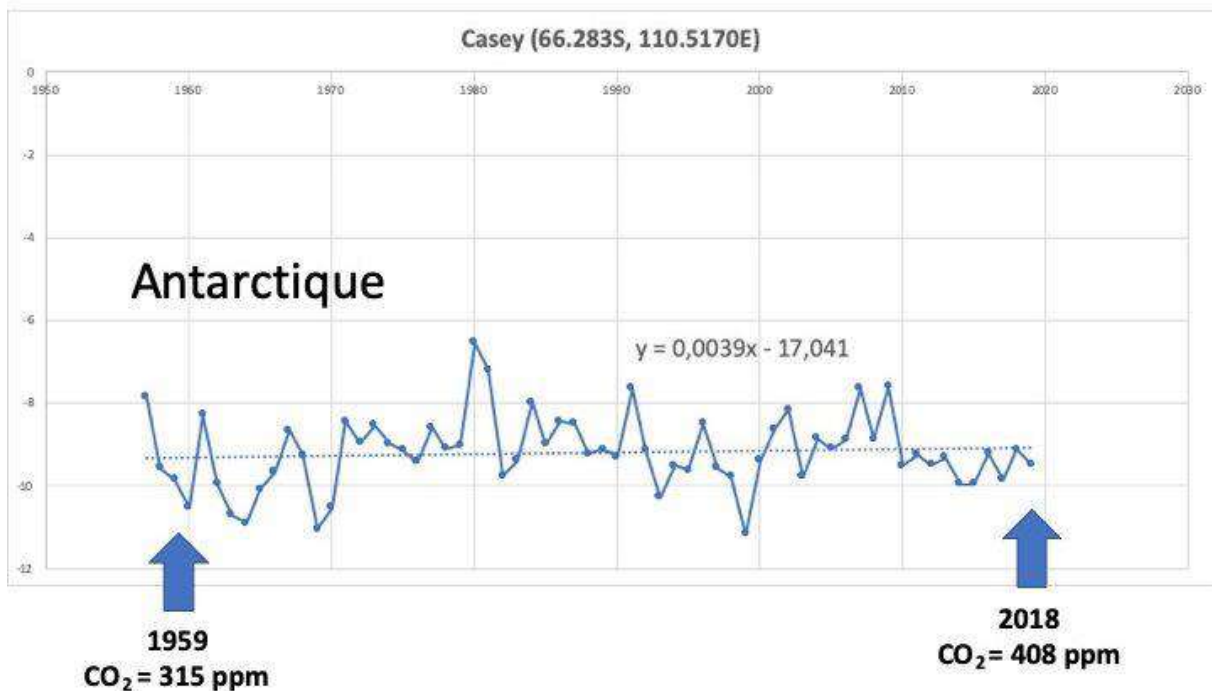


Figure 8. Température moyenne annuelle de Casey (Antarctique) entre 1957 et 2018.

6 1.9. Ciudad Constitución est une ville mexicaine du Sud de l'État de Basse-Californie. On y comptait 40 935 habitants en 2010. Le sud de la Basse-Californie possède un climat tropical, avec une période chaude et humide en août et septembre, pendant laquelle des ouragans peuvent sévir. La température moyenne varie en fonction de l'altitude. Nous pouvons voir à la **Figure 9** que la température moyenne annuelle de la ville n'a pas beaucoup varié depuis 1957.

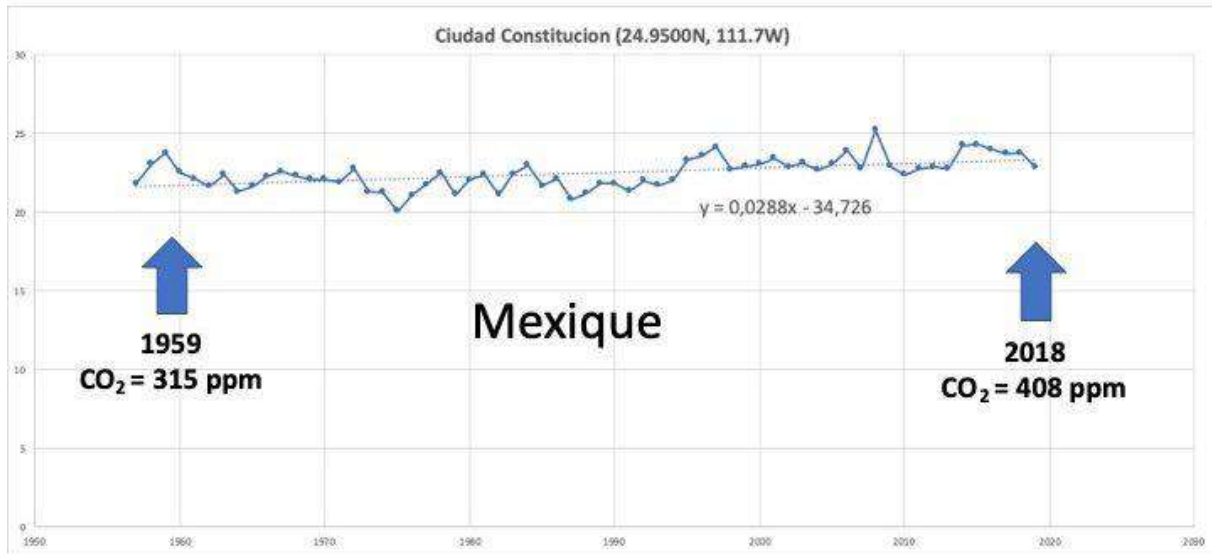


Figure 9. Température moyenne annuelle de Ciudad Constitucion (Mexique) entre 1957 et 2018.

6.1.10. La Serena, au Chili, est une ville donnant sur l'océan Pacifique. La ville comptait 198 164 habitants en 2012. La Serena a un climat désertique frais. En été, il n'y a pas de précipitations, mais une nébulosité et une bruine abondantes le matin, qui se dissipe ensuite vers midi pour laisser place à un ciel dégagé avec une température d'environ 22°C. En hiver, les températures descendent entre 7 et 16°C. Étant situés dans une zone côtière, les minimums et les maximums sont modérés par l'influence maritime et la température du courant froid de Humboldt. Depuis le début des mesures en 1923, la température moyenne annuelle a légèrement chuté (**Figure 10**), avec une pente valant -0.0096).

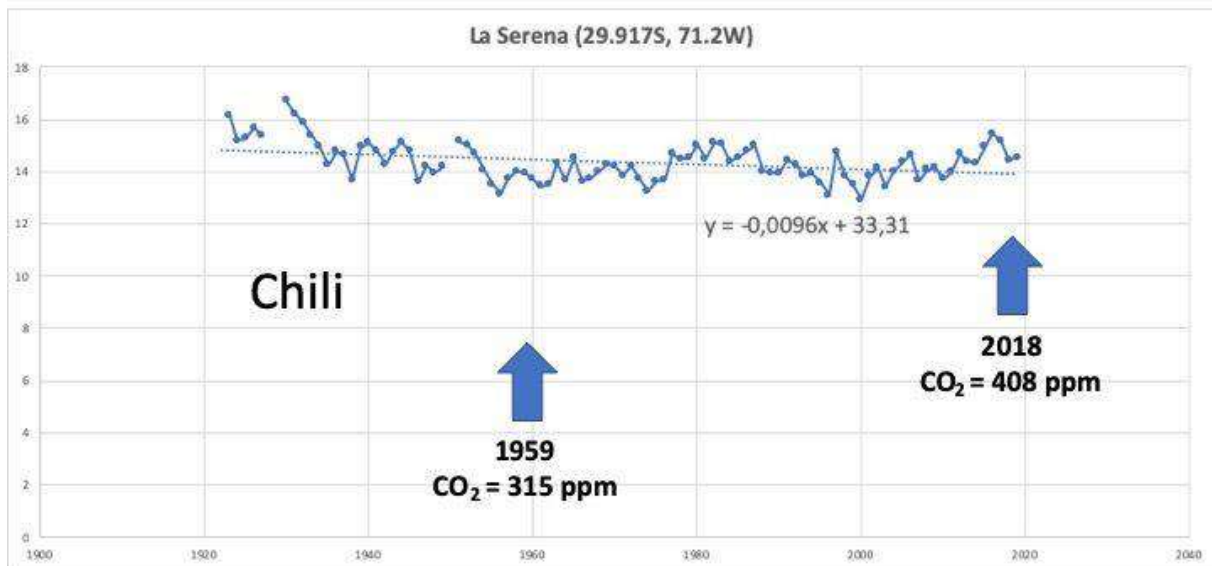


Figure 10. Température moyenne annuelle de La Serena (Chili) entre 1923 et 2018.

6.1.11. Curicó au Chili. La ville est côtière et se trouve à 189 kilomètres au sud de Santiago. Curicó possède un climat de type méditerranéen. Il est relativement chaud en été (novembre à mars) avec des températures dépassant les 35 degrés Celsius durant les journées les plus chaudes. L'hiver (juin à août) est humide, avec des températures maximum avoisinant les quinze degrés Celsius. La **Figure 11** ne nous montre aucune tendance au réchauffement et ce depuis 1926.

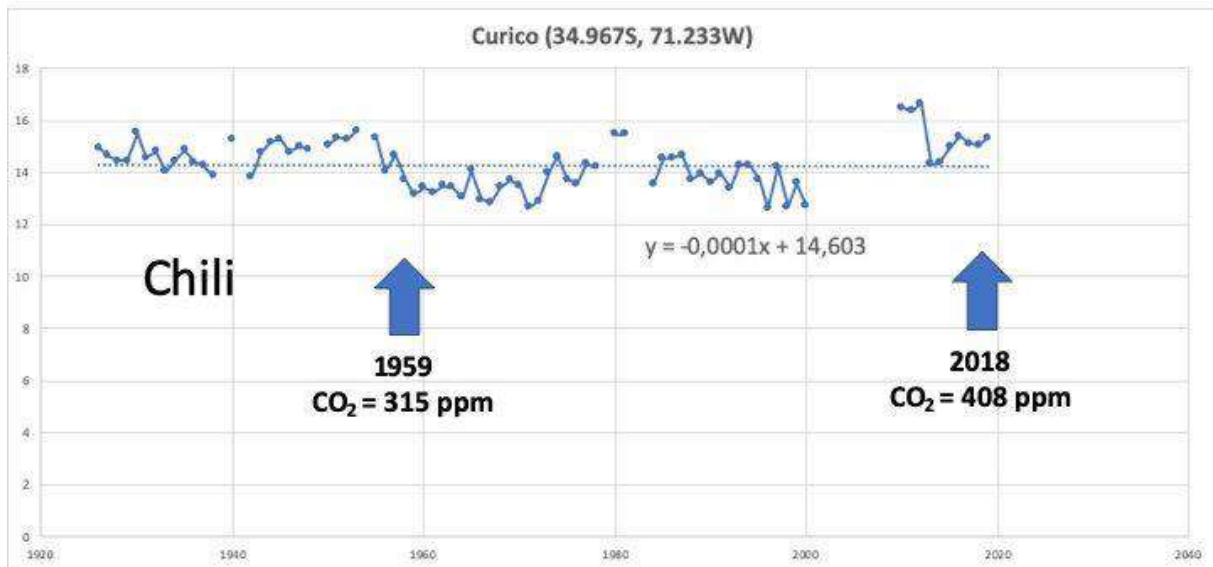


Figure 11. Température moyenne annuelle de Curico (Chili) entre 1926 et 2018.

6.1.12. Finalement, **Punta Arenas** est une ville et commune du Chili dans le détroit de Magellan. Sa population était de 131 067 habitants en 2012. Punta Arenas bénéficie d'un climat subpolaire océanique comme toute l'extrémité méridionale du continent sud-américain. Les températures ne connaissent pas d'importantes variations saisonnières **grâce à l'effet modérateur de l'océan**. La température moyenne annuelle est de +5,9 °C. Punta Arenas bénéficie également d'un climat assez sec avec un cumul annuel des précipitations de seulement 376 millimètres. Le vent y souffle souvent avec vigueur et peut atteindre la vitesse de 130 km/h en rafale. La **Figure 12** nous montre que la température moyenne annuelle n'a pas augmenté depuis le début des mesures en 1888.

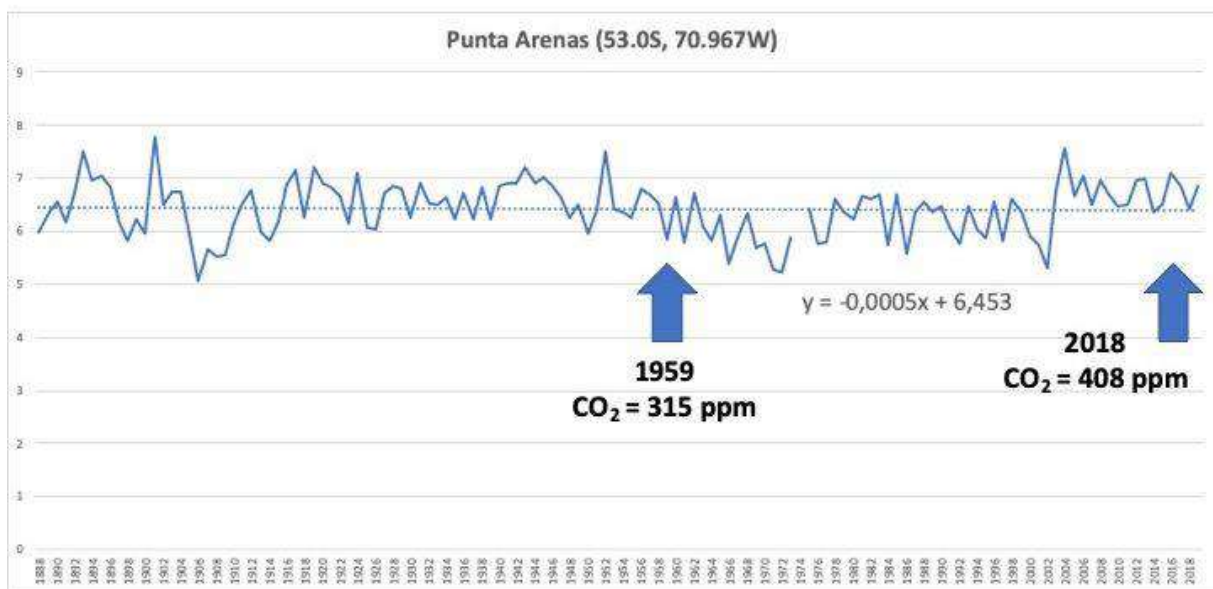


Figure 12. Température moyenne annuelle de Punta Arenas (Chili) entre 1888 et 2018.

6.2. Analyse

Les 12 villes et régions que nous venons de passer en revue apportent la preuve que le taux de CO₂ n'est pas le paramètre le plus important réglant le climat de ces lieux. Le taux de CO₂ a augmenté partout, mais la température de l'air au niveau du sol dans ces régions est restée plus ou moins stable. Il faut donc envisager d'autres paramètres pour expliquer les températures locales.

- Commençons par évoquer la **durée de l'ensoleillement**, qui n'est pas le même partout sur la planète en raison de l'inclinaison de l'axe de la Terre. La station Dôme C en Antarctique est dans le noir total pendant 4 mois, et de nombreux autres mois dans la pénombre. Si l'on croit à l'hypothèse de l'effet de serre radiatif, une faible irradiation solaire peut expliquer une faible température locale. Si l'on ne croit pas à cette hypothèse en raison de ses nombreuses incohérences ([voir ici](#)) le résultat reste le même : on est amené à chercher d'autres explications, et la durée de l'ensoleillement est un paramètre important. Notons qu'aux niveaux des pôles le **champ magnétique terrestre** n'est pas le même qu'ailleurs, et que ce paramètre doit également être pris en compte ([voir ici](#) et [ici](#)). Le champ magnétique solaire est également important ([voir ici](#)).

- La quantité de rayons solaires arrivant au sol dépend également de la **couverture nuageuse** et des **aérosols**. Il se pourrait que la couverture nuageuse et/ou les aérosols aient significativement varié pour certaines villes au cours du temps, alors que ces paramètres étaient plutôt stables pour d'autres villes. La couverture nuageuse est directement liée à la température mesurée au sol, tout comme les aérosols (effet bien connu par l'effet des fumées volcaniques ou des particules de suie émises par les puits de pétrole en feu). Malheureusement ces paramètres ne sont pas toujours mesurés de manière continue pour toutes les villes investiguées.

- La présence d'un **courant marin chaud ou froid** est un paramètre très important à considérer. Le vent soufflant sur l'océan se réchauffe ou se refroidit à son contact. En soufflant ensuite sur les terres émergées il les réchauffe ou les refroidit. La circulation thermohaline est encore méconnue, tout comme la répartition et la source de l'énergie contenue dans les océans. Un **courant marin froid** peut refroidir une région (cas probable de La Serena, Curicó et Punta Arenas au Chili avec le courant froid de Humboldt). Inversement, un **courant marin chaud** peut réchauffer une vaste région comme par exemple l'Europe Occidentale qui serait réchauffée par le **Gulf Stream**. Notons que de nombreuses inconnues subsistent et on ignore encore l'importance exacte des impacts du Gulf Stream sur le climat européen continental ou océanique, ou sur la formation des nuages. Lansner et Pedersen (2018) démontrent que les zones éloignées des océans ne présentent pas de réchauffement global ([voir ici](#)).

6.3. Conclusions

- Le réchauffement n'est pas général. De nombreuses villes et régions ne montrent aucun réchauffement de la troposphère, et ce en dépit d'une augmentation significative de leur taux de CO₂ atmosphérique. Les 12 villes et régions présentées ici ne sont qu'un échantillon. Il en existe bien d'autres.

- L'existence de ces villes et régions sans réchauffement nous suggère que **le CO₂ n'est pas un paramètre très important**. Il se pourrait même qu'il n'ait aucun rôle ([voir aussi ici](#)). Ces villes et régions mériteraient d'être investiguées plus finement dans le futur.

- Les paramètres qui seraient les plus importants sont la durée de l'ensoleillement, la variation de la couverture nuageuse, les aérosols, les variations du champ magnétique terrestre mais également solaire (pouvant influencer la formation des nuages), et enfin la circulation thermohaline.

Finalement, il ne sera probablement pas nécessaire que les populations locales de ces 12 villes et régions arrêtent d'utiliser leur voiture. Le CO₂ n'a aucune influence... et peut être également pour les autres régions du monde!

7. La Belgique se prépare à sa première vague de chaleur de l'été

Mis en ligne SCE : 07.08.2020

Recommandations d'utilisation raisonnée de l'eau, plans « canicules », conseils à la population... la Belgique s'apprête à traverser sa première vague de chaleur de l'été. Si le mercure restera de justesse sous la barre des 30°C ce mercredi [5 août], il la franchira par contre allègrement les jours suivants et ce, probablement, jusqu'en début de semaine prochaine.

Dans cette dépêche (Belga), on reconnaît aussi que les années les plus chaudes furent 1947 et 1901, c'est-à-dire bien avant l'accélération de l'économie mondiale. En 1636, selon Emmanuel Le Roy-Ladurie, il y eut 80 jours de canicule.

L'IRM parle de « vague de chaleur nationale » lorsque les maxima à Uccle atteignent au moins 25,0°C durant au moins cinq jours consécutifs parmi lesquels le seuil des 30,0°C est atteint durant au moins trois jours.

Or, ce même Institut royal météorologique prévoit des maxima de 28-29°C ce mercredi, de 31 à 33°C jeudi, de 34°C vendredi et de 35 à 36°C samedi. Ces températures élevées devraient perdurer dimanche et le début de la semaine prochaine.

L'année 2019 avait été marquée par trois vagues de chaleur (du 23 au 30 juin, du 22 au 26 juillet et du 23 au 28 août) et des températures records de plus de 40°C. C'est toutefois l'année 1947 qui détient le record du nombre de vagues de chaleur (quatre). Cette année avait également enregistré la plus longue vague de chaleur depuis 1901 (19 jours, du 10 au 28 août).

La poussée de mercure annoncée, qui intervient après un mois de juillet « relativement froid », réjouit peut-être les vendeurs de crèmes glacées, de boissons fraîches -bien qu'il soit plutôt conseillé dans ce cas de boire des boissons chaudes- mais elle n'est pas sans danger pour la santé des personnes âgées et plus fragiles. Lors des trois vagues de chaleur de 2019, Sciensano avait d'ailleurs constaté une surmortalité, de plusieurs centaines de décès, en Belgique. Il est donc recommandé de bien hydrater les personnes âgées et celles qui sont affaiblies, notamment par le coronavirus, et de ne pas les laisser en plein soleil.

De son côté, la Cellule interrégionale de l'environnement (Celine) a activé depuis dimanche la phase d'avertissement du plan « Forte chaleur et pics d'ozone » en raison d'une augmentation attendue des concentrations d'ozone dans l'air.

La canicule -terme qui vient du latin « canicula » (petite chienne) et fait référence à l'étoile Sirius de la constellation du Grand Chien, dont l'apparition dans le ciel est depuis la nuit des temps synonyme

de fortes chaleurs dans l'Hémisphère nord- arrive alors que le déficit de précipitations en Belgique reste préoccupant.

En Wallonie, une douzaine de communes ont pris des mesures de restriction de l'usage de l'eau. La cellule sécheresse rappelle l'importance « d'un usage raisonné de l'eau de distribution, pour préserver les ressources et garantir un approvisionnement normal au coeur de l'été, notamment suite à la hausse du tourisme et de l'activité horeca en Wallonie ». Quant à la circulation des kayaks, elle n'est actuellement plus possible en raison de niveaux d'eau insuffisants notamment sur la Semois, la Lesse ou l'Ourthe.

En Flandre, un appel a également été lancé pour une consommation raisonnée de l'eau de distribution et à éviter de l'utiliser, par exemple, pour arroser sa pelouse ou laver sa voiture.

NB :

1. Les événements 'exceptionnels' ne le sont que peu aux échelles historiques des moyen et court termes ([ici](#)).
2. Pour savoir ce qui influence le plus la température en Belgique lisez [cet article](#) et notez que nous sommes en plein milieu de la phase chaude de l'Oscillation Atlantique Multidécennale (OAM).

[8. Chaleur urbaine et température globale](#)

Mis en ligne SCE : 12.03.2021

Le présent article vise à présenter une analyse remarquable, publiée en 2015 par l'équipe de Willie Soon (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, USA), qui démontre que l'effet de chaleur urbain a grandement influencé les enregistrements de température terrestre depuis le début de l'ère industrielle. Cette étude, qui mériterait d'être plus largement diffusée, a été publiée dans la revue Earth-Science Reviews. Ce travail ne fait que renforcer la présomption d'innocence du CO₂ dans la lente augmentation de la température globale

8.1. Une urbanisation galopante

Un récent rapport des Nations Unies (World Urbanization Prospects 2018) nous indique qu'environ 55% de la population mondiale vit actuellement dans des villes (soit ± 4,3 milliards de personnes). On recense environ un million de villes dans le monde, parmi lesquelles 4 231 qui comptent plus de 100 000 habitants (voir [ici](#)). Mais en 1950, le chiffre était beaucoup plus bas avec seulement 30% de la population qui était urbaine (soit 750 millions de personnes sur 2,5 milliards). La courbe impressionnante de l'urbanisation est illustrée à la Figure 1. Par contre, en 2050, on prévoit que la proportion urbaine passera à 68% (Figure 1).

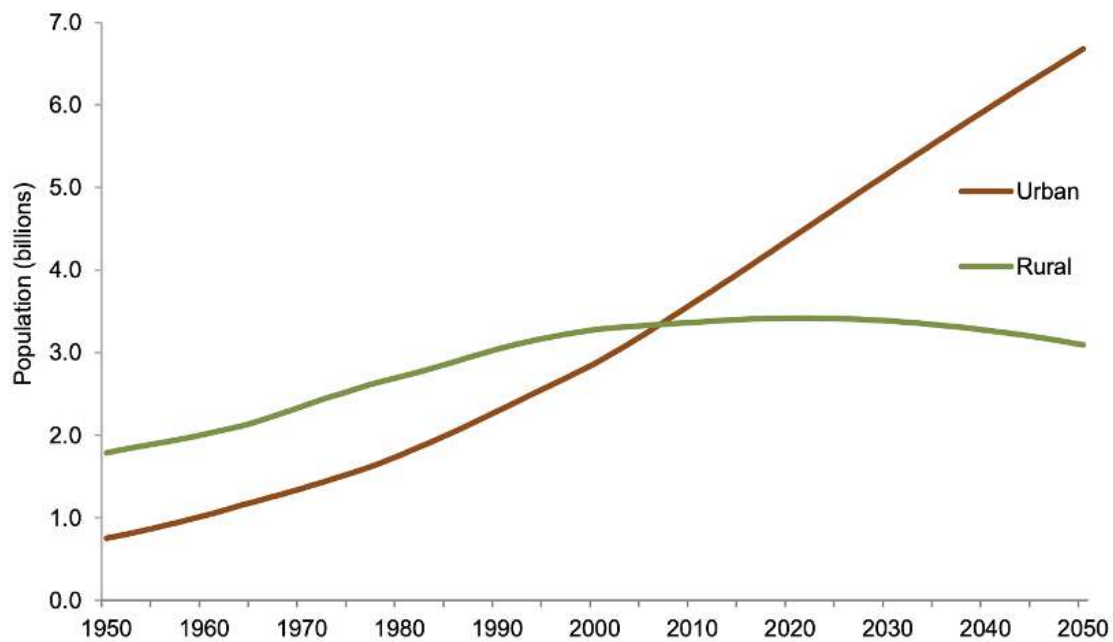


Figure 1. Évolution de la population urbaine (brun) et rurale (vert) depuis 1950. L'axe Y est gradué en milliards d'individus. Source : World Urbanization Prospects 2018.

Cette urbanisation galopante, qui est le résultat de l'explosion démographique, conduit bien évidemment au remplacement progressif de l'environnement naturel par des **agglomérations de plus en plus nombreuses et de plus en plus étendues** (Figure 2). Or, chacun devrait savoir que les surfaces artificielles des villes comme le **béton, la brique et l'asphalte possèdent des propriétés radiatives et thermiques complètement différentes par rapport aux surfaces naturelles**. Il a ainsi été montré que l'urbanisation est capable de modifier rapidement les conditions climatiques régionales (e.g., Haashemi et al. 2016). En effet, les villes densément bâties comportent une atmosphère chaude et stagnante pendant la journée et une atmosphère qui se refroidit lentement pendant la nuit (e.g., Sultana & Satyanarayana 2019). Chacun peut constater cela en allant se promener dans les campagnes. Ceci est appelé le **phénomène d'îlot de chaleur urbain** (Urban Heat Island, UHI) (e.g., Roth 2013).



Figure 2. Les villes ont évolué naturellement dans de nombreuses cultures différentes et sont maintenant l'habitat prédominant de l'espèce humaine (Photo: Kayte Dolmatch / www.kaytedolmatchphotography.com).

Étant donné l'augmentation progressive de l'urbanisation au niveau mondial depuis 1950, accompagnée de son effet de chaleur urbain, ne se pourrait-il pas que la température moyenne globale de la basse troposphère ait été influencée par ce phénomène? Si oui, en quelle proportion? Nous allons tenter de répondre à cette question en présentant une étude remarquable publiée en 2015 (Soon et al. 2015) et basée sur des données historiques de température fournies par le GHCN. Mais présentons d'abord cette base de données.

8.2. Présentation de la base de données GHCN

Le réseau mondial de climatologie historique (**Global Historical Climatology Network ou GHCN**) est une base de données américaine qui comporte des enregistrements de température, de précipitations et de pression et qui est gérée par le NCDC américain (National Climatic Data Center, Asheville, North Carolina), l'Université de l'Etat d'Arizona, et le CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center). Les données sont collectées à partir de nombreuses stations fixes fonctionnant en permanence à la surface de la Terre. Le réseau comporte environ 6000 stations mesurant la température, 7500 stations pour les précipitations et 2000 stations relevant la pression atmosphérique. Le GHCN est souvent utilisé pour inférer les températures mondiales passées, et a été utilisé dans les reconstitutions les plus connues, celle préparée par le NCDC, et celle préparée par l'institut GISS de la NASA. En moyenne, les séries de température des stations GHCN s'étendent sur 60 ans. Cependant le GHCN comporte environ 1650 enregistrements de plus de 100 ans, dont 220 de plus de 150 ans. Les plus anciens relevés du GHCN datent de 1697.

8.3. L'étude de Soon et al. 2015 basée sur les données GHCN

Le but de l'étude de Soon et al. 2015 consiste simplement à répartir les enregistrements de température du GHCN en deux groupes : (1) les enregistrements issus de stations localisées loin des villes (à la campagne), afin d'éviter l'effet de chaleur urbain; et (2) les enregistrements issus de stations proches ou à l'intérieur de grandes villes, et logiquement impactées par l'effet de chaleur urbain.

Pour chaque station, le GHCN fournit habituellement **deux estimations différentes de l'urbanisation**. La **première** est une estimation approximative de la population proche de la station de mesure, avec les villes voisines à proximité, à condition que la population estimée soit supérieure à 10 000 habitants. Sur cette base, chaque station est alors qualifiée de « rurale » (population < 10 000), « intermédiaire » ($10\,000 \leq \text{population} < 50\,000$) ou « urbaine » (population $\geq 50\,000$). La **deuxième** estimation est basée sur la quantité de lumière détectée pendant la nuit par satellite à l'endroit de la station de mesure. Comme pour la première estimation, les stations sont ensuite catégorisées comme rurales, intermédiaires ou urbaines.

Ces deux métriques différentes d'urbanisation sont relativement grossières, et une station identifiée comme « urbaine » par l'une des métriques est parfois considérée comme « rurale » par l'autre, ou *vice versa*. **Cependant, comme les deux métriques sont complètement indépendantes, si une station est considérée comme « urbaine » par les deux métriques en même temps, il y a de fortes probabilités que la station soit réellement urbanisée.** De même, si une station est considérée comme « rurale » par les deux paramètres, il est peu probable qu'elle soit fortement affectée par l'urbanisation. Par conséquent, dans l'analyse de Soon et al. 2015, les **deux métriques d'urbanisation** ont été combinées afin de garantir le résultat du tri des stations (i.e., groupe rural ou urbanisé).

Voyons maintenant les résultats obtenus par Soon et al. 2015. Les auteurs ont analysé 4 grandes régions de l'hémisphère Nord : la Chine, les États-Unis, l'Irlande et la zone Arctique (i.e., au nord du cercle polaire arctique à 66°33'N). Pour chaque région, les données brutes fournies par le GHCN ont été utilisées, c'est-à-dire les données non traitées (non « homogénéisées »).

8.3.1. Résultats pour la Chine

Les résultats obtenus par Soon et al. 2015 pour la Chine sont présentés à la Figure 3. Si l'on se focalise sur les **stations rurales** (126 stations chinoises retenues) on peut remarquer qu'entre 1950 et 1990 la **température moyenne de l'atmosphère n'a presque pas augmenté** (Fig. 3a). En effet, la droite de régression tracée parmi les données présente une pente proche de zéro ($+0,025^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$). Par contre, lorsque l'on considère uniquement les stations urbaines (106 stations retenues, Fig. 3c), on constate une nette augmentation de la température au cours du temps avec une pente de $+0,119^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ (soit presque 5 fois plus). Lorsque toutes les stations sont considérées ensemble (rurales, intermédiaires et urbaines) on obtient une pente de $+0,109^{\circ}\text{C}/\text{décennie}$ (Fig. 3d). Clairement, **pour la Chine, le réchauffement climatique global peut être expliqué par un simple effet de l'urbanisation...** Inutile d'invoquer le taux de CO_2 !

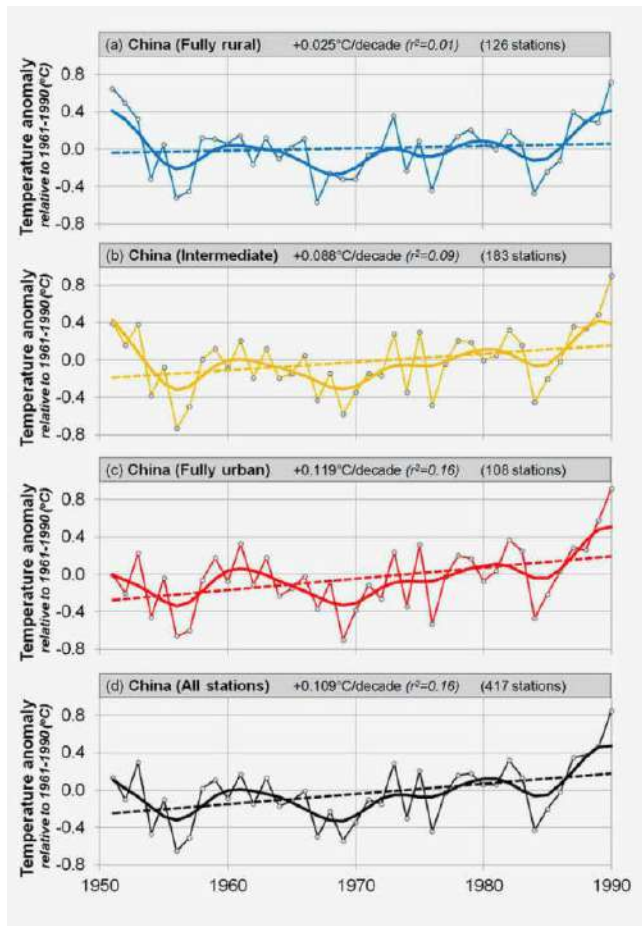


Figure 3. Étude du biais d'urbanisation pour la Chine pendant la période de couverture maximale des stations chinoises (1951–1990) (Soon et al. 2015).

8.3.2. Résultats pour les autres régions

Les auteurs ont ensuite analysé les données disponibles pour la Chine sur une plus longue période (de 1840 à nos jours), mais également les données pour les États-Unis, l'Irlande et la zone Arctique. Les évolutions des températures rurales pour ces 4 régions sont présentées à la Figure 4.

Les auteurs ont ensuite combiné les 4 courbes de températures obtenues pour les 4 régions investiguées de l'hémisphère nord. Le composite de température obtenu et présenté à la Figure 4e (« North Hemisphere Composite », NHC) montre clairement deux périodes de réchauffement : de 1880 à 1940, puis de 1970 à nos jours. Il montre également une période de refroidissement entre 1940 et 1970. Notons que les deux pics de température ne diffèrent tout au plus que de 0.3°C : environ +0.6°C en 1945 et environ +0.9°C de nos jours (Figure 4e).

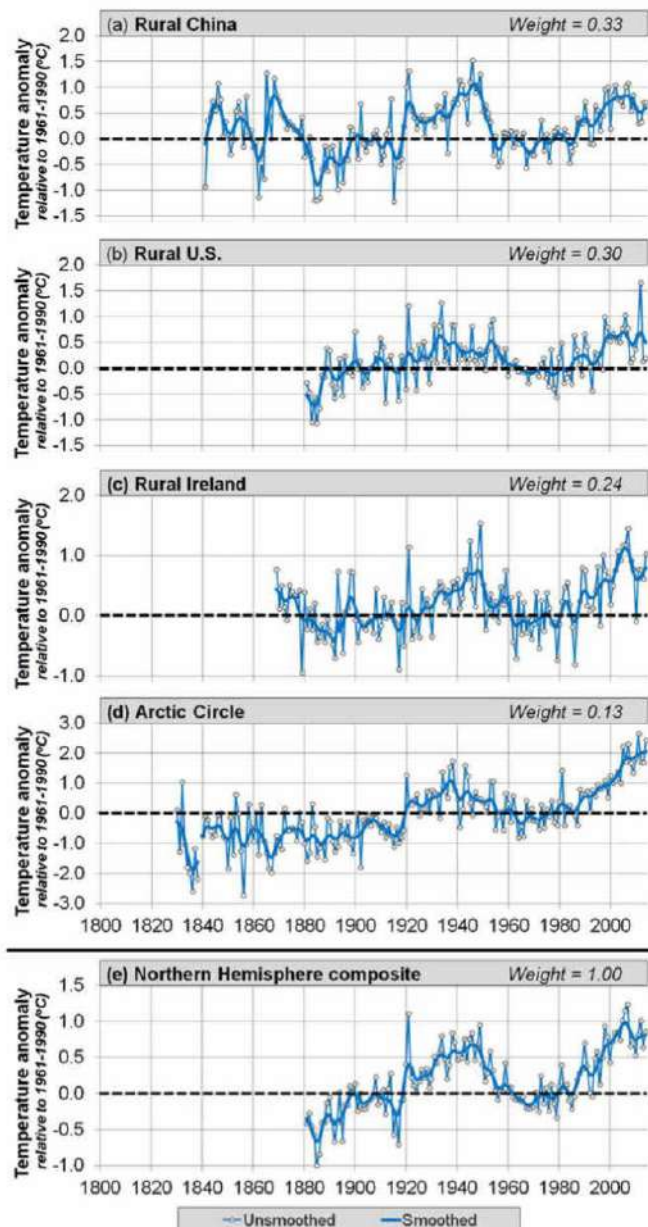


Figure 4. Évolution des températures (anomalies en fonction du temps) pour les régions rurales en Chine (a), aux États-Unis (b), en Irlande (c) et pour les régions arctiques (d). Un composite de température (« North Hemisphere Composite », NHC) a également été calculé en combinant les 4 régions (e). Ce composite a été calculé en donnant des poids différents (« weight », voir graphiques) aux 4 séries pour tenir compte du phénomène d'amplification polaire (Soon et al. 2015).

Ensuite, les auteurs ont comparé leur composite de températures (NHC), calculé avec les stations rurales, avec la courbe obtenue lorsque l'on considère toutes les stations du réseau GHCN (rurales et urbaines). **Le résultat est présenté à la Figure 5 et montre clairement que si l'on n'élimine pas les stations météo considérées comme urbaines on sous-estime ou surestime la température (tout dépend de la période de référence considérée pour calculer les anomalies de température : 1961–1990 pour la Figure 5a, et 1881–1910 pour la Figure 5b).** Remarquons que lorsque l'on considère les données du réseau GHCN (courbes rouges sur la Figure 5) il n'y a quasi aucun réchauffement entre 1940 et 1980.

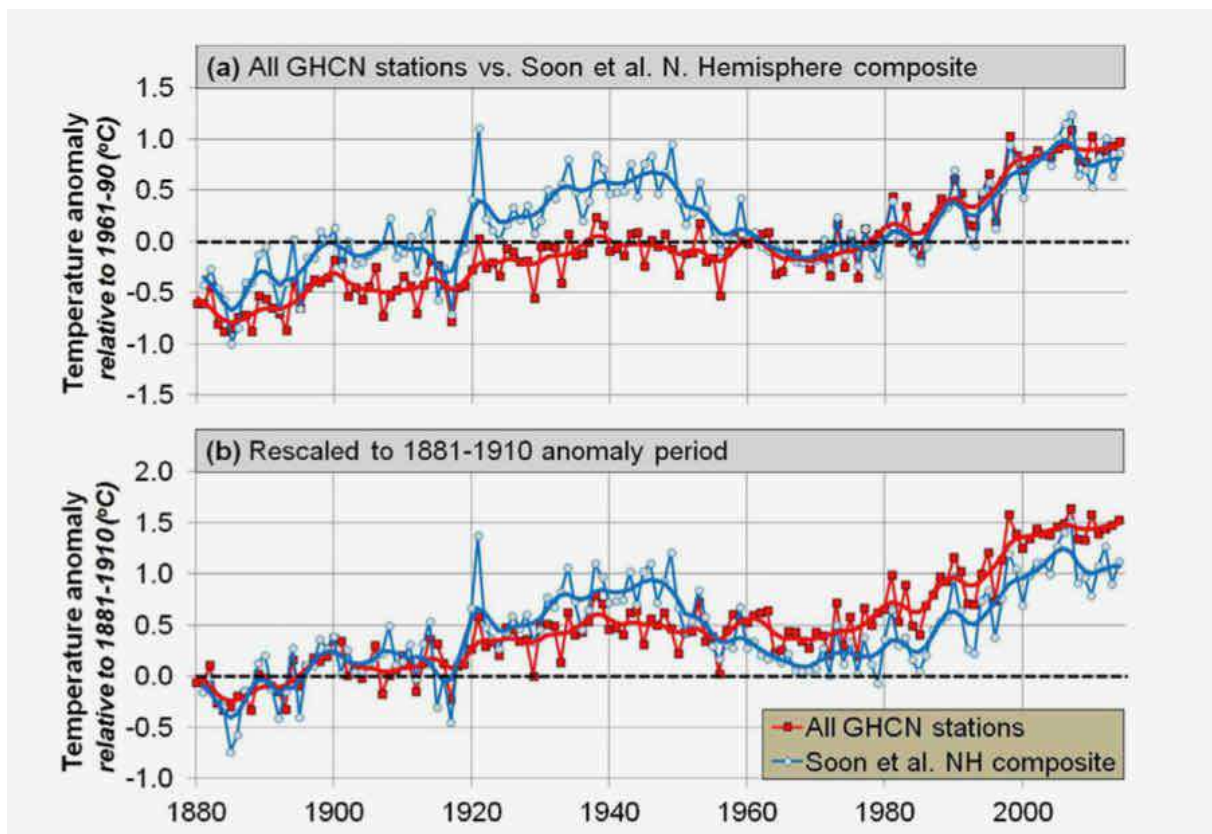


Figure 5. Composite NHC (stations rurales pour l'hémisphère nord) comparé à toutes les stations du réseau GHCN (Soon et al. 2015).

Afin de voir si le composite NHC de températures était conforme à la réalité, les auteurs l'ont ensuite comparé à d'autres données, comme la température de surface de l'eau de mer (Figure 6). Nous pouvons voir que le composite de températures NHC suit bien l'évolution des températures de l'eau de mer de surface (Figure 6). Les enregistrements de température de surface de l'eau de mer ont également enregistré un refroidissement entre 1940 et 1970.

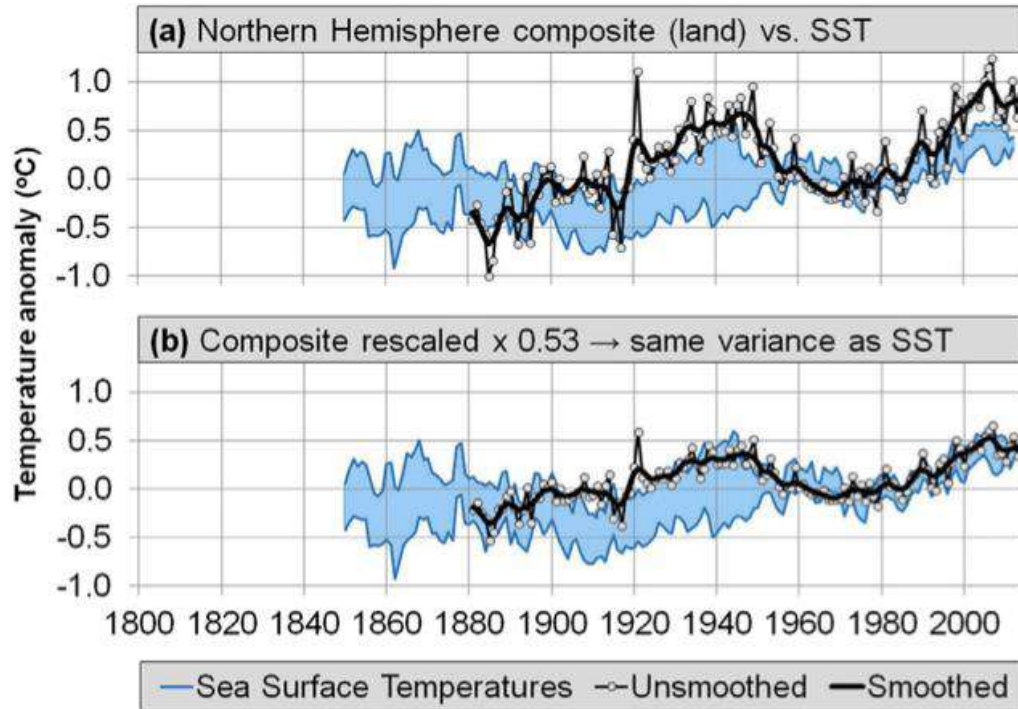


Figure 6. Composite NHC (stations rurales pour l'hémisphère nord), en noir, comparé à la température de surface de l'eau de mer (en bleu) pour l'hémisphère nord (estimations provenant des données ERSST et HadSST). a, données brutes non mises à l'échelle; b, données mises à l'échelle pour que les deux séries présentent la même variance.

Mais le plus étonnant est la comparaison du composite de température NHC avec l'irradiance solaire totale (TSI). La courbe de températures suit presque parfaitement l'évolution de l'irradiance solaire en fonction du temps (Figure 7) !

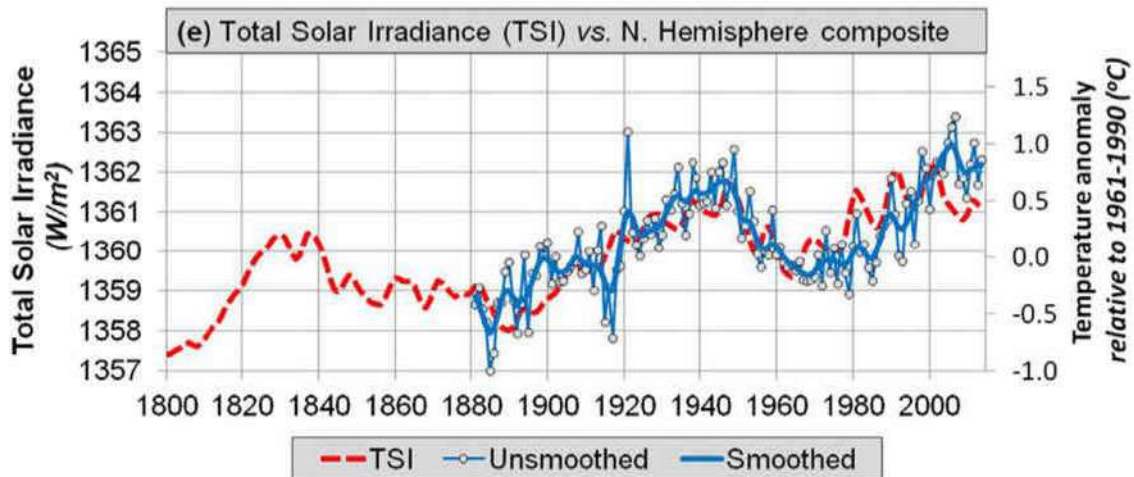


Figure 7. La courbe rouge en pointillés retrace l'évolution de l'irradiance solaire (TSI, en W/m^2) entre 1800 et aujourd'hui. La courbe bleue est le composite NHC calculé avec les stations météorologiques rurales de l'hémisphère nord.

La Figure 7 suggère que les tendances de la température de l'air à la surface de l'hémisphère nord ont été fortement influencées par les changements de l'irradiance solaire totale depuis au moins 1881. **Ce résultat contredit directement les conclusions des derniers rapports du GIEC** (Bindoff et al., 2013), dans lesquels il est suggéré que les tendances de la température de l'air à la surface ont

été dominées par les changements des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre depuis au moins 1950. Nous pouvons d'ailleurs le voir sur la Figure 8, où le composite NHC de températures (noir) est comparé aux modèles CMIP5 du GIEC, avec ou sans forçage radiatif causé par les gaz dits à effet de serre.

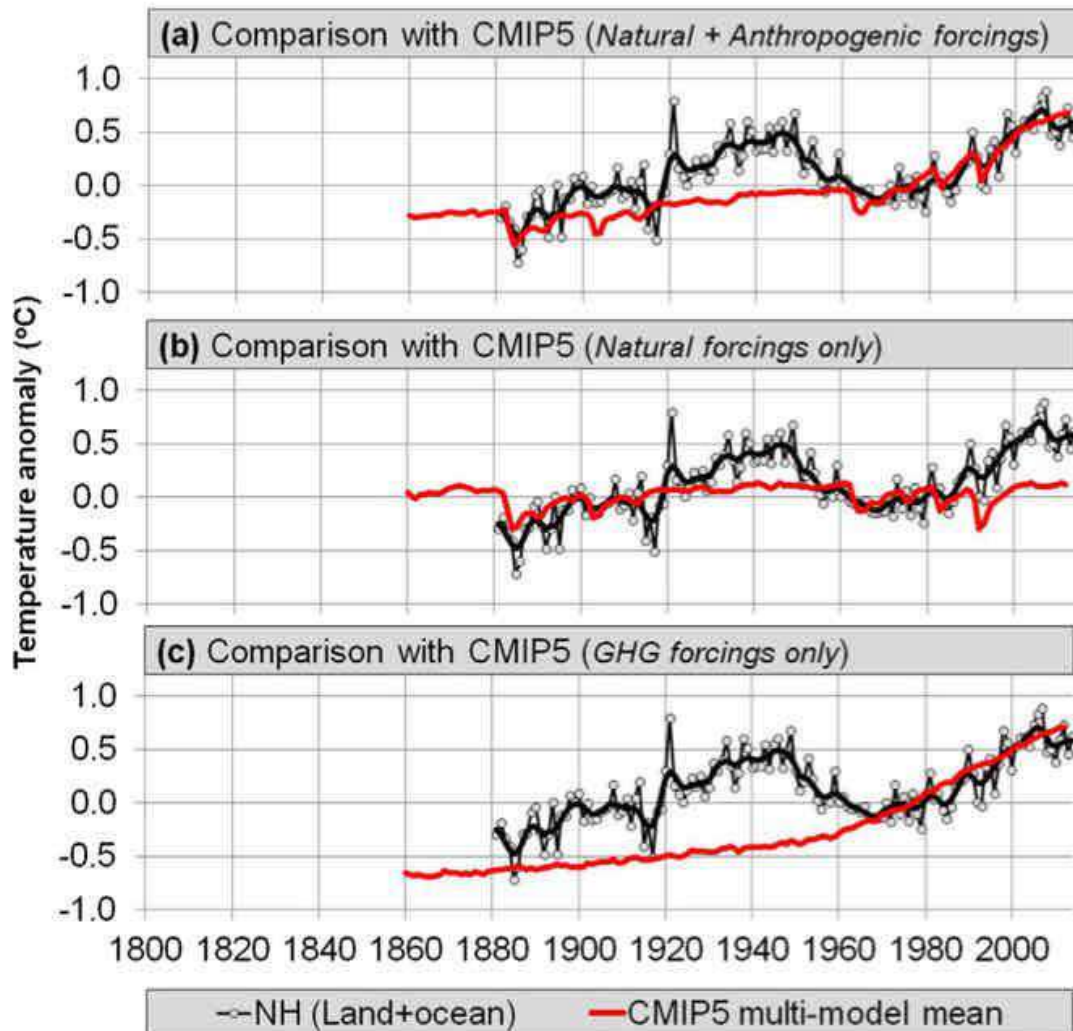


Figure 8. Comparaison entre composite NHC (noir) et la moyenne des modèles CMIP5 du rapport du GIEC en 2013 (rouge) (Fig. 10.1 du rapport IPCC WG1 5th Assessment Report; Bindoff et al., 2013). a, modèles CMIP5 au complet; b, modèles CMIP5 ne comportant que les forçages naturels; c, modèles CMIP5 ne comportant que le forçage radiatif des gaz à effet de serre.

8.4. Conclusions

- **L'urbanisation est galopante** et 55% de la population mondiale vit actuellement dans des villes (soit $\pm 4,3$ milliards de personnes). Ceci a provoqué depuis la révolution industrielle une variation drastique de la proportion du sol recouverte par du béton et de l'asphalte, avec pour conséquence une variation drastique des propriétés radiatives d'une grande surface de la Terre. **L'effet de chaleur urbain est bel et bien présent dans toutes les villes, a été quantifié par de nombreuses études et ne peut être nié.** Tout le monde peut le constater en allant se promener à la campagne.

- L'analyse réalisée par Soon et ses collaborateurs démontre que **les courbes retraçant l'évolution des températures depuis 1880 (réseau GHCN) sont fortement biaisées par l'effet de chaleur urbain.**

Ceci a été démontré en se focalisant sur les stations météorologiques rurales, localisées loin des villes. **Il semblerait qu'une grande partie du réchauffement global, qui ne peut être nié, soit donc causé par d'autres facteurs que le taux de CO₂ atmosphérique. L'effet de chaleur urbain jouerait un rôle plus important qu'on ne le pense**, mais il faut bien entendu aussi tenir compte des variations de l'irradiance solaire totale (TSI), comme le montrent les auteurs, et il faut aussi tenir compte des courants marins.

- Les auteurs proposent une **nouvelle courbe des températures de l'hémisphère nord beaucoup moins biaisée par l'effet de chaleur urbain** (NHC, pour composite de l'hémisphère nord). Cette nouvelle courbe des températures montre une **très bonne corrélation avec l'évolution de certains paramètres naturels** comme la température de surface de l'eau de mer et l'irradiance solaire totale. La nouvelle courbe des températures présente par contre une **faible corrélation avec les modèles CMIP5** établis par le GIEC dans son 5ème rapport (IPCC WG1 5th Assessment Report; Bindoff et al., 2013). On peut une fois de plus douter de la pertinence de ces modèles qui orientent nombre de décisions à l'échelle planétaire tout en propageant une urgence climatique.

Ajout du 13 mars 2021 : Deux nouvelles études font référence au déclin naturel de la réflectivité des nuages et des aérosols et à l'augmentation conséquente du rayonnement solaire entrant ou de la durée d'insolation comme explication des tendances au réchauffement en Europe. Le CO₂ n'est même pas mentionné comme facteur de changement climatique. [Lire ici](#).

Ajout du 16 mars 2021 : A lire également [cet article](#) de Roy W. Spencer sur le site de l'Association des des Climato-réalistes.

Références

Bindoff, N.L., Stott, P.A., et al., 2013. Detection and attribution of climate change: from global to regional. In: Stocker, T.F., Qin, D., et al. (Eds.), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press,

Cambridge, UK and New York, USA.

Haashemi, S., Weng, Q., Darvishi, A., & Alavipanah, S. K. (2016). Seasonal variations of the surface urban heat island in a semi- arid city. MDPI – Remote Sensing, 8(4), 352.

Roth, M. (2013). Urban heat islands. Chapter 11. In H. J. Fernando (Ed.), Handbook of environmental fluid dynamics (Vol. 2, pp. 143–159). Boca Raton: CRC, Taylor & Francis Group ISBN: 978-1-4665-5601-0.

Soon W, Connolly R, Connolly M (2015) Re-evaluating the role of solar variability on Northern Hemisphere temperature trends since the 19th century. Earth-Science Reviews 150:409–452.

Sultana S, Satyanarayana ANV (2019) Impact of urbanisation on urban heat island intensity during summer and winter over Indian metropolitan cities. Environ Monit Assess (2019) 191(Suppl 3):789.

World Urbanization Prospects (2018) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects 2018: Highlights (ST/ESA/SER.A/421).

9. Ces quelques dixièmes de degrés qui nous font peur

Mis en ligne SCE : 23.04.2021

SCE a plusieurs fois abordé la curieuse notion d'une « température moyenne globale annuelle ou mensuelle » pour la planète (voir notamment [ici](#)). Rappelons d'entrée de jeu que la température est une grandeur intensive (voir par exemple [ici](#)) qui est par essence définie localement. Moyenner ces valeurs locales n'a donc pas de sens ([ici](#)), comme le souligne le Professeur Richard Lindzen qui se demande par exemple comment estimer une température moyenne, entre l'Everest et la Mer Morte (cf. la double photo ci-dessous).



Récemment le professeur Richard Lindzen a donné une [conférence](#) dans le cadre de l'association [Clintel](#), et à l'aide de quelques figures reproduites ici il a (dé)montré le non-sens de la notion d'une 'température moyenne globale'. Les figures ci-dessous (Figs. 1 et 2) donnent l'enregistrement de la température pour environ 3000 stations sur un minimum de 100 années par station. La dispersion des valeurs de la température étant importante, les moyennes annuelles (Fig. 1) ou saisonnières (Fig. 2) sont calculées sur 30 ans pour chaque station, et la moyenne des écarts par rapport à la moyenne est finalement tracée. Dans les deux figures mentionnées ci-dessus, les données des stations sont représentées en noir et couvrent une période de 120 ans, les moyennes globales annuelles sont tracées en jaune (Fig. 1) et saisonnières en orange (Fig. 2). L'écart des anomalies est beaucoup plus important que l'écart plutôt faible des changements observés dans la moyenne dans chacun des deux cas. Bien que la moyenne (dans les deux cas) montre une tendance, la plupart du temps, il y a presque autant de stations qui se refroidissent que de stations qui se réchauffent, du moins jusqu'en 2000.

La Figure 1 donne l'enregistrement de la température annuelle d'environ 3000 stations sur un minimum de 100 années par station. **L'écart maximum des températures à l'échelle annuelle est de l'ordre de 11°C (de -6°C à +5°C) ou plus communément de 6 à 7°C (d'environ -3,5 à presque +4°C).** On peut cependant y déceler un très léger réchauffement (presque 1°C/120 ans, soit 0,008°/an, en bon accord avec les données UAH rapportées par [Roy Spencer](#)).

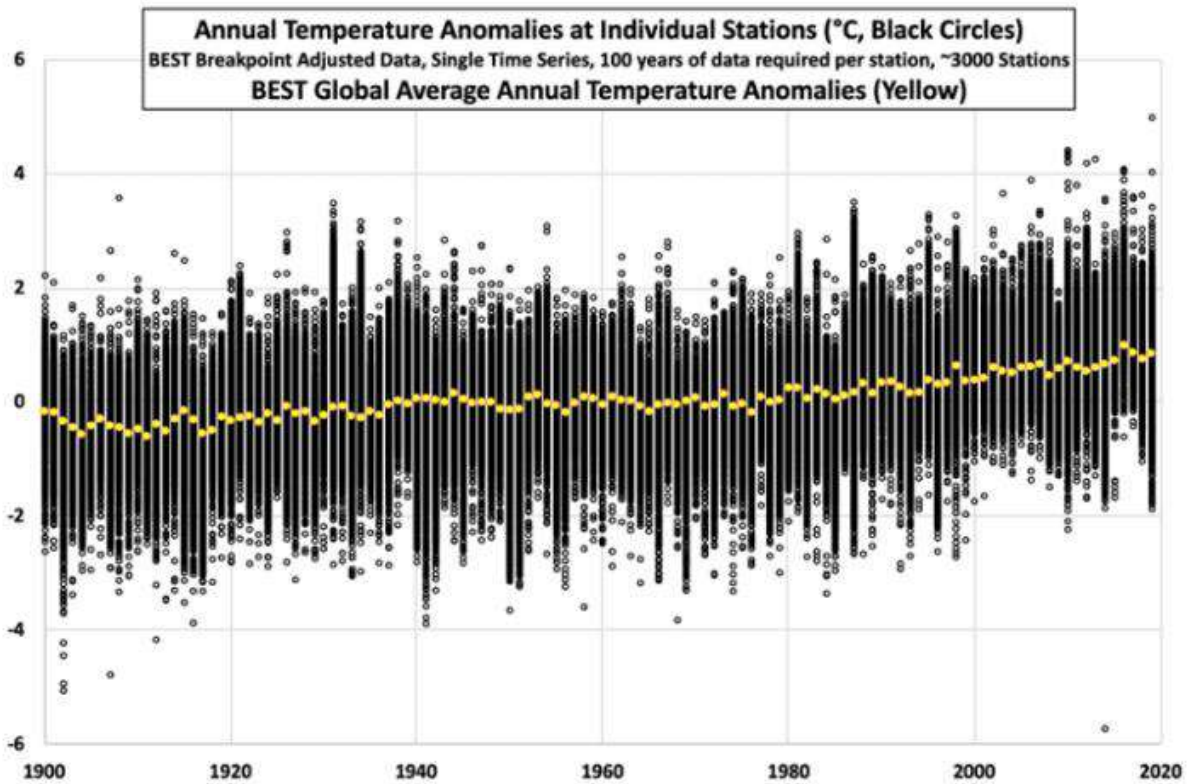


Figure 1 : Anomalies des températures annuelles pour près de 3000 stations. Les valeurs de températures proviennent de Berkeley ([BEST](#)).

La Figure 2 donne l'enregistrement de la température saisonnière d'environ 3000 stations sur un minimum de 100 années par station. **L'écart maximum des températures à l'échelle saisonnière est de l'ordre de 20 à 21°C (de -12°C à +8,5°C) ou plus communément de 15 à 16°C (d'environ -8 à presque +8°C).** On peut cependant y déceler un très léger réchauffement (très légèrement inférieur à celui de la figure 1, soit légèrement $<1^{\circ}\text{C}/120\text{ ans}$, ou $<0,008^{\circ}/\text{an}$).

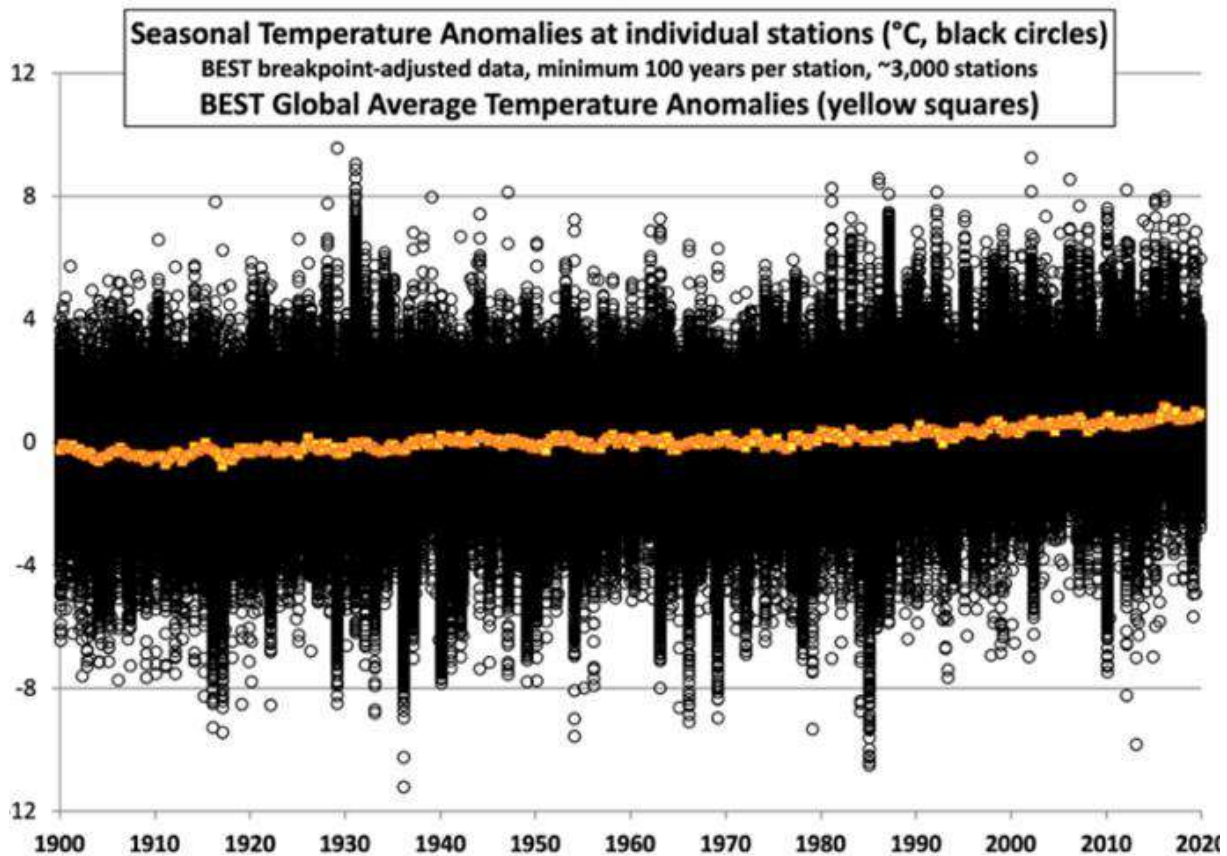


Figure 2 : Anomalies des températures saisonnières pour près de 3000 stations. Données provenant du même Centre de données que Figure 1.

Les Figures 1 et 2 montrent que la température moyenne au cours du temps a peu varié par rapport aux variations. Les courbes jaunes et oranges représentent l'état du climat au cours de chaque année. Nous verrons plus loin (Fig. 4) que les fluctuations à l'échelle d'une journée, d'une semaine ou d'une période plus longue s'écartent très fortement de la 'moyenne annuelle globale'.

Hélas, ce ne sont pas ces figures qui sont présentées dans les médias et dans les cercles scientifiques, mais c'est par exemple la Figure 3. Ce genre de figure change complètement la donne car l'échelle de l'axe des Y (températures) est alors amplifiée d'un ordre de grandeur, à savoir un facteur 10. L'échelle des températures moyennes globales s'étend ainsi (Fig. 3) de $-0,8^{\circ}\text{C}$ à $+1,2^{\circ}\text{C}$, avec des fluctuations de $0,1$ à $0,2^{\circ}\text{C}$. L'amplitude totale (ici 2°C), de même que les fluctuations n'ont rien de 'commun' avec les écarts mis en évidence aux Figures 1 et 2, soit 11°C et 16°C respectivement. **La courbe de la Figure 3 est beaucoup plus spectaculaire, alors que celles des Figures 1 et 2 représentent la situation réelle de notre ressenti quotidien, et se rapportent à des populations entières vivant au même moment avec des écarts 'saisonniers' de 16°C .** Notons également que l'écart maximum de 2°C présenté à la Figure 3 est légèrement exagéré (mais c'est celui repris par Lindzen qui ne donne aucune référence), car le réchauffement que cet écart illustre est plutôt de $0,8^{\circ}\text{C}$ en 150 ans ([ici](#) ou [ici](#)).

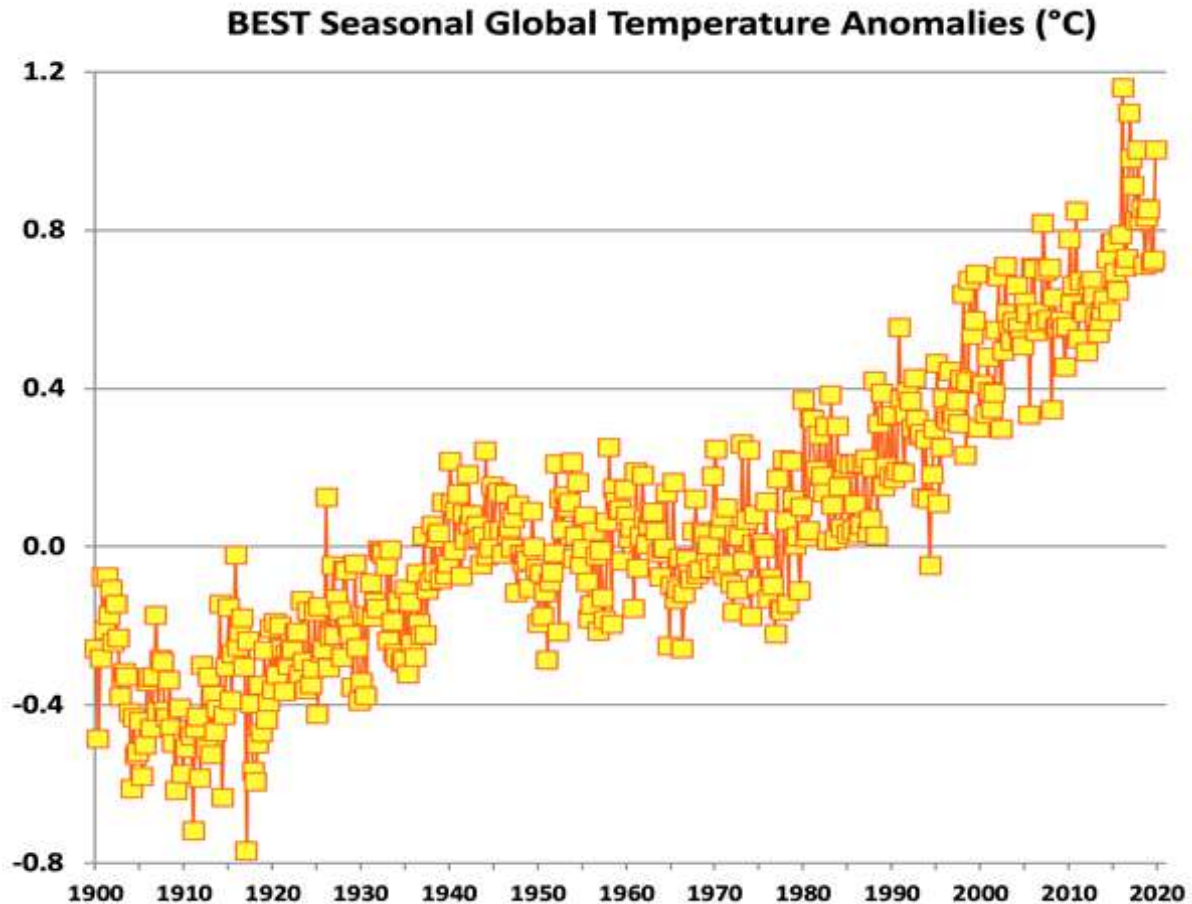


Figure 3 : Anomalies des températures annuelles sur une échelle écartée d'au moins un facteur 10 des températures.

Le changement total de la moyenne est bien inférieur à ce que chacun d'entre nous peut ressentir quotidiennement, hebdomadairement, ou encore sur une plus longue période (cf. Fig. 4). Egalement se reporter à [Spencer](#) pour plus de détails sur l'amplitude 1900-2020.

La dernière figure (Fig. 4) se veut une bonne confirmation de ce que les Figures 1 et 2 ont montré. Elle donne pour 14 villes américaines les fluctuations de température au cours de différentes échelles temporelles (horaire, lever du soleil jusqu'à l'après-midi, moyennes de janvier à moyennes d'août, matinées de janvier jusqu'aux après-midi de juillet, moyennes annuelles les plus froides vis-à-vis des plus chaudes, des maxima les plus froids vis-à-vis des plus chauds). Ces écarts sont à comparer avec l'épaisseur du trait noir qui donne la variation totale de la 'moyenne globale' au cours des 120 dernières années. On voit immédiatement que cette 'moyenne globale' et sa variation (cf. également Figs. 1 et 2) sont insignifiantes par rapport aux autres fluctuations rapportées dans les 14 villes.

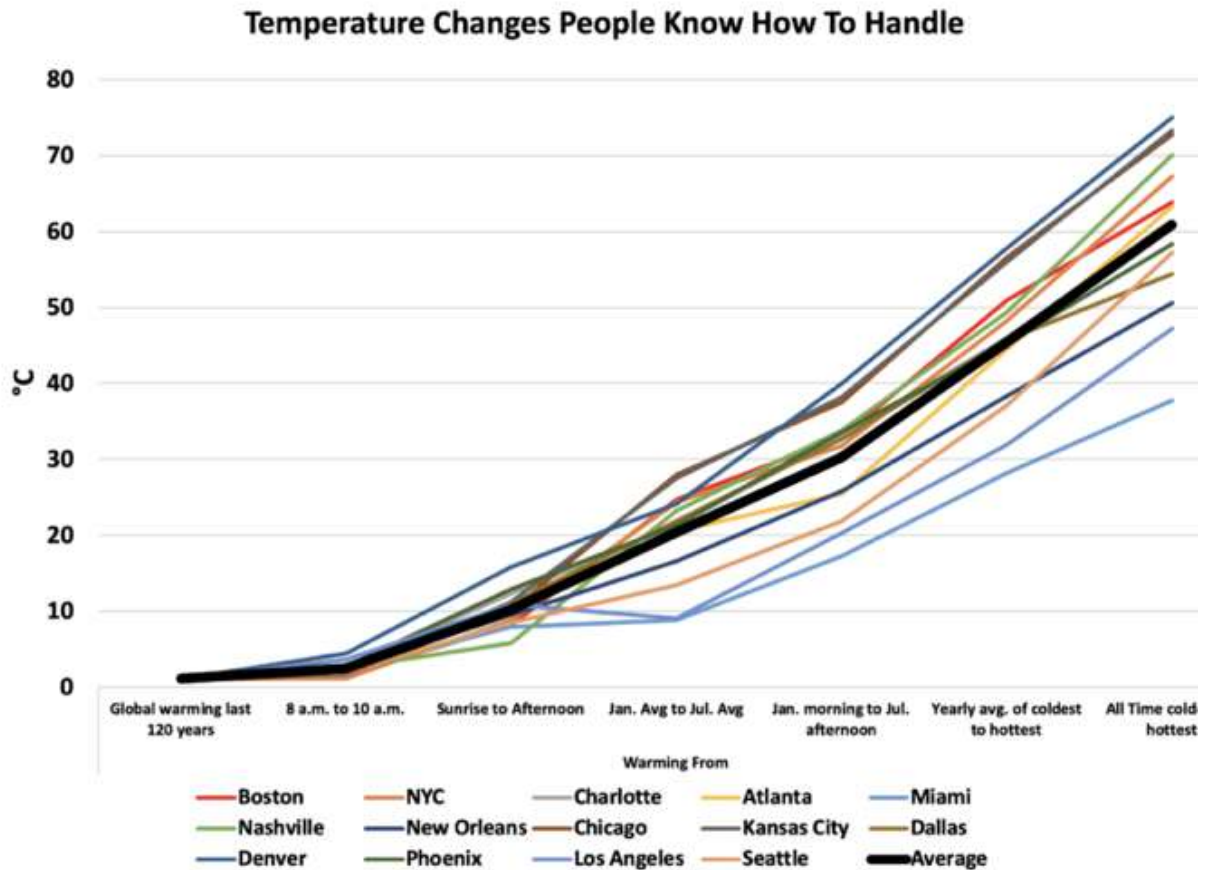


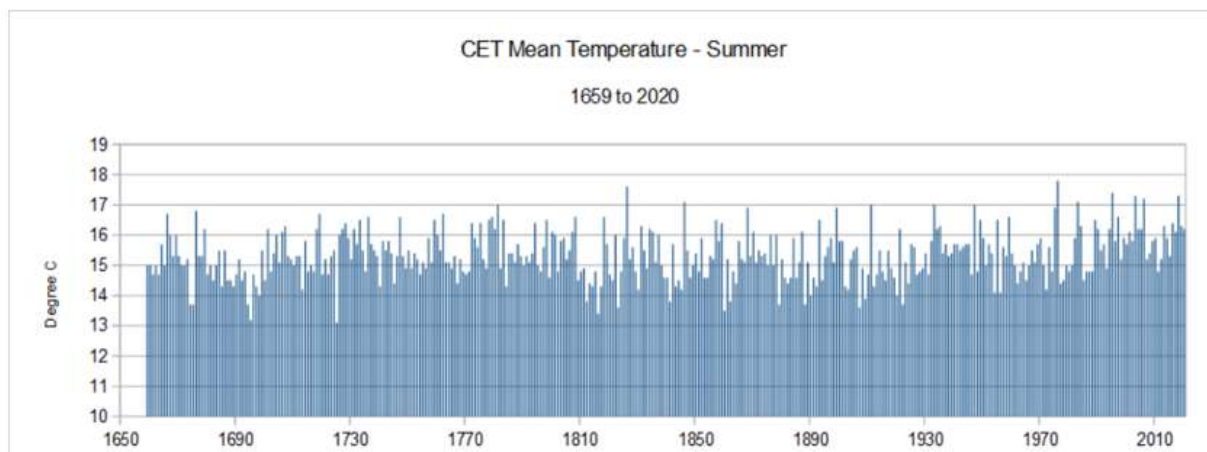
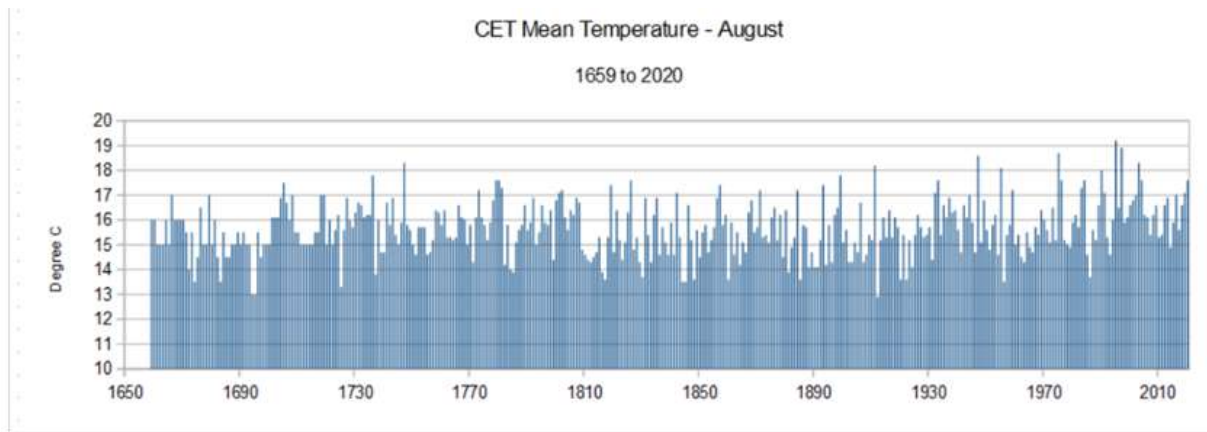
Figure 4 : Intervalles des températures pour différentes périodes temporelles dans 14 villes américaines et moyenne (trait noir) au cours des 120 dernières années. NB. L'écart des températures de gauche à droite ne reflète que la durée des périodes considérées, et ne représente en rien une suite chronologique (par années). On voit 'simplement' que le réchauffement total des 120 dernières années, représenté par le trait noir, est insignifiant face aux durées temporelles considérées, quelles qu'elles soient, et qui caractérisent nos activités humaines au quotidien.

En conclusion, cette démonstration assez simple, faisant fi d'un éventuel rôle du CO₂, est celle du bon sens tout court et de l'art de la présentation des données : pourquoi élargir l'échelle des températures d'un facteur 10 et placer 'le débat' en dixièmes de degrés, alors que nous vivons en permanence dans une fourchette de variations de température d'un autre ordre de grandeur. Le bon sens de tout un chacun doit ou devrait nous inciter à réfléchir et se demander comment quelques dixièmes de degrés peuvent engendrer une telle peur dans nos populations. **Apprenons à réfléchir en terme local basé sur les observations et non sur base de modèles fondés sur des hypothèses, invérifiables.** Nombre de situations actuelles n'ont-elles pas déjà été rencontrées et bien documentées à l'échelle historique, voire au-delà?

Rappelons que SCE n'a jamais nié un réchauffement actuel, mais non seulement il est minime mais il ne date pas d'aujourd'hui, ayant débuté au sortir de Petit Age Glaciaire ([ici](#)).

ADDENDUM

L'enregistrement historique le plus continu (= sur la plus longue période) de moyennes de températures est celui de l'Angleterre, (cf. figures ci-dessous concernant le mois d'août et l'été, voir [ici](#) également le [MET Office](#)) qui couvre la période 1660 à aujourd'hui.



<https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/data/download.html>

A titre d'exercice placez-vous même une droite horizontale épaisse de quelques dixièmes de degrés à l'échelle de la figure ci-dessus pour vous convaincre que selon cette méthode objective, dans une échelle de température qui fait sens pour les différents milieux occupés par l'espèce humaine, rien de dramatique n'est à craindre ([ici](#)).

... et ceci ne concerne qu'un pays ou une région à l'échelle de la planète ..., autrement dit les écarts par rapport aux différentes moyennes temporelles seront en encore plus grands si l'on considère les différentes zones terrestres (et océaniques), rendant encore plus insignifiant l'importance du réchauffement de quelques dixièmes de degrés, voire de 1 degré, sans compter qu'à l'échelle géologique (Pléistocène) de nombreuses périodes de réchauffement extrême avec des hausses de plus de 8°C en 40-50 ans se sont déjà produites ([ici](#)).

10. La 'température moyenne globale' est en train de chuter !

Mis en ligne SCE : 28.15.2021

Depuis février 2020, la « température moyenne globale » de la basse troposphère chute de manière presque constante, et cela ne semble pas terminé. Si l'on consulte par exemple les données satellitaires (données UAH 6.0), on verra que l'anomalie de température de février 2020 était de $+0,59^{\circ}\text{C}$ alors qu'en avril 2021 elle était à $-0,05^{\circ}\text{C}$, ce qui fait une **chute de $0,64^{\circ}\text{C}$ en seulement un an et deux mois** (Figure 1). Pendant ce temps, le taux de CO_2 atmosphérique global (mesuré à Mauna Loa, données [ici](#)) a augmenté significativement de 413,52 ppm à 415,93 ppm, soit une **augmentation de plus de 2 ppm**. Nous voyons donc que le taux de CO_2 atmosphérique peut augmenter avec une température **globale** qui chute drastiquement de $0,64^{\circ}\text{C}$ en environ un an.

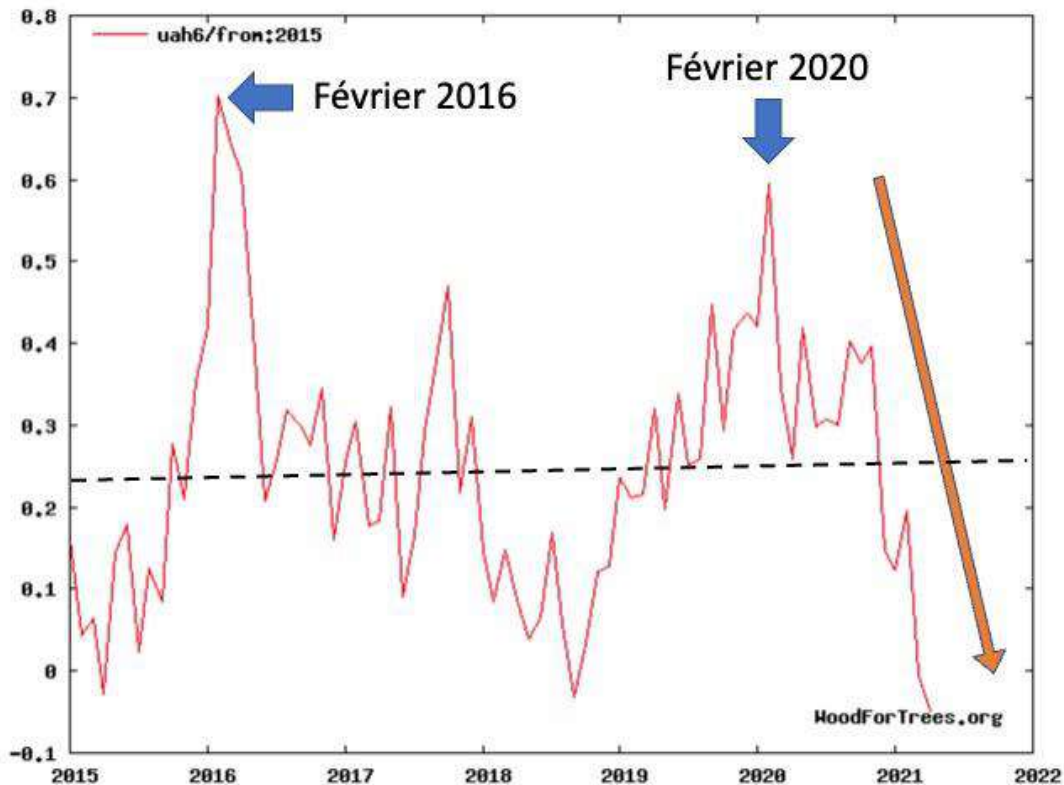


Figure 1. « Température moyenne globale » de la basse troposphère (anomalies, données UAH 6.0) en fonction du temps entre 2015 et aujourd'hui (mai 2021). La flèche orange indique la chute brutale de température. La ligne en pointillés est la courbe de tendance tracée parmi les données (moindres carrés, pente : $0,006 / \text{an}$).

Notons que SCE a plusieurs fois abordé la curieuse notion d'une « température moyenne globale annuelle ou mensuelle » pour la planète (voir notamment [ici](#) et [ici](#)). Rappelons également que les relevés de températures publiés ne représentent pas les valeurs absolues des températures mais les écarts par rapport à une moyenne relative à une époque antérieure. Ces écarts sont baptisés « **anomalies** ». La base choisie pour les données HadCRUT est de 30 ans, entre Janvier 1961 et Décembre 1990. Pour les données satellitaires UAH, la base est de 20 ans et va de janvier 1979 à Décembre 1998 (mais cela va changer, lire [ici](#)).

Consultons maintenant les données des stations terrestres, comme par exemple celles de HadCRUT4. Nous pouvons également y voir une chute de la 'température moyenne globale' entre mars 2020 et aujourd'hui (Figure 2). De $+1,02^{\circ}\text{C}$ en mars 2020 on est passé à $+0,51^{\circ}\text{C}$ en décembre 2020, soit une **chute de $0,51^{\circ}\text{C}$ pour les thermomètres terrestres** (les données HadCRUT4 ne sont pas encore disponibles pour les trois derniers mois).

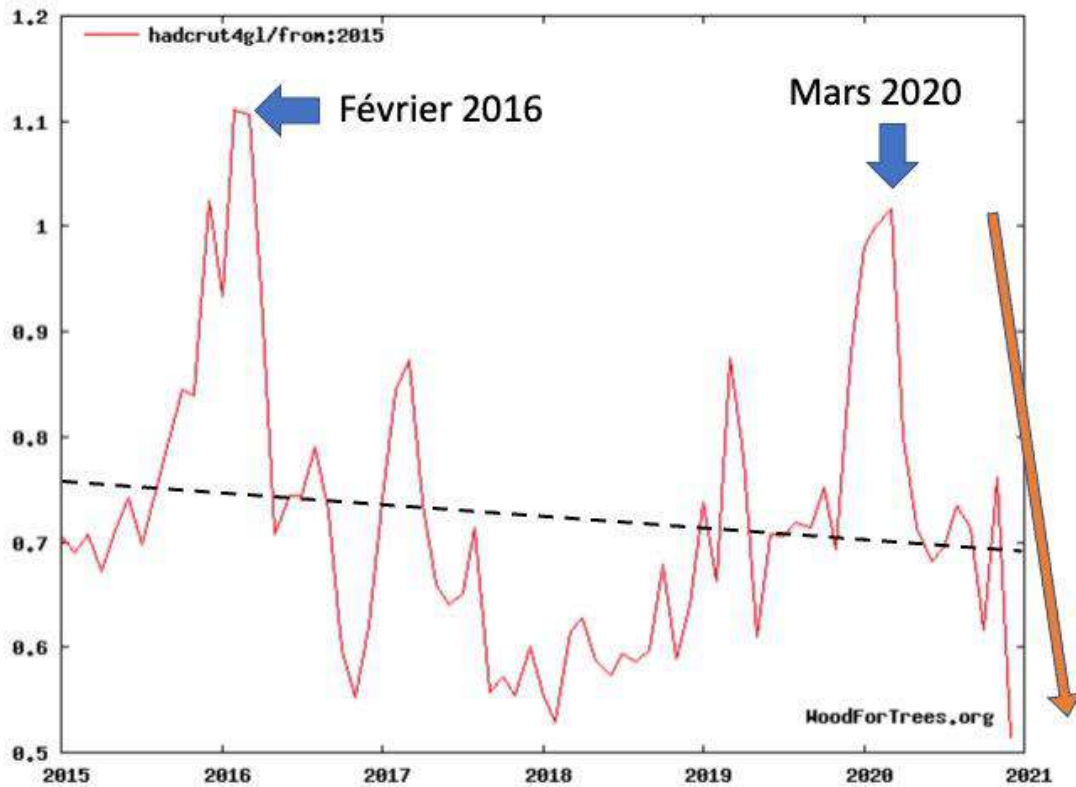


Figure 2. « Température moyenne globale » de la basse troposphère (anomalies, données HadCRUT4) en fonction du temps entre 2015 et aujourd'hui (mai 2021). La flèche orange indique la chute brutale de température. La ligne en pointillés est la courbe de tendance tracée parmi les données (moindres carrés, pente : $-0.010 / \text{an}$).

Prenons maintenant un peu de recul et examinons les données sur les **5 dernières années** : on constatera que la 'température moyenne globale' de la basse troposphère mesurée par satellite est restée stable (Figure 1, courbe en pointillés) ou a même légèrement diminué pour les stations terrestres (Figure 2, courbe en pointillés). Et encore une fois, durant ces 5 dernières années, le taux de CO_2 n'a fait que croître : de 402,46 ppm en janvier 2016 on est passé à 416,23 ppm en avril 2021, soit une **augmentation de 14 ppm en 5 ans**.

Regardons maintenant les données HadCRUT4 depuis 1958, année où les mesures du taux de CO_2 à Mauna Loa ont débuté (Figure 3). La 'température moyenne globale' de la basse troposphère a augmenté de **$+0,7^{\circ}\text{C}$** . Remarquons que nous sommes donc très proche des variations de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ en un an de la Figure 2. Pendant ce temps, le taux de CO_2 est passé de 314 à 416 ppm, soit une **augmentation de 102 ppm en 63 ans**.

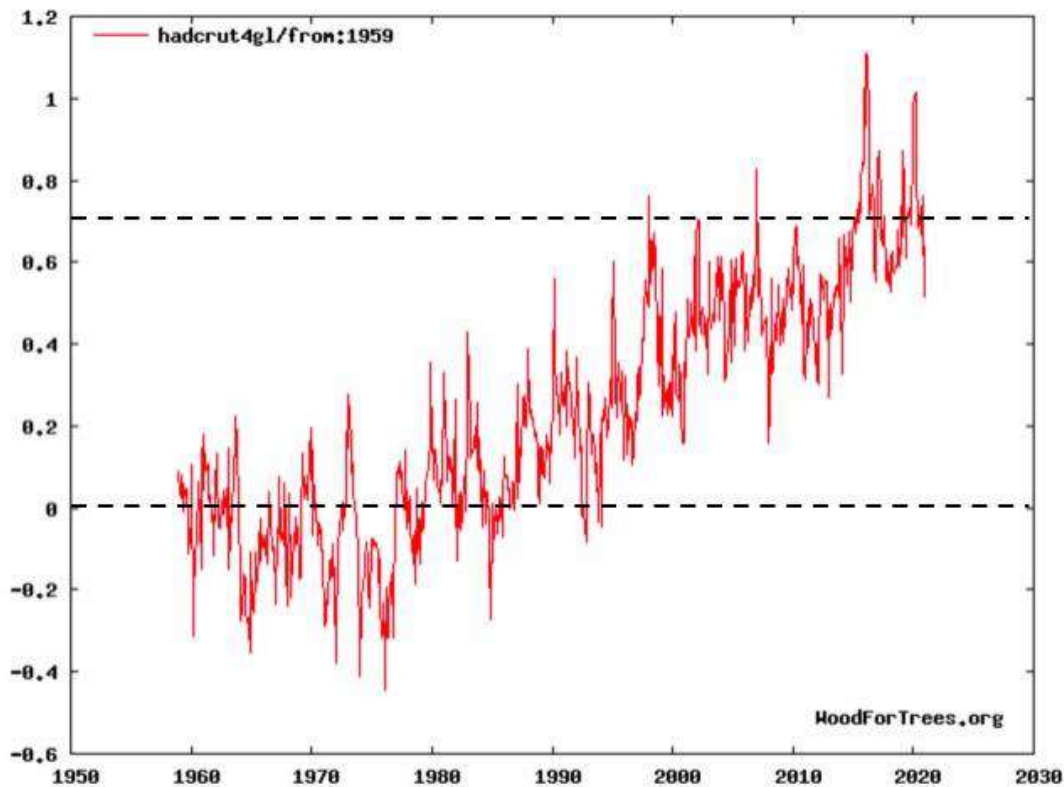


Figure 3. « Température moyenne globale » de la basse troposphère (anomalies, données HadCRUT4) en fonction du temps entre 1958 et aujourd'hui (mai 2021). Les deux lignes en pointillés (parallèles passant par 0 et 0,7) donnent une idée de l'accroissement de température observé en 63 ans par les thermomètres terrestres, soit +0,7°C.

Conclusion

- Il n'y a **pas de relation entre taux de CO₂ atmosphérique et 'température moyenne globale' de la basse troposphère**, que les mesures de température proviennent des satellites ou des thermomètres pour les stations terrestres. Le taux de CO₂ est sans cesse croissant, mais la température globale peut augmenter ou diminuer de $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ sur une période très courte de ± 1 an, rester stable pendant 5 ans, ou augmenter **de la même valeur** ($\pm 0,7^{\circ}\text{C}$) sur une période beaucoup plus longue de plus de 60 ans. Où est la logique?
- Encore une fois, tout ceci démontre que **le taux de CO₂ atmosphérique ne joue qu'un rôle mineur dans la « température moyenne globale » de la basse troposphère**, voire aucun rôle du tout comme le suggèrent l'analyse théorique du problème (voir [ici](#)), certaines publications récentes (e.g., [Schildknecht 2020](#)) ou encore le récent livre de Steven Koonin, physicien et spécialiste des modèles informatiques du climat ([ici](#)).
- Arrêtons donc de regarder le taux de CO₂ pour essayer d'expliquer la température du globe et focalisons-nous sur **tous les autres paramètres**. Parmi eux nous trouvons **l'eau** ! L'eau sous toutes ses phases (gaz, liquide, solide) est sans aucun doute l'élément le plus important pour comprendre le climat de la Terre. N'oublions pas que **la masse des océans est 260 fois supérieure à la masse de l'atmosphère** et que **l'océan englobe 94% de l'énergie thermique accumulée sur Terre contre 1% seulement pour l'atmosphère**. C'est l'eau qui est le « régulateur thermodynamique du climat » et non le CO₂. Pour plus de détails concernant l'importance des océans il suffit de consulter la

publication suivante, parue en mars 2021 dans le journal Water et en accès libre : [Koutsoyiannis 2021, Water 13\(6\)](#).

Finalement, tous les scénarios actuels sont basés sur une « température moyenne globale » dont l'évolution est à l'origine des [nombreuses catastrophes sans cesse annoncées](#). Nous venons de voir avec cet article que rien de concluant peut être déduit de cette évolution, qu'aucun lien avec le CO₂ n'est établi. Tout ceci démontre le non-sens physique d'une « température moyenne globale », comme déjà expliqué [ici](#) dans SCE. Il est grand temps d'en revenir aux fondamentaux de la physique!

[11. Dérapage médiatique : la courbe de Mann \(1/2\)](#)

Mis en ligne SCE : 11.06.2021

« Un froid sans précédent envahit l'Europe. Sur tout le continent européen, la majorité des nations subissent leur mois d'avril le plus froid depuis des décennies – environ 100 ans en Allemagne et au Royaume-Uni »(1).

« Un mois de janvier froid et très enneigé. (...) La courbe publiée par Météo- Suisse montre que c'est l'un des mois de janvier les plus froids de ces 120 dernières années. » (20 minutes)(2).

«Il faut se méfier des visions apocalyptiques: elles sont commodes pour manipuler les masses. »(Ingrid Riocreux) (3).

« Le processus d'examen du GIEC [de la courbe de Mann] présente des lacunes désastreuses. Le comportement de Michael Mann est une honte pour la profession... La base scientifique du protocole de Kyoto est grossièrement insuffisante. »

(Message de Hendrik Tennekes, directeur à la retraite de l'Institut météorologique royal des Pays-Bas)(4).

*« Entraîné par cette preuve de la puissance de la raison, notre penchant à étendre nos connaissances ne voit plus de bornes. La colombe légère qui, dans son libre vol, fend l'air dont elle sent la résistance, pourrait s'imaginer qu'elle volerait bien mieux encore dans le vide. C'est ainsi que Platon, quittant le monde sensible, qui renferme l'intelligence dans de si étroites limites, se hasarda, sur les ailes des idées, dans les espaces vides de l'entendement pur. Il ne s'apercevait pas, que, malgré tous ses efforts, il ne faisait aucun chemin parce qu'il n'avait pas de point d'appui, de support sur lequel il put faire fond et appliquer ses forces pour changer l'entendement de place. **C'est le sort ordinaire de la raison humaine, dans la spéculation, de construire son édifice en toute hâte, et de ne songer que plus tard à s'assurer si les fondements sont solides.** (Emmanuel Kant)(5).*

« Alors que l'élite, composée de personnalités, se coltine avec l'excellence, les élites elles, réfèrent au pouvoir et forment une caste. Elles détiennent la parole officielle et s'expriment souvent en groupe avec un effet de rouleau compresseur. Il en résulte ce politiquement correct qui pollue aujourd'hui la plupart des champs de la réflexion politique ou sociale. Dès lors, la lutte perdue d'avance que mènent ceux qui tentent de nager à contre-courant et dont l'esprit critique s'exprime malgré les anathèmes encourus relève du combat de David contre Goliath. Qui mieux que Jean Dutourd pour traduire cela : "La vertu demande le plus grand courage qu'un homme puisse montrer : celui d'être en désaccord avec l'esprit de son temps. Il est difficile de la pratiquer. Difficile et dangereux : le monde, contrairement à ce qu'on prétend, n'est pas rempli de loups, mais de moutons, qui sont des bêtes

bien plus dangereuses. Lorsque les moutons ne se jettent pas à la mer, ils organisent des tribunaux et pendent les fous qui ont la témérité de ne pas hurler avec eux. Car les moutons hurlent. Du moins au XXe siècle.” *Et que dire du XXIe siècle ? Le propre de l’élite est d’être habitée par le doute, démarche intellectuelle fondamentale. En face, les élites au contraire ne doutent plus, elles assènent. (...) Aux points d’interrogation, elles répondent par des points d’exclamation. (...) Dans une démocratie, cette asphyxie de la controverse nuit à la réflexion citoyenne qui, par définition, doit s’intéresser à tout ce qui relève du bien de la cité. »*
(Marie-Hélène Miauton)(6).

Introduction

*Le récent article publié par Le Matin Dimanche du 7 mars 2021 concernant les affaires du climat et la courbe dite « en crosse de hockey », aussi nommée « courbe de Mann », nécessite que l’on rappelle **les grandes lignes de cette peu glorieuse histoire**. Nous le ferons aussi au long **des deux** Lettres d’information, qui suivront dans les jours qui viennent.*

*La première de ces trois Lettres propose **une analyse détaillée des neuf erreurs qui affligent l’article du Matin Dimanche**.*

*Dans la deuxième, nous présentons le contexte historique de **cet épisode dramatique pour la science que constitue l’irruption de la courbe de Mann sur la scène du débat climatologique**. Un épisode qui fut à l’origine de l’incroyable marée de fake news et d’informations frelatées qui embuent aujourd’hui le regard de la majorité des gens. Dans cette partie, il sera aussi question des données techniques supportant les affirmations développées dans cette première Lettre (7)*

*Dans la troisième Lettre du triptyque, **nous ferons connaissance avec quelques-uns des éléments du vaste ensemble de critiques adressées à l’endroit de la crosse de hockey, critiques qui la rendent non seulement inutilisable mais encore nuisible** dans le débat en cours aujourd’hui autour de la question climatique.*

*Disons pour terminer cette introduction que **l’auteur de l’article du Matin Dimanche est visiblement dans l’ignorance complète de la question dont il traite**. Ou plutôt, ce qu’il croit savoir est recouvert de tant de fausses informations, que tout accès à la vérité lui est interdit. Ce qu’on ne saurait lui reprocher vu la complexité du sujet et le matraquage médiatique dont la question climatique fait l’objet. En revanche, **le code déontologique de la profession aurait dû l’inciter à consulter d’autres sources**, à s’enquérir des positions opposées, dont les représentants sont des milliers.*

Préambule

En préambule, il convient de situer la courbe de Mann dans la saga de la climatologie officielle, réservant les détails techniques et historiques pour les deux *Lettres* qui suivront.

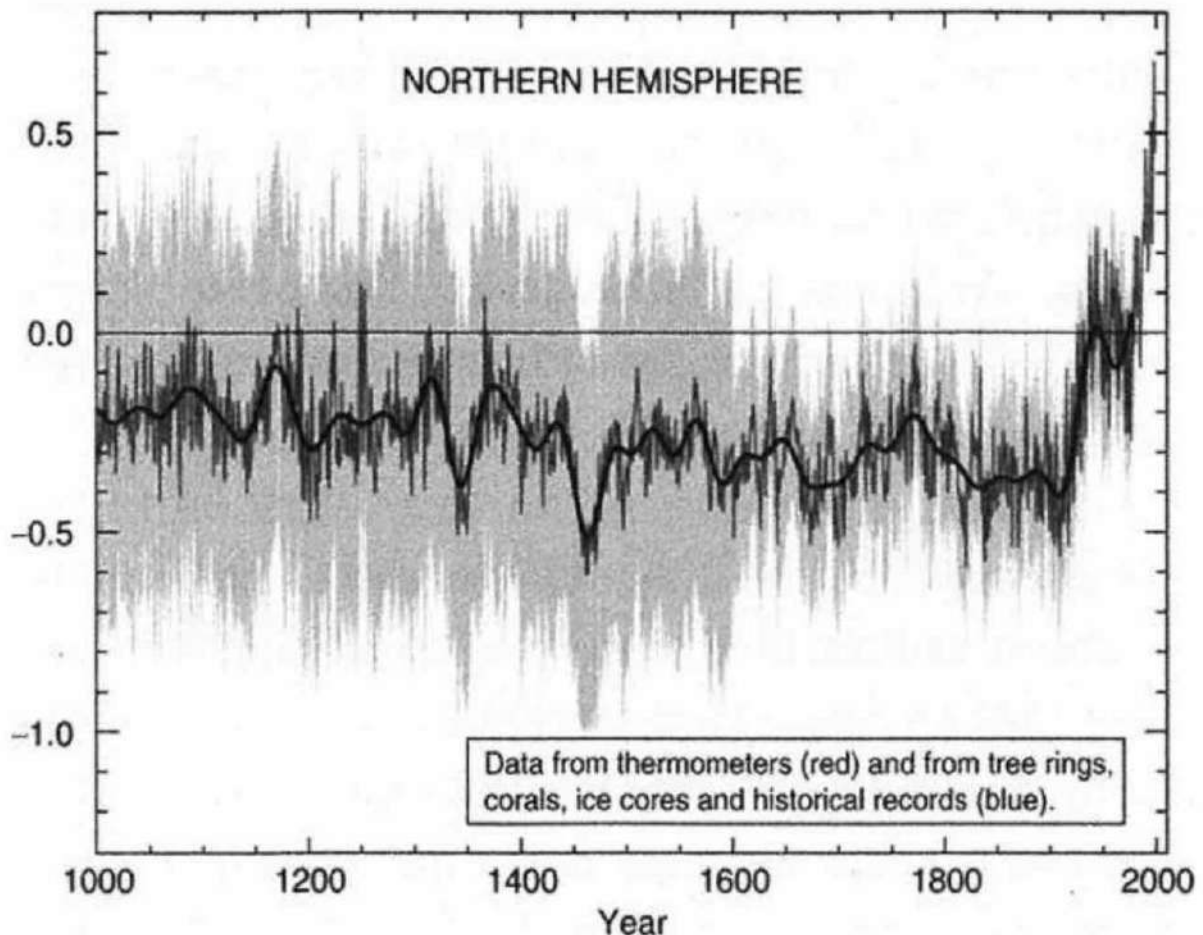
En 1995, l’existence d’une période chaude entre le IXe siècle et le XVe est admise sans réserve. Une existence qu’attestent des travaux variés appartenant à des disciplines différentes. Cette période est appelée le « petit optimum du Moyen Âge ».

Dans son premier rapport de 1990 (AR1), le GIEC lui-même admet l’existence de tels optima dans des temps anciens (voir *Lettre 18*). Nous sommes alors dans la période charnière qui voit le **basculement**

des sphères dirigeantes du GIEC vers la face idéologico-politique, dominante aujourd'hui. Il est probable que c'est à ce moment que l'idée d'une culpabilité du CO₂, en se radicalisant, a fait son chemin dans le système causal du réchauffement climatique. La cohabitation d'une période chaude avec une absence d'industrie humaine produisant du CO₂ devient insupportable, une détestation quasi obsessionnelle de ce gaz nécessaire à la vie se met en place. Ce moment si singulier, qui voit une idéologie prendre la science en otage, mériterait une digression (8).

C'est sur ces entrefaites que surgit Michael E. Mann, avec sa providentielle courbe de reconstruction des températures en forme de crosse de hockey, qui gomme (9) purement – si l'on peut dire – et simplement le petit optimum du Moyen Âge.

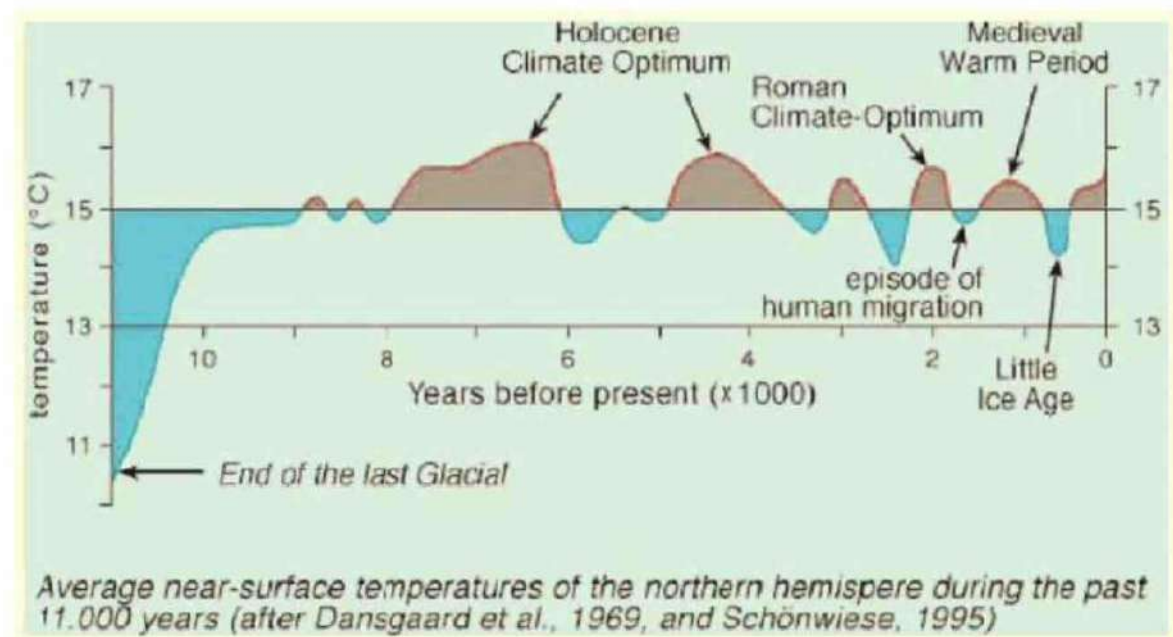
Une courbe de reconstruction des températures passées (nous sommes là dans la paléoclimatologie), qui traduit la relation entre la date et la température, constitue la manière la plus simple, et la plus compréhensible, de visualiser le phénomène de ces réchauffements / refroidissements au cours du temps. Ses fondements historiques se trouvent dans les travaux de E. Le Roy Ladurie et de H.H. Lamb (10). Ainsi, la première courbe que l'on peut voir ci-après, qui apparaît dans le premier rapport du GIEC de 1990, rend compte du réchauffement médiéval et du petit âge de glace (11).



Sur la figure ci-dessus : la courbe en crosse de Mann, appelé MBH98 ou MBH99, selon la version.

La différence entre les deux courbes est patente. La courbe de Mann est un authentique – si l'on peut dire – *deus ex machina*, avec les carburants qui la font fonctionner : des données inadaptées et qui sentent la fabrication, des méthodes statistiques minables. Nous étudierons tout cela à loisir. Après une « analyse succincte des erreurs de l'article du *Matin Dimanche* » je présenterai d'autres

graphiques. Afin de ne pas laisser des doutes dans l'esprit des lecteurs que la vérité intéresse, je donne d'ores et déjà le graphique suivant dont l'origine est chez le grand climatologue Willie Dansgaard (13).



Analyse succincte des erreurs de l'article du *Matin Dimanche* Je reprends ici pour les analyser, la dizaine d'erreurs qui affectent l'article du *Matin*

[... suite sur le .pdf \(14 pages\).](#)

12. Dérapage médiatique : la courbe de Mann (2/2)

Mis en ligne SCE : 18.06.2021

« Bien qu'il soit devenu courant de craindre le réchauffement, il convient de noter que le réchauffement d'environ 1 °C depuis le XIXe siècle s'est accompagné d'une amélioration de tous les indices du bien-être humain (y compris la qualité de l'environnement). » (Prof. Richard Siegmund Lindzen, MIT)

« L'abattement des nations européennes est frappant alors que nous bénéficions encore d'une douceur de vivre sans pareille : partout la culture de la plainte prédomine. (...) On y retrouve [dans l'écologie devenue une idéologie globale] tous les travers du marxisme appliqués à l'environnement : le scientisme omni- présent, les visions effroyables de la réalité, l'admonestation aux hommes coupables de ne pas comprendre ceux qui leur veulent du bien. Toutes les sottises du bolchevisme, du maoïsme, du trotskisme sont en quelque sorte reformulées au carré, au nom du salut de la planète. » (Pascal Bruckner)

Dans la *Lettre 17*, nous annonçons un triptyque de *Lettres* dont l'objectif était d'abord de corriger les erreurs figurant dans un article du journal *Le Matin Dimanche* relatif à la courbe de Mann. Ces corrections s'appuient sur des éléments du dossier que l'auteur de l'article ignorait, ce qui pouvait

aussi être le cas de nos lecteurs. Combler cette lacune est précisément l'objet des *Lettres 18* et *19*. Ces développements valent aussi par leur place dans le débat climatique d'aujourd'hui, une place que l'on peut qualifier de centrale eu égard à leur rôle dans la politisation de ce débat et dans la tournure polémique qu'il a prise.

Introduction

Le phénomène climatique, qui met aujourd'hui le monde sens dessus dessous, gravite autour de deux questions, fondamentales dans ce contexte :

– Le réchauffement climatique, 0,7 degrés en 120 ans [14], est-il un épisode unique dans l'Histoire de l'Homme, et notre époque est-elle la plus chaude jamais enregistrée, comme on le répète *ad nauseam* de nos jours ?

– Le dioxyde de carbone (appelé aussi gaz carbonique et noté CO₂) d'origine anthropique est-il responsable de ce réchauffement ?

Si l'on répond par la négative à **l'une ou à l'autre** de ces deux questions, le branle-bas de combat qui agite aujourd'hui la Planète perd son sens. Ce qui **n'empêche bien sûr pas que demeurent urgents et lancinants les problèmes de la vraie pollution**, le CO₂ étant un gaz nécessaire à la vie, un fertilisant et non un polluant.

La réponse à ces questions relève de l'histoire du climat, une discipline relativement nouvelle. En effet, jusqu'à récemment, si l'on excepte les études sporadiques et locales, le sujet (qui engage de nombreuses disciplines scientifiques) n'était pas envisagé, du moins dans sa globalité [15].

Comme on aime les dates précises, je ferai remonter le début de l'Histoire du climat à la *Conference* qui se déroula à Aspen (Colorado) du 11 au 24 juin 1962 [16]. (« Conference on the Climate of the Eleventh and Sixteenth Centuries »). Organisée par divers groupements scientifiques des USA, elle se proposait « de résoudre le problème des fluctuations climatiques récentes. » Ainsi que l'écrivait H.H. Lamb [17] dans le sillage de cette Conférence (p. 14) : « Jusqu'à une date récente, il était largement admis que le climat européen n'avait pas subi de variations significatives et que, depuis environ 2500 ans, il était effectivement constant ou stable. »

Mais au-delà de l'information chronologique qu'elle contient, la **Conference d'Aspen intéresse notre histoire par le choix des siècles retenus pour son champ d'étude**. Ces deux siècles ont été explicitement choisis pour le contraste qu'ils montrent dans leur climat, l'un, le XVI^e comme exemple d'une période très froide – ce qui était attesté depuis longtemps déjà –, l'autre pour apporter la comparaison, et donc chaude.

Pour lire la suite, téléchargez [le PDF de l'article](#).

[13. How to build your hockey stick graph](#)

Mis en ligne SCE : 16.08.2021

Introduction

This note is a reaction to the reintroduction by IPCC in the SPM (Summary for Policy Makers) of AR6 of a hockey stick curve, initially introduced by Michael Mann in AR4, and that disappeared in AR5, after the devastating analysis made by Mc Intyre and Mc Kritick, showing the methodological flaws made by Michael Mann. *This new curve does not seem to appear in the extended report AR6*, inducing some doubt about its scientific meaning, but at the same time underlying the political use IPCC intends to make of it, as a weapon of mass manipulation aimed to alert the media and afraid people.

All this justifies some deeper insight in the methodologies used by IPCC to generate this figure.

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and **observed** (1850-2020)

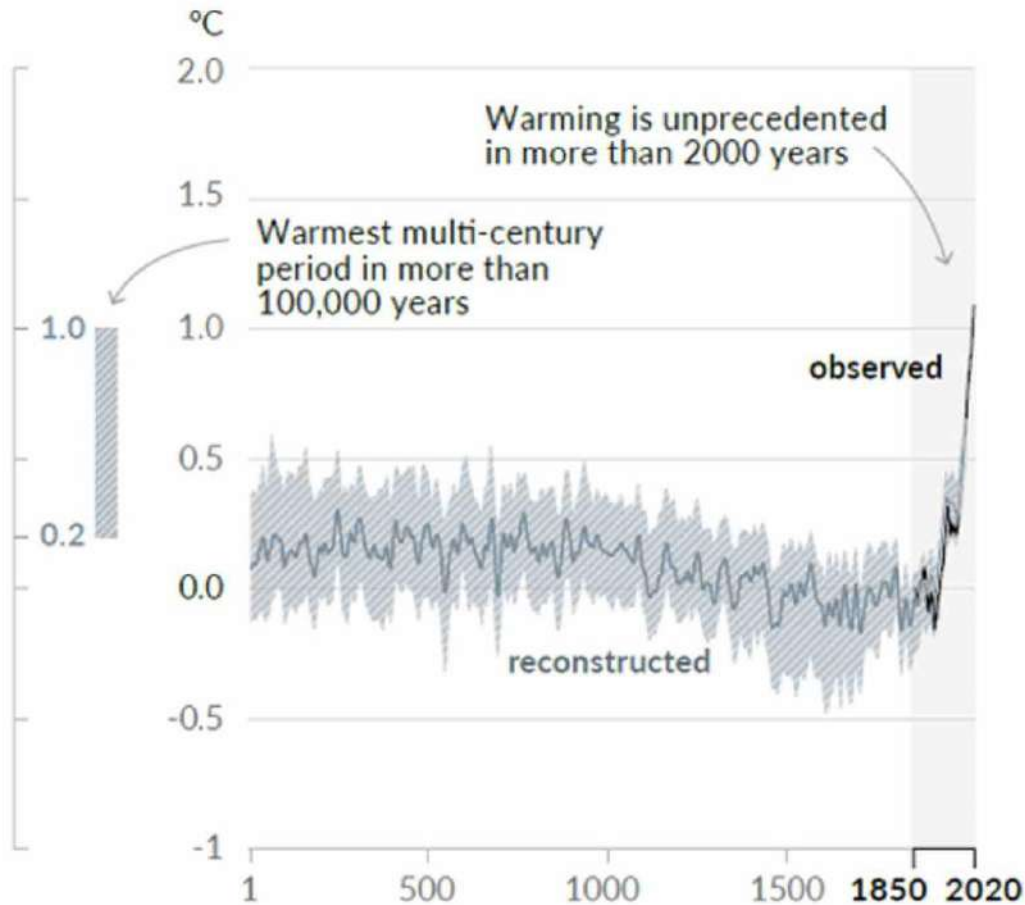


Fig 1- IPCC graph from SPM AR6 (source: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>)

Steve McIntyre debunked already scientifically this new hockey stick curve in <https://climateaudit.org/>.

In this note, we want only to demonstrate, by making use of a fictive example, some common methodological tricks used to build such a curve. For the fun of the exercise, *we will put ourselves in the shoes of an IPCC climatologist discovering data science*, through some vulgarization book such as “data mining for dummies” or equivalent. These parodic parts of the paper are written in italic and put in word boxes to avoid any confusion.

The illustrative case

In this paper, It has been assumed that the temperature anomalies history could be reasonably simulated by superposing 3 sinusoids, allowing to reproduce very approximatively the medieval optimum (~ year 1350), the Maunder (~ year 1650) and Dalton (~ year 1820) minimums and the present “pause (or “hiatus”) as shown on figure 2.

According to my distinguished colleagues of IPCC, those natural fluctuations must be separated from the anthropic contribution; these natural fluctuations must be considered as insignificant noise and handled as such.

Table 1 gives details on the parameters used to construct these sinusoids.

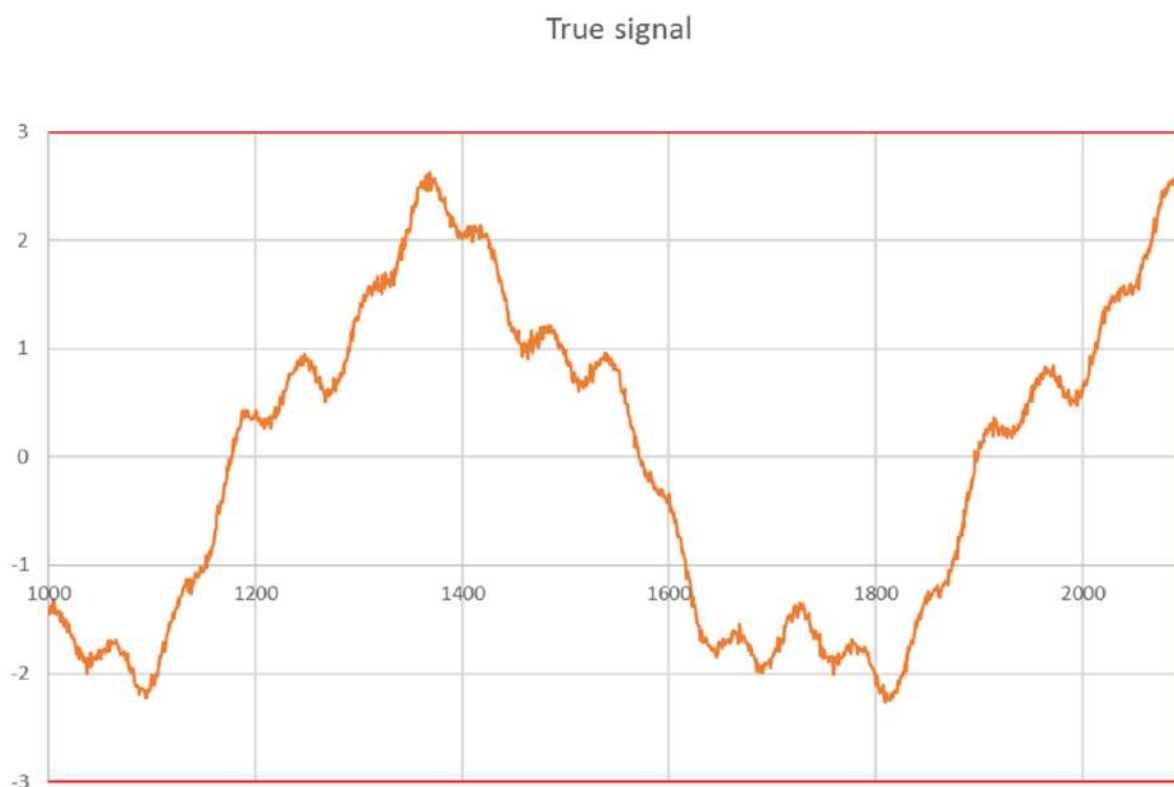


Figure 2- simulated temperature record made by making use of 3 sinusoids.

Amplitude	2	0.4	0.2
Period (years)	725	180	60
initial phase (degrees)	260	60	60

Table 1- Parameters of the 3 sinusoids used in the model

The data used by IPCC for constructing this curve are a combination of many proxies for the data from the past, and direct temperature measurements for the most recent data (after 1980).

Proxies, as their name indicates it, are approximative estimators of temperature, but unfortunately, also, for some of them, of other factors like humidity, etc. The measurements made through those proxies are thus seriously corrupted by noise.

In the present paper, the measurements given by 50 proxies have been simulated by multiplying the “true signal” by random noise. This multiplication corresponds to calibration errors of the proxies. For the case considered, these random variables were ranging from -2 to +2 and spread over a period of 1100 years, lasting from year 1 000 to 2 100, with a time resolution of one year.

Fig 3 shows the “measured data” as collected from the 50 individual proxies.

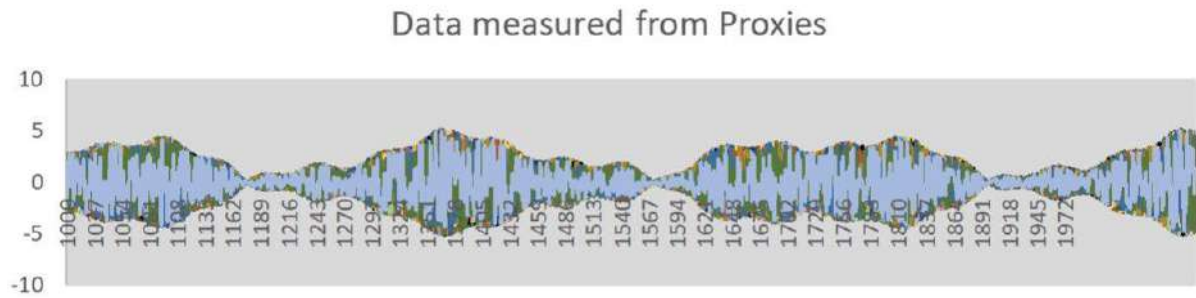


Fig 3- Data collected from the 50 different proxies

We all know at IPCC that proxies are noisy. So, let us calculate their mean and standard deviation, as learned in secondary school.

For each year, the mean value, standard deviation and confidence intervals of the “measured” data have been constructed. Arbitrary, the confidence intervals were defined as the mean value + – the standard deviation, even though the distribution of the “measured” data is uniform around the sum of the 3 sinusoids simulating the “true” data, and not a gaussian distribution.

Data reduction

Fig 4 superposes the averaged simulated data as seen by the proxies to their mean standard deviation. Some points of the simulated data exceed the limits given by the standard deviation.

In the vulgarization book I opened to learn a little bit about data mining (not my speciality I am a glaciologist), I discovered that you need to clean your data and remove outliers, that are considered as “rogue” points, because those points result probably from some experimental error. Also, strangely, my data seems to be “pulsed” in cycles.

I discovered, by having a look at Wikipedia, that a better way to clean the data containing some outliers and cycles, is to apply some detrending technique, and that using moving averages for this purpose is usual practise (https://en.wikipedia.org/wiki/Moving_average).

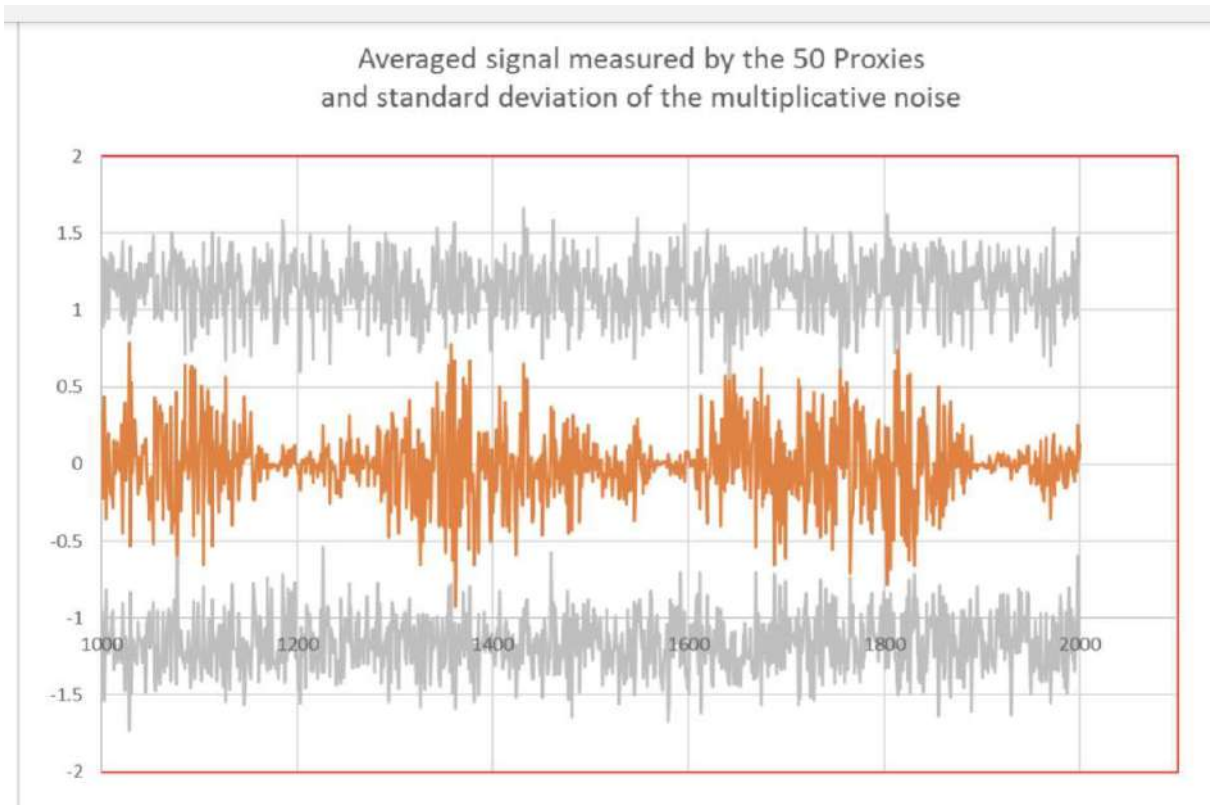


Fig 4- Summary of the data. In red, the “measured” data, and in grey the standard deviation of the proxies noise (and its symmetric). Some of the data fall out of the (approximative) confidence interval. The spreading of the data too is not constant over time, “justifying” some detrending operation for a data scientist that does not suspect the existence of natural cycles of importance.

Having in mind that the WMO has put the hedge between meteo and climate at a duration of 30 years, it seems logical and coherent to me to detrend the data by making use of a moving average of total length equal to 30 years, and eliminating this way any meteorological interference.

By analogy with the concept of global temperature anomaly (and I went again to Wikipedia to refresh my memory on this specific concept that we are using extensively at IPCC as sole climate indicator: https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature_anomaly), a smoothing of the data by backwards moving average appears to be the most indicated procedure. However, wanting to show my computer skills, I made the graph given in Fig 5, where I compare the averaged “measured” data to a backwards, forwards and centred moving average of 30 years. Obviously, the centred one gives the best adjustment, by reducing the “edge effects” at the beginning and the end of the time window considered; As I want to be considered as a perfectionist by my colleagues, I will adopt this procedure.

Having in mind also that my colleagues at IPCC are separating the anthropic contribution to climate change from the natural ones, and are only focusing on the first one, I am convinced that this centred moving average will provide a reliable image of the anthropic contribution to climate change; and obviously, there is consensus among us to admit that the anthropic contribution is neglectable before the industrial revolution, what the detrending procedure applied to my data will confirm, I am sure of it !!!

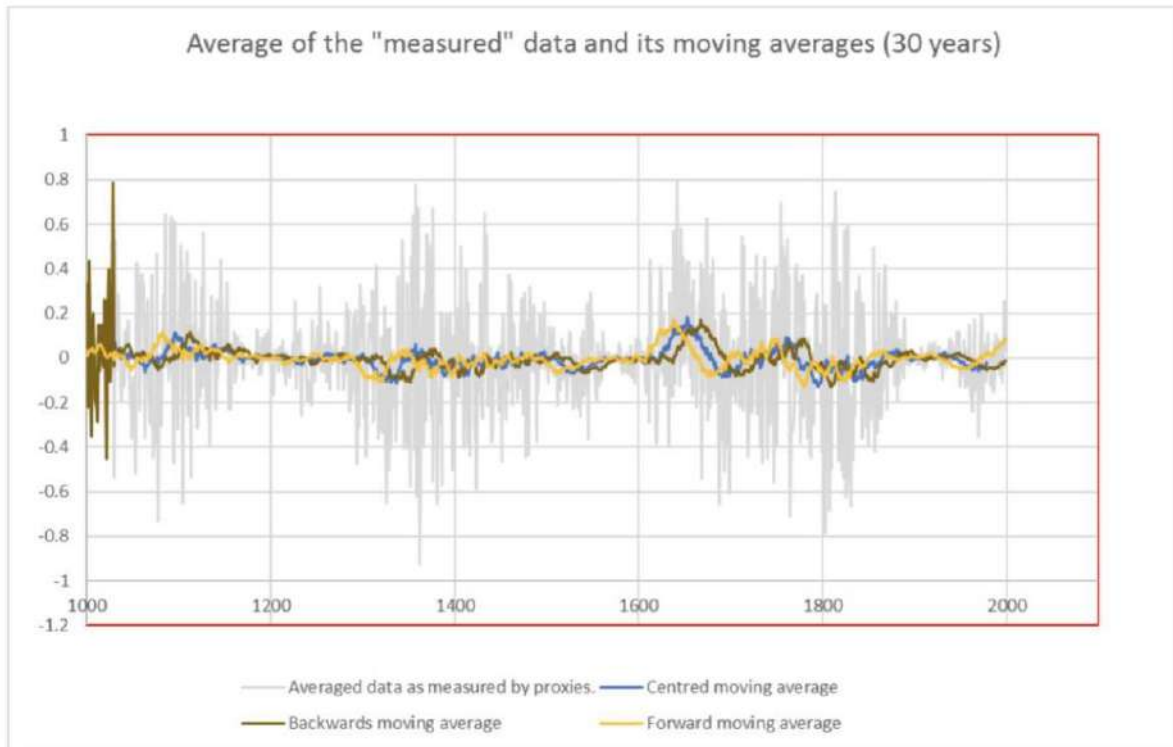


Fig 5- Data as measured by proxies, and 30 years moving average smoothing curves. The centered moving average reduces “edge effects” at the beginning and end of the time window.

Fortunately things improve over time regarding the precision of temperature measurements; Since 1980 we have reliable thermometers readings confirmed by satellite measurements provided by the NASA.

On the other hand, we all agree at IPCC that there is no other explanation to the huge and extremely fast increase in temperature we observed since that date, than a massive contribution of anthropic greenhouse gases.

Starting from 1980, our data represents thus the current anomalies, and it is perfectly legitimate to add the measured temperatures since that date to the detrended data from the proxies.

With such a curve, I am pretty sure it must be easy convincing the policy makers that will attend the coming COP26 in Glasgow to put a lot of money on table. This will, of course “cascade” in a way or another as nice further grants for my research activities, that remained quite confidential before the climate hype. If not, I will have to find another job.

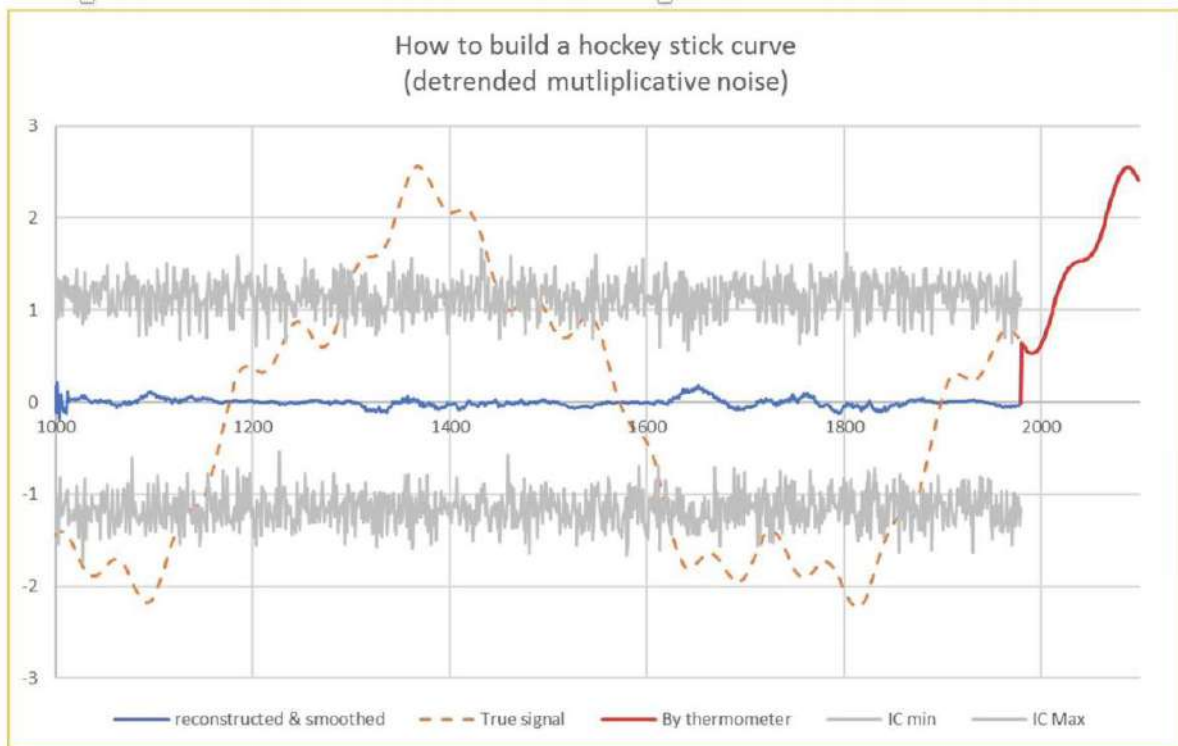


Fig 6- The hockey stick reconstructed. The grey lines give the confidence interval corresponding to proxies noise.

I am very happy to have been clever enough to detrend successfully the measurements made by proxies, otherwise, my graph would, of course, still have been convincing... but less, as shown on Fig. 7, and some climato-skeptics could focus on the remaining cycles, even if they are not very significant, falling inside the confidence interval, which allows me to consider them as noise.

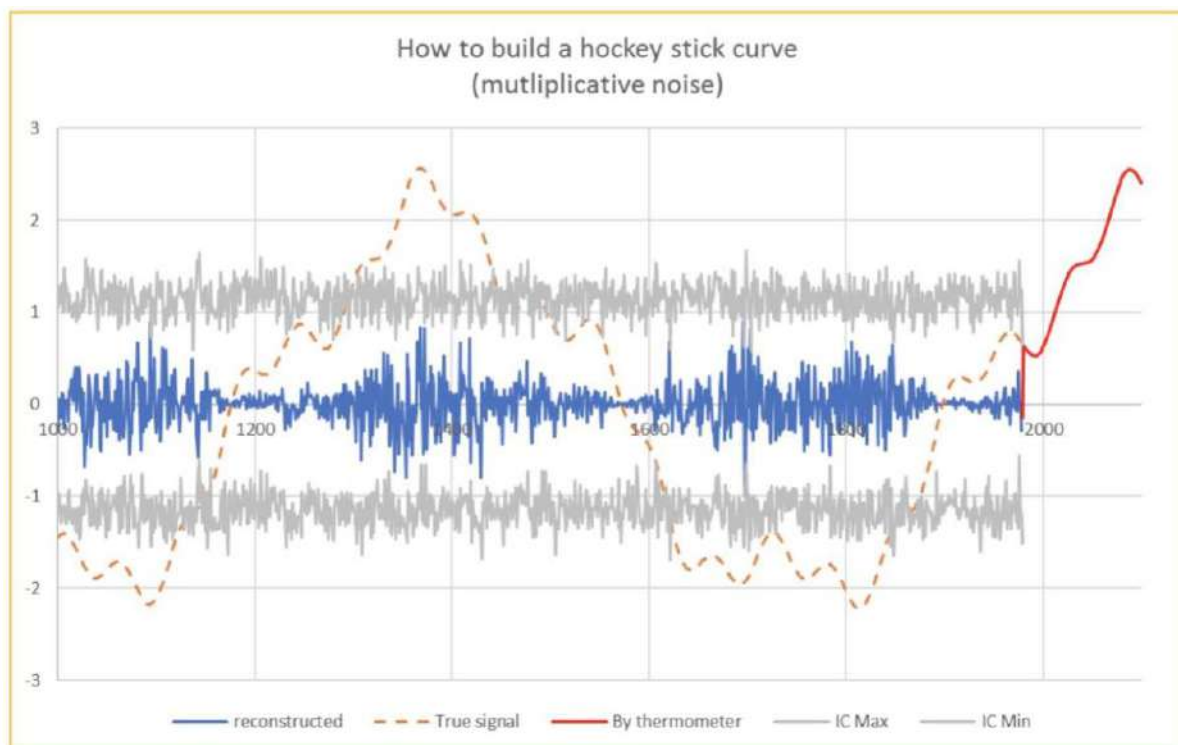


Fig 7- Measured data averaged over proxies and by thermometer after 1980

Conclusion

The hockey stick graph given in fig 6, which is supposed to be a reliable image of the “raw data” presented in fig 2, is a “fake” and results from misuse of data mining techniques, based on *fairy hypotheses* that cannot longer be accepted. As an exercise in critical thinking, the reader is invited to *find the intentional methodological bugs introduced in this parodic note*.

Additional material:

The figures of this note have been made on an Excel spreadsheet available on demand.

Conflict of interests

The author certifies that there is no conflict of interest, and that no funding has been provided from any source to cover this work.

Further reading

IPCC AR6 and SPM (Summary for Policy Makers) <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

J. Hyndman and G. Athanasopoulos, *Forecasting* <https://otexts.com/fpp2/>

14. Soleil, température et CO₂

Mis en ligne SCE : 25.03.2022

Avant-propos

Ce document est la synthèse d’une étude beaucoup plus détaillée qui est en cours de finalisation et sera publiée en format PDF dans quelques semaines. Les lecteurs qui ne seraient pas rassasiés par cette mise en bouche pourront s’y référer pour approfondir le sujet.

Cette étude décrit un modèle thermique très simple qui permet d’expliquer toutes les observations des températures océaniques depuis 1850 jusqu’à nos jours en se basant sur l’activité solaire et un terme harmonique.

Cette étude montre que la température océanique annuelle moyennée par latitude est le reflet du rayonnement solaire annuel incident par latitude. Il en résulte que bien qu’étant une grandeur intensive qui n’a en principe qu’une signification thermodynamique locale, la température locale peut être moyennée spatialement pour en dériver une température ou une anomalie de température globale.

L’étude décrit également un autre modèle, basé sur la loi de Henry et la relation de van ’t Hoff, qui révèle que la concentration naturelle en CO₂ atmosphérique, estimée selon trois approches différentes, dépend de la température. **La relation trouvée entre la température et la concentration naturelle en CO₂ atmosphérique est analogue à la formule semi-expérimentale de Myhre qui reçoit ainsi une justification théorique non basée sur un effet radiatif du CO₂, et qui est utilisée en sens**

contraire par le GIEC. L'accord entre la théorie et les observations est excellent lorsqu'on utilise une constante de temps de résidence du CO₂ d'environ 15 ans, qui correspond précisément à celle qui a été observée après l'arrêt des essais thermonucléaires atmosphériques au début des années 1960.

Ces modèles ont été validés par des tests de causalité statistique, et des analyses de corrélation croisée montrent que le signal de la température contient la signature de l'activité solaire.

Ces analyses sont tout à fait à l'opposé des thèses du GIEC. Elles permettent de considérer que le climat évolue de manière entièrement naturelle sous la seule influence de l'activité solaire combinée à un effet intégrateur des océans, qui peut amplifier, avec un certain retard l'effet de faibles variations d'irradiance solaire, pour peu qu'elles perdurent assez longtemps.

14.1. Soleil et température

Le GIEC utilise un modèle statique du climat qui peut se résumer comme suit:

- le climat se serait stabilisé avant l'époque pré-industrielle.
- le rayonnement solaire n'a quasiment pas changé depuis lors.
- la couverture nuageuse reste constante.
- l'augmentation du taux de CO₂ atmosphérique est exclusivement d'origine anthropique et découle uniquement de l'usage de combustibles fossiles.
- cette contribution anthropique aux émissions de CO₂ est discernable des contributions naturelles, en utilisant la signature isotopique comme marqueur.
- cette augmentation du CO₂ est la seule cause de l'augmentation de la température par le biais d'un « effet de serre atmosphérique » radiatif.
- les contributions naturelles (nuages, aérosols, etc.) sont considérées comme des "forcings", que l'on peut associer mathématiquement à des rétroactions positives ou négatives, qui respectivement amplifient ou amortissent "l'effet de serre atmosphérique".
- dans ses modèles dits de circulation globale, le système climatique est localement à l'équilibre et les transferts de matière et chaleur entre cellules locales sont définis par les équations de Navier-Stokes.

Le GIEC ignore complètement la variation climatique liée aux variations d'intensité du rayonnement solaire, un phénomène qui a toujours existé, et ne cherche qu'à prouver, conformément à ses statuts et à son mandat, que l'activité humaine est la seule cause du réchauffement climatique.

Avec ces hypothèses qui heurtent le bon sens, le GIEC ne peut que faire sienne la citation de Confucius : « Vous ne trouverez pas ce que vous ne cherchez pas ». Le soleil est la première source d'énergie de notre planète et est la cause des variations de température que nous observons, qu'elles soient journalières, annuelles ou sur de plus longues périodes. A toutes les échelles de temps, l'activité solaire varie et a un impact majeur sur la température terrestre.

L'examen de l'activité solaire montre qu'elle a augmenté au cours du siècle précédent et est passée par un maximum à la fin de ce dernier. Ceci pourrait expliquer l'augmentation des températures observées, mais la diminution récente de l'activité solaire n'a pas produit une diminution sensible de la température, ce qui est un argument utilisé par le GIEC pour conforter sa position.

Comment expliquer cette contradiction ?

Il est venu à l'idée de prendre en compte la moyenne de l'activité solaire sur un certain nombre d'années plutôt que sa valeur instantanée. Ceci introduit un tampon qui a un rôle d'amortisseur thermique joué par les océans. Ceux-ci couvrant 70 % de la surface de la planète et ayant une capacité de stockage de la chaleur qui est de quelques ordres de grandeur supérieure à celle de l'atmosphère, il a été décidé de limiter les analyses aux températures océaniques. Ces dernières présentent également l'avantage de ne pas être contaminées par des effets d'îlot urbain de chaleur.

Cette idée s'est avérée très fructueuse. En la combinant avec un terme harmonique, on obtient une recette de calcul qui permet de reproduire très fidèlement les températures observées. Voir Fig. 1.

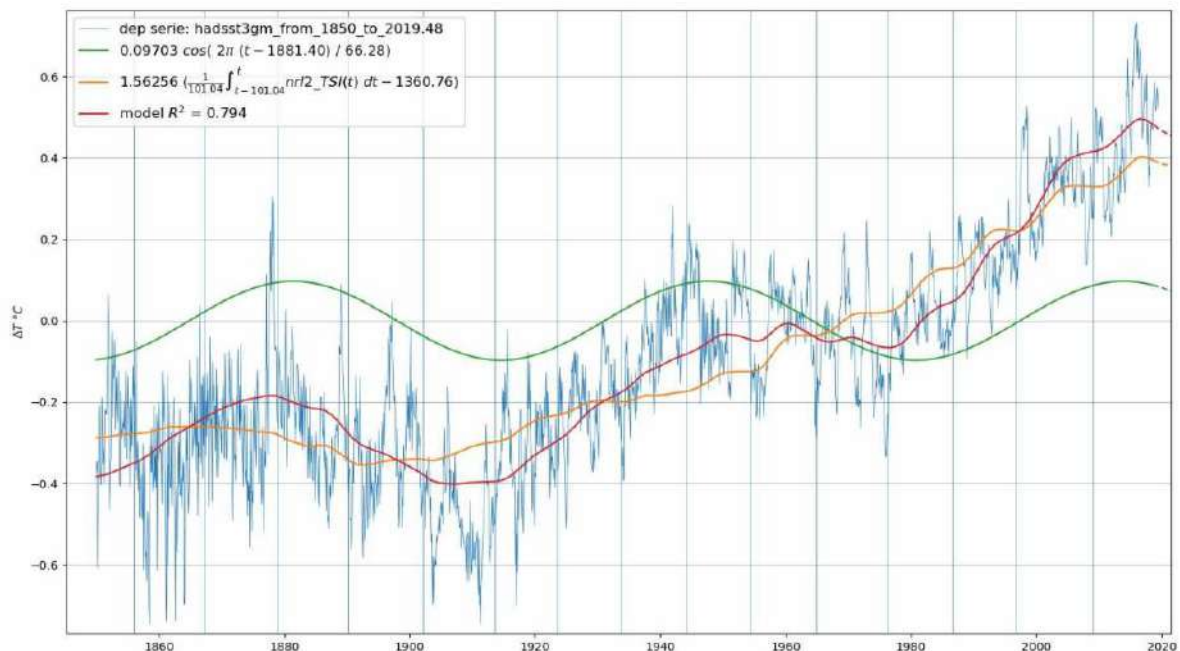


Figure 1 : En bleu, l'anomalie de température (variable dépendante).

En vert, le terme harmonique avec une amplitude d'environ un dixième de degré et une période d'environ 66 ans. En orange, le terme correspondant à la moyenne mobile sur environ 100 ans du rayonnement solaire (*NRL2_TSI, yearly averages*). En rouge, le modèle (somme des 2 termes précédents). En bleu, les températures océaniques (*HadSST3*). Tous les paramètres ont été optimisés par analyse de régression non linéaire. Le terme basé sur le rayonnement solaire moyen et le terme harmonique viennent de passer par un maximum et commencent à diminuer maintenant

Mais c'est bien plus qu'une recette. Des investigations complémentaires ont révélé que c'est une solution approchée de l'équation différentielle d'un modèle thermique simple qui régit l'évolution de la température de surface océanique en fonction du rayonnement solaire.

Voir annexe 4.1.1.

La corrélation croisée des séries de température et du rayonnement indique que l'évolution de la température suit celle du rayonnement solaire avec un décalage égal au quart de la période moyenne des cycles solaires qui vaut environ 11 ans. Ce décalage est en accord avec la solution de l'équation différentielle du modèle thermique dans le cas d'une stimulation périodique. Le signal de la température contient donc la signature de l'activité solaire.

La reconstruction de l'irradiance solaire qui a été utilisée dans les analyses, remonte jusqu'en 1610 et permet d'estimer les températures à partir de 1715. Cette estimation montre une sortie vraisemblable du petit âge glaciaire dans laquelle on retrouve les minimums de Maunder et de Dalton. Voir Fig. 2.

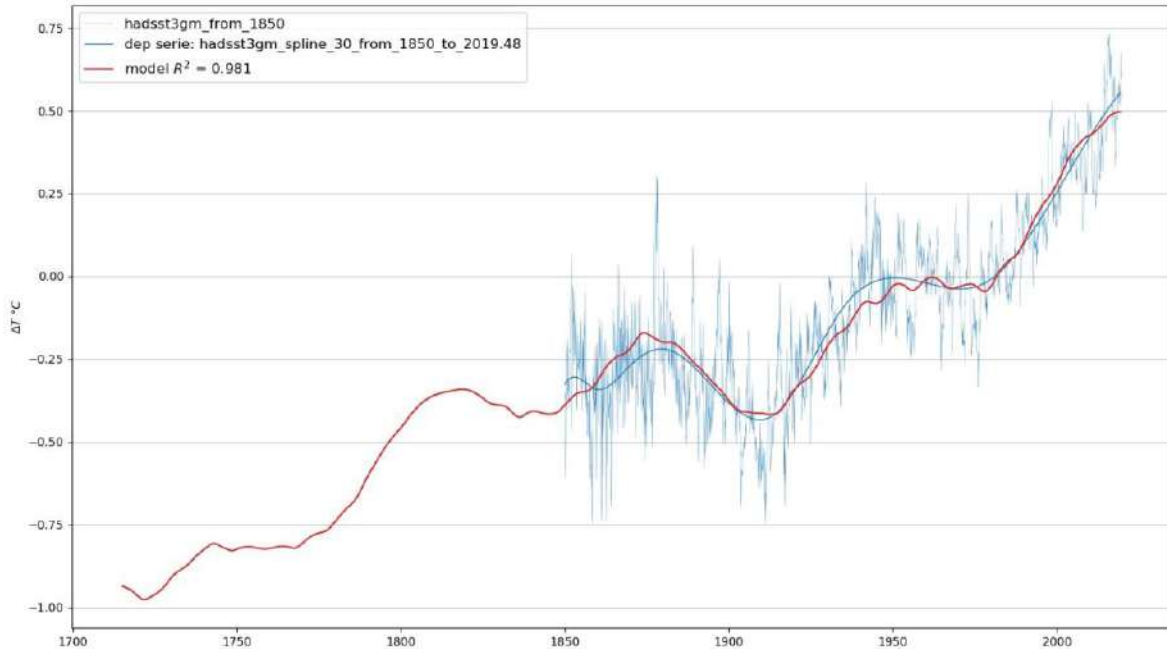


Figure 2 : Sortie du Petit Age Glaciaire.

On retrouve le minimum de **Maunder** entre 1700 et 1750, ainsi que le minimum de **Dalton** entre 1800 et 1850. Dans cet exemple, les températures océaniques ont fait l'objet d'un lissage par spline pour neutraliser les phénomènes El Niño – La Niña. Ceci débouche sur une corrélation impressionnante.

L'activité solaire est à la baisse depuis quelque temps. Le dernier cycle solaire était très faible, et celui qui est en cours semble marcher dans ses traces. Si cette tendance se confirme, nous pourrions observer dans les prochaines décennies une diminution des températures à peu près symétrique de l'augmentation observée au cours du dernier siècle. Il en résulterait que les objectifs des Accords de Paris 2015 seraient atteints naturellement, en l'absence de tout plan de transition énergétique.

Une analyse de la série de températures **hadisst** du Met Office – Hadley Centre montre qu'à chaque latitude, les moyennes annuelles des températures de surface océaniques sont très bien modélisées par la moyenne annuelle du rayonnement solaire incident. Voir Fig. 3. Ceci s'explique également par le modèle thermique sous-jacent. Voir annexe 4.1.2.

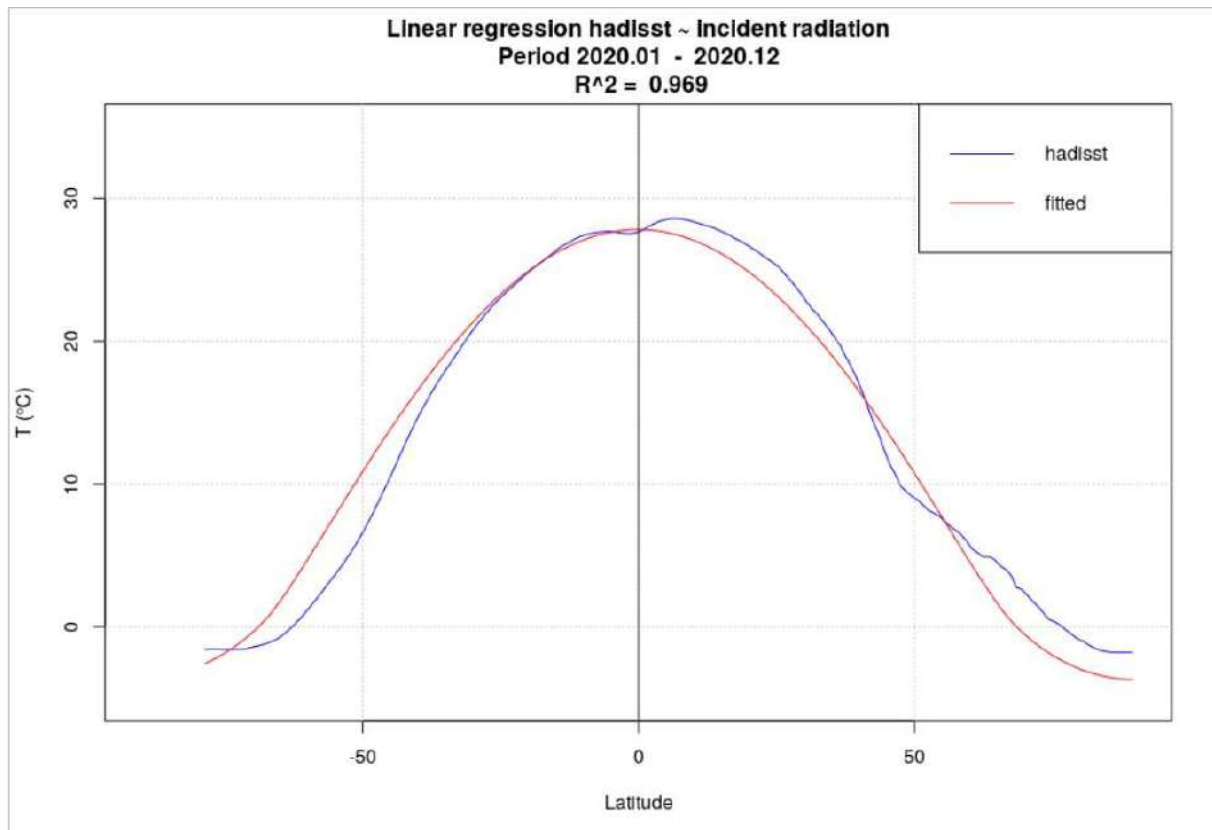


Figure 3 : Régression de la température moyenne annuelle par latitude de hadisst par le rayonnement incident moyen annuel. La corrélation est excellente.

Finalement, des analyses de causalité statistique au sens de Granger révèlent que le rayonnement solaire moyen est la cause de la température, et que le rayonnement solaire non moyenné ne l'est pas.

Avec un faisceau de présomptions aussi fortes, comment pourrait-on encore douter du rôle moteur du Soleil dans le mécanisme climatique ?

14.2. Température et CO₂

Dans sa modélisation du cycle du CO₂, le GIEC considère que les émissions naturelles de CO₂ sont rapidement absorbées et que les émissions anthropiques demeurent très longtemps dans l'atmosphère. Cette hypothèse est en contradiction avec le Principe d'indiscernabilité ; quelle que soit l'abondance isotopique dans un flux de CO₂ donné, les molécules se comportent de la même façon, macroscopiquement, d'un point de vue thermodynamique et physico-chimique. C'est par ailleurs la propriété caractéristique qui justifie l'utilisation de marqueurs radioactifs dans un large spectre d'utilisations.

Par quelques considérations de chimie-physique et de physique élémentaires basées sur la loi de Henry et la relation de van't Hoff, on retrouve assez facilement la formule semi-expérimentale de Myrhe utilisée par le GIEC qui lie le forcing radiatif et la température à la teneur en CO₂. Voir annexe 4.2. **On peut donc interpréter la formule de Myrhe comme une conséquence de la loi de Henry plutôt que d'un « effet de serre atmosphérique » radiatif qui, contrairement à la loi de Henry, n'a jamais été prouvé expérimentalement dans les basses couches de l'atmosphère.**

Certains argueront que la loi de Henry ne peut justifier qu'une faible part de l'augmentation de la $p\text{CO}_2$ observée depuis l'époque préindustrielle, mais un [calculateur en ligne](#) de la chimie carbonatée de l'eau de mer, publié par l'Université du Colorado prouve que ce n'est pas le cas. En utilisant ce calculateur, on remarque que la $p\text{CO}_2$ est égale à 263.5 ppm dans le scénario Preindustriel et passe à 380.7 ppm dans le scénario Modern, alors que la différence de température entre ces deux scénarios n'est que de 1.6 °C. En plus de la température, ce calculateur utilise 2 autres paramètres (l'alcalinité (TA) et le carbone inorganique dissous (DIC)) qui ont un impact important sur la $p\text{CO}_2$.

En faisant varier linéairement tous les paramètres entre leurs valeurs respectives des scénarios Preindustriel et Modern, une analyse de régression aboutit à la même liaison entre le $\log(\text{CO}_2)$ et la température que la loi de Henry.

La relation trouvée est la suivante :

$$\log(\text{CO}_2) = \log(263.5) + 0.2281703 \Delta T \quad (1)$$

En première approximation, l'équilibre entre les teneurs en CO_2 océanique et atmosphérique est analogue à un système de deux vases communicants dont le niveau d'équilibre ne peut être changé que par la température. Le premier vase correspond aux océans, et le second à l'atmosphère. Les océans contiennent environ 50 fois plus de CO_2 que l'atmosphère.

La formule (1) permet de calculer la variation de CO_2 pour une variation de température donnée.

L'équilibre de Henry est bidirectionnel. Ceci est confirmé par des analyses de causalité au sens de Granger. Cette formule peut donc également être lue en sens inverse pour calculer la variation de température suite à une variation de CO_2 .

Sur base du cycle du carbone d'après le GIEC ([AR5 WG1 Chapitre 6](#)), on peut évaluer à 0.045°C l'augmentation de température due au cumul des émissions anthropiques depuis l'ère préindustrielle, lorsque l'équilibre des $p\text{CO}_2$ océanique et atmosphérique sera atteint.

Suivant le même principe, on peut calculer l'augmentation de température pour un doublement de la $p\text{CO}_2$. On obtient $\Delta T = \log(2)/0.228 = 3.04^\circ\text{C}$. Cette valeur est importante, mais est complètement irréaliste, parce que pour doubler la $p\text{CO}_2$, il faut doubler la quantité de carbone atmosphérique ET la quantité de carbone océanique qui est environ 50 fois plus importante. Pour la même raison, la capture et le stockage du carbone est une ineptie. Si on retirait de l'atmosphère le total cumulé du carbone anthropique émis jusqu'à ce jour, on n'obtiendrait qu'une diminution de température de 0.045 °C.

L'équilibre de Henry – van 't Hoff n'est pas instantané. L'arrêt des essais atmosphériques de bombes thermonucléaires au début des années 1960 montre une décroissance exponentielle du ^{14}C libéré par les explosions, avec une constante de temps d'environ 15 ans. Certains auteurs estiment que cette valeur pourrait être plus faible par suite d'effets de réémissions.

Dans l'hypothèse d'un mélangeur parfait à simple flux, le CO_2 naturel a été calculé en déduisant du CO_2 relevé à Mauna Loa les émissions anthropiques en supposant une constante de temps de résidence de 15 ans. Une analyse de régression avec la température océanique [hadsst3](#) fournit la relation suivante :

$$\log(CO_{2N}) = \log(308.32254) + 0.2518 \Delta T \quad (2)$$

Avec un modèle plus sophistiqué à double flux et la série de température **GISS**, tel que décrit dans **Harde 2019**, on obtient un résultat analogue :

$$\log(CO_{2N}) = \log(308.30143) + 0.24997 \Delta T \quad (3)$$

Ces trois formulations sont très voisines et confortent l'hypothèse que l'équilibre de Henry – van 't Hoff est à l'oeuvre dans les variations de température et du CO₂.

La part anthropique du CO₂ atmosphérique dépend fortement de la constante de temps de résidence et doit respecter certaines contraintes d'abondances isotopiques sur le $\Delta^{14}C$ lié à l'**effet Suess** et le $\delta^{13}C$ qui dépend de l'usage de combustibles fossiles. Dans les modèles à simple et double flux, différentes valeurs de la constante de temps de résidence ont été prises en considération, et c'est la valeur de 15 ans qui respecte le mieux ces contraintes.

14.3. Conclusions

C'est le soleil qui règle le climat. La concentration en CO₂ est un effet de la température (et des émissions anthropiques) au lieu d'en être la cause.

Un modèle simple permet d'expliquer les températures observées depuis 1850 jusqu'à maintenant sur la seule base du rayonnement solaire, avec un éventuel terme harmonique complémentaire, sans devoir recourir à un hypothétique effet de serre radiatif du CO₂.

Une formule simple, analogue à celle de Myhre, montre que la concentration en CO₂ atmosphérique naturel dépend de l'anomalie de température globale. Cette même formule est lue dans le mauvais sens par le GIEC qui confond cause et effet.

Il a suffi de trente années de manipulations politiques pour pousser les sciences climatiques dans la mauvaise direction et les amener dans une situation digne du Moyen-Age. En dépit d'hypothèses qui heurtent le bon sens, le GIEC a réussi à ranger de son côté les médias, une grande partie du monde politique et de trop nombreuses Académies des Sciences, en faisant simplement valoir l'argument d'un prétendu consensus, ce qui est contraire à toute démarche scientifique.

Dans un futur pas très lointain, le Soleil va vraisemblablement montrer qu'il est le principal maître à bord en matière de climat. Aucun modèle mathématique ne sera nécessaire pour le comprendre. Le naufrage de nos démocraties, manipulées par un agenda politique pseudo-scientifique, est en cours. Il est préférable de ne pas attendre pour prendre conscience que nos sociétés sont en train de déraiser et de s'interroger dès aujourd'hui sur les causes de ce dysfonctionnement.

Se croyant dans un monde imaginaire où 2 et 2 pourraient faire 5, les signataires des Accords de Paris ont décidé que nous devons nous lancer dans des plans de transition énergétique qui auront un coût financier astronomique sans aucun impact discernable sur le climat.

L'impact sur le PIB, résultant de la fermeture ou délocalisation d'industries dites polluantes car générant des quantités importantes de CO₂, serait énorme pour ne pas dire suicidaire. Il en va de même sur le plan social, vu le nombre de personnes qui perdraient leur emploi. Sans parler des

finances publiques, déjà exsangues dans de nombreux pays, et qui seraient sollicitées au-delà du supportable, à coups de subsides, allocations, avantages fiscaux et autres mécanismes de marché.

Tenter de compenser ces dépenses par des taxes carbone se répercuterait en fin de compte sur le coût de la vie, induisant une inflation galopante et une précarité énergétique accrue. Tous les ingrédients sont réunis pour engendrer des mouvements sociaux, comme celui des gilets jaunes.

L'objectif du GIEC est de limiter l'exploitation des ressources terrestres et d'imposer un agenda politique non démocratiquement choisi sous le prétexte d'une soi-disant urgence climatique qui dépasse les souverainetés nationales. (Voir [ici](#), [ici](#), [ici](#), [ici](#), [ici](#) et [ici](#)). Ses représentants ne s'en cachent d'ailleurs pas ([Voir ici](#)). Malheureusement, les politiques climatiques préconisées provoqueront un appauvrissement généralisé ([Voir ici](#)), et il vaudrait bien mieux allouer à des mesures de nivellement par le haut, les montants inconsidérés qu'elles requièrent.

Il est urgent de sauver la planète, non pas du climat, mais de ceux qui ont perdu tout bon sens et tout esprit critique. Ils sont prêts à mettre en œuvre leurs plans complètement irrationnels. Il faut réagir dès maintenant. Une entreprise de Bill Gates veut pulvériser de la poussière dans l'atmosphère pour diminuer le rayonnement solaire. Faut-il vraiment refroidir la planète alors que nous sommes vraisemblablement en route vers un nouveau petit âge glaciaire ? Dans les années 1970, on s'inquiétait de la diminution des températures depuis 1945, et des "experts" mal informés ont suggéré de répandre de la suie sur les Pôles pour réchauffer la Terre en diminuant son albédo.

Avec des médias complètement hermétiques au climato-réalisme, il ne reste que le bouche-à-oreille qui peut néanmoins être très efficace dans sa version moderne. Tous les arguments sont là pour remettre à sa place n'importe quel alarmiste climatique.

Les médecins ont continué à pratiquer les saignées pendant 200 ans après qu'il ait été prouvé que cela n'avait aucun sens. La situation peut se normaliser plus rapidement à condition de ne pas garder la vérité pour soi. Si vous voulez quitter le Moyen-Age dans lequel vous avez été replongés, et préférez vivre dans un monde débarrassé de discours climatiques anxigènes infondés, diffusez ce message en masse sans plus tarder. Les générations futures vous en remercieront.

14.4. Annexes mathématiques

14.4.1 Modèle thermique

14.4.1.1 Rayonnement solaire et température globale

Il est intéressant de noter que la modélisation de l'anomalie de température par une moyenne du rayonnement solaire n'est qu'une autre formulation d'un modèle thermique utilisé dans Stockwell (2011) [1]:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{1}{C} (S - F) \quad (4)$$

Dans ce modèle, $\frac{dT}{dt}$ représente la dérivée de la température par rapport au temps, S le rayonnement solaire, F une perte radiative et C une constante. La perte radiative est supposée proportionnelle à la température:

$$F = \frac{T}{\lambda} \quad (5)$$

Cette hypothèse semble bizarre à première vue, la contribution radiative comprenant normalement un terme en T^4 . Cette formule correspond cependant à une démarche relativement courante, lorsqu'on travaille aux environs de la température ambiante. Voir Mc Cabe (1993) [ii].

Elle revient à considérer que le terme radiatif est un complément au coefficient de transfert convectif h_c , la formule de transfert de chaleur combinée radiative-convective devenant :

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = (h_c + h_r) S_e (T_0 - T) \quad (6)$$

$$\text{où } h_r = 4\sigma\epsilon T^3$$

Moyennant cette linéarisation, obtient alors

$$\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\lambda C} = \frac{S}{C} \quad (7)$$

Posons $\lambda C = k$

Si l'on considère $t=0$ lorsque $\frac{dT}{dt} = 0$ et qu'à cet instant, $S = S_0$ et $T = T_0 = \lambda S_0$, une solution de l'équation différentielle est donnée par

$$T(t) - T_0 = \frac{e^{-\frac{t}{k}}}{C} \int_0^t e^{\frac{t}{k}} \Delta S(t) dt \quad (8)$$

Dans cette formule, $\Delta S(t) = S(t) - S_0$

Si $\Delta S(t)$ est une fonction escalier ($\Delta S = \Delta S_0$ pour $t \geq 0$), l'intégrale se calcule facilement. On obtient

$$T(t) - T_0 = \frac{e^{-\frac{t}{k}}}{C} k \Delta S_0 \left(e^{\frac{t}{k}} - 1 \right) = \lambda \Delta S_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{k}} \right) \quad (9)$$

Après une longue période la variation de température se stabilise :

$$T(t) - T_0 = \lambda \Delta S_0 \quad (10)$$

Si l'on discrétise la fonction $S(t)$ en plusieurs escaliers, en la supposant constante dans les intervalles $i, i+1$ on obtient

$$T(t) - T_0 = \lambda \sum_i \Delta S_i \left(1 - e^{-\frac{(t-l)}{k}} \right) \text{ avec } \Delta S_i = S_{i+1} - S_i \quad (11)$$

Si l'on approche $\left(1 - e^{-\frac{t}{k}} \right)$ par une fonction linéaire-palier égale à $\frac{t}{\tau}$ pour t compris entre 0 et τ , et égale à 1 pour t supérieur à τ (voir Fig. 4)

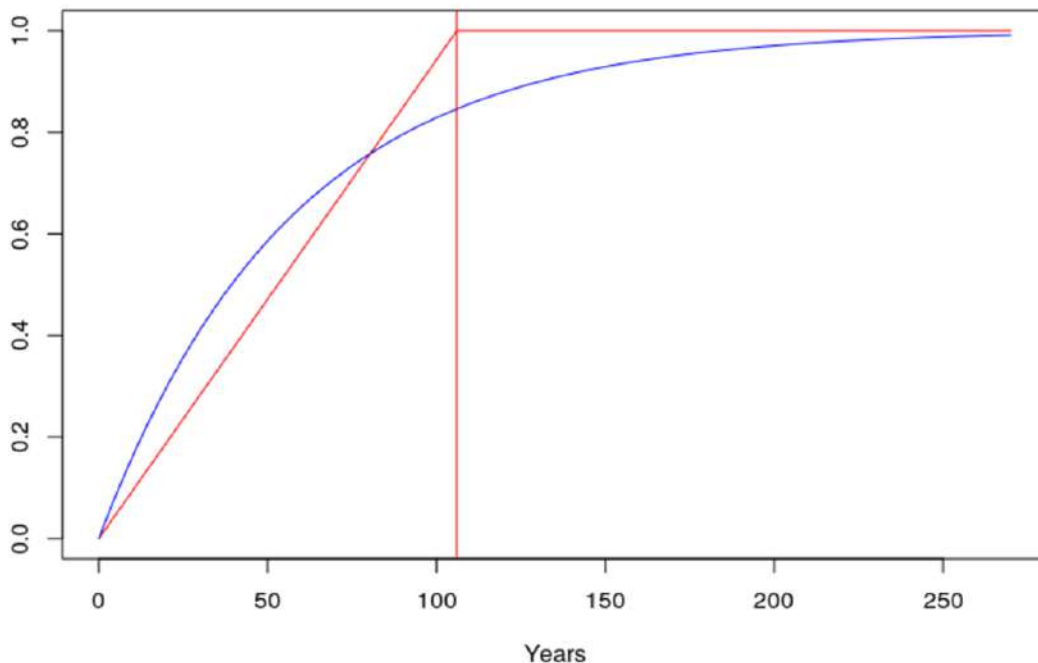


Figure 4 : Exemple d'approximation d'une fonction exponentielle par une fonction linéaire-escalier. Dans cet exemple $T = 106$ ans et $k = 56,6$ ans.. La valeur de k a été déduite de par une analyse de régression non linéaire, pour une durée d'observation de 270 ans.

la formule peut alors s'écrire sous forme de différences finies

$$T(t) - T_0 = \lambda (T_1 + T_2) \quad (12)$$

Avec

$$T_1 = \sum_i \Delta S_i \text{ pour } i=0, 1, \dots, t - \tau \text{ et}$$

$$T_2 = \sum_i \Delta S_{t-\tau+i} \frac{\tau-i}{\tau} \text{ pour } i=0, 1, \dots, \tau$$

En développant les sommes et en regroupant les termes, on obtient facilement

$$T_1 = S_{t-\tau} - S_0$$

$$T_2 = \bar{S}_{t-\tau}^t - S_{t-\tau}$$

avec $\bar{S}_{t-\tau}^t$ = la moyenne de S au cours des τ dernières années

Il vient finalement

$$T(t) - T_0 = \lambda \left(\bar{S}_{t-\tau}^t - S_0 \right) \quad (13)$$

Remarquons au passage que $T(t) - T_0$ représente une anomalie de température.

Lorsque le rayonnement solaire moyen est supérieur à une valeur de référence, la température augmente, et elle diminue dans le cas contraire.

Dans le cas où $\Delta S(t) = \Delta S_a \sin\left(2\pi \frac{t}{per}\right)$, la solution de l'équation (8) est la suivante :

$$T(t) - T_0 = \frac{per}{\sqrt{(4\pi^2 k^2 + per^2)}} \lambda \Delta S_a \sin\left(2\pi \frac{t}{per} - \phi\right) \quad (14)$$

En remplaçant per par $2\pi/\omega$, l'équation (14) s'écrit :

$$T(t) - T_0 = \frac{1}{\sqrt{(1 + (k\omega)^2)}} \lambda \Delta S_a \sin(\omega t - \phi) \quad (15)$$

La variation de température est un signal sinusoïdal dont l'amplitude vaut

$$\Delta T_a = \frac{1}{\sqrt{(1 + (k\omega)^2)}} \lambda \Delta S_a \quad (16)$$

et qui est déphasée d'un angle ϕ par rapport au rayonnement solaire :

$$\phi = \arctan\left(2\pi \frac{k}{per}\right) = \arctan(k\omega) \quad (17)$$

Pour des oscillations lentes, $k\omega$ tend vers zéro, l'amplitude de la variation de température tend vers $\lambda \Delta S_a$ et ϕ tend vers zéro.

Pour des oscillations rapides, $k\omega$ tend vers l'infini, l'amplitude de la variation de température tend vers zéro et ϕ tend vers $\pi/2$.

14.4.1.2 Rayonnement solaire et température globale

L'examen de la série de température hadisst révèle qu'à une latitude donnée, les températures de surface océaniques varient peu à latitude constante, et qu'en moyenne annuelle, en formalisant l'analyse de régression (Fig. 3), on a :

$$T_{ANN}^{LOC}(lat) - T_{REF0} = \alpha U_{ANN}^{LOC}(lat) \quad (18)$$

Dans cette formule,

lat	=	la latitude.
$T_{ANN}^{LOC}(lat)$	=	la température annuelle locale moyenne à la latitude considérée.
T_{REF0}	=	une température de référence.
α	=	une constante.
$U_{ANN}^{LOC}(lat)$	=	le rayonnement incident annuel moyen à la latitude considérée, pour une <u>irradiance</u> totale solaire unitaire au sommet de l'atmosphère.

En intégrant cette expression sur la surface des océans, et en divisant par la surface totale océanique, on obtient une anomalie globale moyenne :

$$\frac{\iint_{ocean} [T_{ANN}^{LOC}(lat) - T_{REF0}] dS}{\iint_{ocean} dS} = \alpha \frac{\iint_{ocean} U_{ANN}^{LOC}(lat) dS}{\iint_{ocean} dS} \quad (19)$$

En considérant une Terre sphérique de rayon R , l'élément de surface dS en coordonnées sphériques est égal à :

$$dS = R^2 \cos(lat) dlat dlon \quad (20)$$

Pour calculer la moyenne d'une grandeur sur une sphère, il faut la pondérer par le cosinus de sa latitude.

La relation (19) peut s'écrire

$$\Delta T_{ANN}^{GLO}(T_{REF0}) = T_{ANN}^{GLO} - T_{REF0} = \alpha U_{ANN}^{GLO} \quad (21)$$

Dans cette formule,

$\Delta T_{ANN}^{GLO}(T_{REF0})$	=	l'anomalie globale de température annuelle moyenne pour une température de référence T_{REF0}
$T_{ANN}^{GLO} = \frac{\iint_{ocean} T_{ANN}^{LOC}(lat) dS}{\iint_{ocean} dS}$	=	la température globale annuelle moyenne
$U_{ANN}^{GLO} = \frac{\iint_{ocean} U_{ANN}^{LOC}(lat) dS}{\iint_{ocean} dS}$	=	le rayonnement global incident annuel moyen. Ce terme ne dépend que de la géométrie de la planète et de son orbite autour du Soleil.

Moyennant un choix adéquat de sa température de référence, l'anomalie globale de température annuelle moyenne est proportionnelle au rayonnement incident annuel moyen.

Bien que la température de surface océanique soit une grandeur intensive, il est tout à fait légitime d'en faire des moyennes spatiales pour calculer une anomalie globale, parce qu'en procédant ainsi, on ne fait que moyenner des rayonnements, ce qui est tout à fait correct. C'est la relation (18) qui justifie cette pratique.

La relation (21) s'adapte facilement si une anomalie de température utilise une autre température de référence T_{REF1} :

$$\Delta T_{ANN}^{GLO}(T_{REF1}) = T_{ANN}^{GLO} - T_{REF1} = \alpha (U_{ANN}^{GLO} - U_{REF}) \quad (22)$$

Dans cette relation,

$U_{REF} = \frac{(T_{REF1} - T_{REF0})}{\alpha}$	=	un rayonnement unitaire de référence
--	---	--------------------------------------

Pour passer du rayonnement unitaire au rayonnement au sommet de l'atmosphère, il suffira de modifier la constante de proportionnalité . On aura alors

$$\Delta T_{ANN}^{GLO}(T_{REF1}) = a (S_{ANN} - S_{REF}) \quad (23)$$

Dans cette formule,

a	=	une constante
S_{ANN}	=	le rayonnement annuel au sommet de l'atmosphère
S_{REF}	=	un rayonnement au sommet de l'atmosphère de référence

La formule (23) est valable lorsque le rayonnement solaire au sommet de l'atmosphère est constant. Remarquons que dans ce cas, S_{ANN} est égal à sa valeur moyenne au cours des τ dernières années

$\bar{S}_{t-\tau}^t$, quelle que soit la valeur de τ .

L'équation (23) se transforme alors en

$$\Delta T^{GLO}(t, T_{REF}) = T^{GLO}(t) - T_{REF} = a \left(\bar{S}_{t-\tau}^t - S_{REF} \right) \quad (24)$$

On retrouve ainsi la solution approchée (13) de l'équation différentielle du modèle thermique simple, telle que décrite au §4.1.1. Cette solution est valable lorsque le rayonnement solaire au sommet de l'atmosphère n'est pas constant, à condition de faire un choix approprié de τ .

Le rayonnement solaire permet donc d'expliquer toutes les variations des observations temporelles des températures, qu'elles soient locales ou globales.

14.4.2 Formule de Myhre, loi de Henry et relation de van 't Hoff

Le GIEC utilise une formule semi-empirique pour lier le forcing radiatif à la teneur en CO₂.

Cette formule provient d'un article de G. Myrhe et al. (1998)[3] :

$$\Delta F = 5.35 \log \left(\frac{C}{C_0} \right) \quad (25)$$

Dans cette formule

- ΔF représente la variation du forcing radiatif
- C la concentration en CO₂ atmosphérique et
- C_0 un taux de référence.

C'est sur cette base que le GIEC prétend que les émissions anthropiques de CO₂ provoquent une augmentation du taux de CO₂ atmosphérique qui conduit à une augmentation du forcing radiatif qui fait augmenter la température. Mais remarquons au passage que cette expression empirique ne donne pas la direction du lien de cause à effet. Quelques considérations de chimie-physique et de physique élémentaires permettent d'éclaircir cette question.

En recourant à la loi de Henry qui décrit l'équilibre gaz-liquide, et à la relation de van 't Hoff qui tient compte de la température, on peut obtenir une formule théorique cette fois, qui est analogue à la formule (25).

La concentration océanique de CO₂ est liée à la pression partielle du CO₂ dans l'atmosphère par la loi de Henry

$$CO_2^{ocean}(T) = H(T)pCO_2^{atm}(T) \quad (26)$$

et donc

$$pCO_2^{atm}(T) = \frac{CO_2^{ocean}(T)}{H(T)} \quad (27)$$

Dans ces formules

pCO_2 désigne la pression partielle du CO_2 dans l'atmosphère,
 CO_2^{ocean} est la concentration en CO_2 des océans,
 $H(T)$ est un coefficient (la constante de Henry) qui dépend de la température

La dépendance à la température de la constante de Henry peut être évaluée par la relation de van 't Hoff :

$$\frac{H(T)}{H(T_0)} = e^{\left[\frac{\Delta H}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right]} \quad (28)$$

Dans cette formule,

ΔH désigne l'enthalpie standard de réaction. C'est la chaleur de dissolution / dégazage du CO_2 , égale à la différence entre les potentiels chimiques du CO_2 dissous et gazeux.
 R la constante des gaz parfaits
 T_0 représente une température arbitraire de référence

Cette formule est valable pour autant que les températures T et T_0 ne soient pas trop différentes et que par conséquent ΔH puisse être considérée constante.

En utilisant la formule (27) pour les températures T et T_0 , et en considérant que la pression partielle du CO_2 atmosphérique est proportionnelle à sa concentration, on obtient

$$\frac{pCO_2^{atm}(T)}{pCO_2^{atm}(T_0)} = \frac{kCO_2^{atm}(T)}{kCO_2^{atm}(T_0)} = \frac{CO_2^{atm}(T)}{CO_2^{atm}(T_0)} = \frac{CO_2^{ocean}(T)}{CO_2^{ocean}(T_0)} \frac{H(T_0)}{H(T)} \quad (29)$$

Comme la quantité de CO_2 dans les océans est très grande par rapport à celle de l'atmosphère, on peut considérer que $\frac{CO_2^{ocean}(T)}{CO_2^{ocean}(T_0)} = 1$

La formule (29) se simplifie

$$\frac{CO_2^{atm}(T)}{CO_2^{atm}(T_0)} = \frac{H(T_0)}{H(T)} \quad (30)$$

Et en utilisant (28), il vient

$$\frac{CO_2^{atm}(T)}{CO_2^{atm}(T_0)} = e^{\left[\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T}\right)\right]} \quad (31)$$

Soit encore

$$\log \left[\frac{CO_2^{atm}(T)}{CO_2^{atm}(T_0)} \right] = \left[\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (32)$$

En exprimant la température sous la forme d'une température de référence et d'une anomalie

$$T = T_{ref} + \Delta T \quad (33)$$

ΔT étant faible par rapport à T_{ref} ,

on peut considérer que $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_{ref}} \left(1 - \frac{\Delta T}{T_{ref}} \right)$ et la formule (32) devient

$$\log \left[\frac{CO_2^{atm}(T)}{CO_2^{atm}(T_0)} \right] = \left[\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_{ref}} + \frac{1}{T_{ref}} \frac{\Delta T}{T_{ref}} \right) \right] \quad (34)$$

En choisissant

$$T_0 = T_{ref} \quad (35)$$

L'équation (34) s'écrit

$$\log \left[\frac{CO_2^{atm}(T)}{CO_2^{atm}(T_{ref})} \right] = \frac{\Delta H}{RT_{ref}} \frac{\Delta T}{T_{ref}} \quad (36)$$

Soit encore

$$\log \left[\frac{CO_2^{atm}(T)}{CO_2^{atm}(T_{ref})} \right] = a \Delta T \quad (37)$$

C'est tout à fait équivalent à la formule de Myrhe (25).

L'équation (37) peut se mettre sous la forme générique

$$\log[CO_2^{atm}(T)] = a(\Delta T + b) \quad (38)$$

Ou de manière équivalente

$$CO_2^{atm}(T) = ae^{b\Delta T} \quad (39)$$

Si l'on pose

$$L = \log(CO_2^{atm}) \quad (40)$$

L'équation (37) peut s'écrire

$$L(T) - L(T_{ref}) = a\Delta T \quad (41)$$

C'est l'équation de la dilatation linéaire. La variation du logarithme du taux de CO₂ atmosphérique est analogue à la variation de longueur d'une barre soumise à une variation de température.

On peut également faire la comparaison suivante.

L'équilibre entre le CO₂ océanique et le CO₂ atmosphérique est analogue à un système de deux vases communicants dont l'équilibre des teneurs en CO₂ dans chaque vase est régi par loi de Henry. Le premier de très grande surface contenant le CO₂ océanique, et le second de surface beaucoup plus petite contenant le CO₂ atmosphérique. Ajouter du CO₂ atmosphérique par des émissions anthropiques, ou en retirer par de la capture et stockage, dans le compartiment à faible surface n'aura pratiquement aucun effet sur le niveau, lorsqu'un nouvel équilibre sera établi. Il n'y a que la température qui puisse faire changer le niveau d'équilibre, de manière analogue à une dilatation/contraction thermique. C'est cette analogie qui prouve que la variable indépendante (causale) est ΔT et non pas le CO₂, ce qui contredit l'interprétation de la formule de Myhre faite par le GIEC.

Le même raisonnement peut être tenu pour les autres gaz à « effet de serre » pour lesquels les conclusions précédentes sont également d'application.

NOTES

[1] [Stockwell 2011](#) On the Dynamics of Global Temperature

[2] Mc Cabe, Smith & Harriott 1993 Unit Operations of Chemical Engineering, pg 422

[3] [Myhre, Highwood, Shine & Stordal 1998](#). New estimates of radiative forcing due to well mixed greenhouse gases

15. Dérivée du CO₂ et anomalie de température

Mis en ligne SCE : 24.03.2023

Plusieurs auteurs ont trouvé une corrélation entre la dérivée du CO₂ par rapport au temps et l'anomalie de température. Par exemple [Wang 2019](#), [Hocker 2020](#), [Shiers 2014](#). Cette dernière analyse a été récemment mise à jour: [Clutz 2023](#). Sur le site de [science-climat-énergie](#), en décembre 2022, JC Maurin a décrit des résultats analogues dans son analyse de l'influence de la «température» sur la vitesse de croissance du CO₂ atmosphérique. Voir [Maurin 2022](#). L'analyse de Hocker a été réfutée sur [skepticalscience](#), mais avec une argumentation peu convaincante.

Cette modélisation produit des résultats incohérents. A température constante, le CO₂ peut augmenter ou diminuer indéfiniment.

Si l'on effectue ce genre d'analyse avec une longue série de température dont la droite de tendance a une pente constante dans le temps, on obtient une évolution quasi-parabolique du CO₂ en fonction du temps qui ne dépend pas de la pente de la droite de tendance de la série de température. **On peut par exemple reconstituer la même évolution du CO₂ avec deux relevés de température ayant des tendances linéaires complètement différentes.** Si l'on remonte dans le passé, le CO₂ diminue avant de remonter indéfiniment, quelle que soit la pente de la droite de température, qu'elle soit positive ou négative.

En réalité, cette modélisation est une corrélation fallacieuse dans laquelle la dérivée du CO₂ ne dépend pas de la température mais du temps. Il n'y a donc aucun modèle physique sous-jacent, il ne s'agit que d'une corrélation temporelle.

La suite de l'article est consultable ici <https://qblog-rcli.netlify.app/posts/derivee-co2-temp/>

16. Mathématiquement, le GIEC a tout faux !

Mis en ligne SCE : 30.03.2023

Cet article reprend dans une large mesure, une partie de la présentation faite par l'auteur lors de la 12eme conférence annuelle EIKE (Munich 2018). Mais le texte encadrant les diapos PowerPoint de la présentation est inédit, tout comme ce qui constitue le cœur de cette étude : l'analyse des résidus d'ajustement des données Hadcrut 5.0.1.0 par une somme de sinusoides ou une droite de régression linéaire.

Préambule

Le *réchauffement climatique*, requalifié au fil des ans de *changement* puis de *dérèglement*, et *actuellement d'urgence* climatique, est décrit par le GIEC sous forme d'évolution de *l'anomalie globale de température* par année, décennie ou siècle.

Cette approche, qui a reçu une large couverture médiatique, est fallacieuse à plus d'un titre.

Le souligner est important, car les données expérimentales représentées sous cette forme sont utilisées pour calibrer les modèles mathématiques utilisés par le GIEC et justifier ainsi ses « *projections* » servant elles-mêmes de base aux recommandations de politique climatique qu'il formule. Ces dernières constituent la « partie émergée de l'iceberg » de ses rapports, sous la forme de « *résumés pour décideurs* ». Ces résumés, largement remaniés et expurgés politiquement par des représentants des divers gouvernements impliqués, constituent la seule chose que la grande majorité des gens consulte, en particulier, les décideurs politiques à qui il s'adresse et qu'ils sont censés influencer, ainsi que les médias qui y font un large écho, sans que jamais quelqu'un ne s'interroge sur le bien-fondé de la « science » ou sur la qualité des données expérimentales sur lesquelles tout l'édifice repose. La nécessité de combattre le (soi-disant) réchauffement climatique n'est donc rien d'autre qu'une **pétition de Principe**.

Or, la validité et donc la crédibilité, d'un modèle mathématique dépend à la fois de la qualité de ses données de calibrage, de la qualité des algorithmes utilisés, de l'exactitude des hypothèses sous-jacentes, pas toujours explicites, et de l'ajustement de ses paramètres. Cet ajustement de paramètres doit évidemment correspondre à des valeurs réalistes et pas de convenance opératoire (par exemple pour parvenir à stabiliser et rendre reproductible les résultats des simulations effectuées et qui auraient une fâcheuse tendance à diverger si l'on utilise des valeurs réalistes pour ces paramètres). C'est malheureusement le cas pour les modèles dits « *à circulation globale* » sur lesquels le GIEC base ses travaux.

Le présent article examine spécifiquement la confiance que l'on peut avoir, ou pas, dans les anomalies de température globale. Il passe en revue un certain nombre de problèmes liés à leur construction et utilisation, exclusivement du point de vue de l'analyse de données, sans se prononcer sur d'autres aspects de la « science » sous-jacente aux rapports du GIEC ou des simulations numériques qu'il utilise. Il s'agit là d'un autre exercice d'audit de qualité, qui mériterait certainement d'être effectué par des *experts indépendants*, en respectant les règles de bonne pratique en la matière.

Les méthodes utilisées dans la présente étude sont **génériques** et s'appliquent aussi bien aux données socio-économiques, épidémiologiques, biologiques, etc. qu'aux données climatiques. Elles sont conformes à « l'état de l'art » en matière d'analyse de données. Cette précision réfute à l'avance toute critique éventuelle « d'incompétence climatique » formulée à l'égard de l'auteur

Tout indicateur doit avoir un sens physique

Avant toute chose, il convient de remarquer que la température est thermodynamiquement une grandeur intensive, donc locale par essence.

Ensuite utiliser une échelle de température exprimée en degrés Celsius ou Fahrenheit est une simple convention pratique, seule la température absolue, exprimée en degrés Kelvin (degré centigrade + 273.15) a un sens thermodynamique. Pire encore, *considérer des variations d'anomalies de température par rapport à une température arbitrairement choisie, relève de la manipulation des plus grossières, visant à alarmer indûment la population, à moins qu'il ne s'agisse plus simplement d'inculture scientifique (Figure 1).*

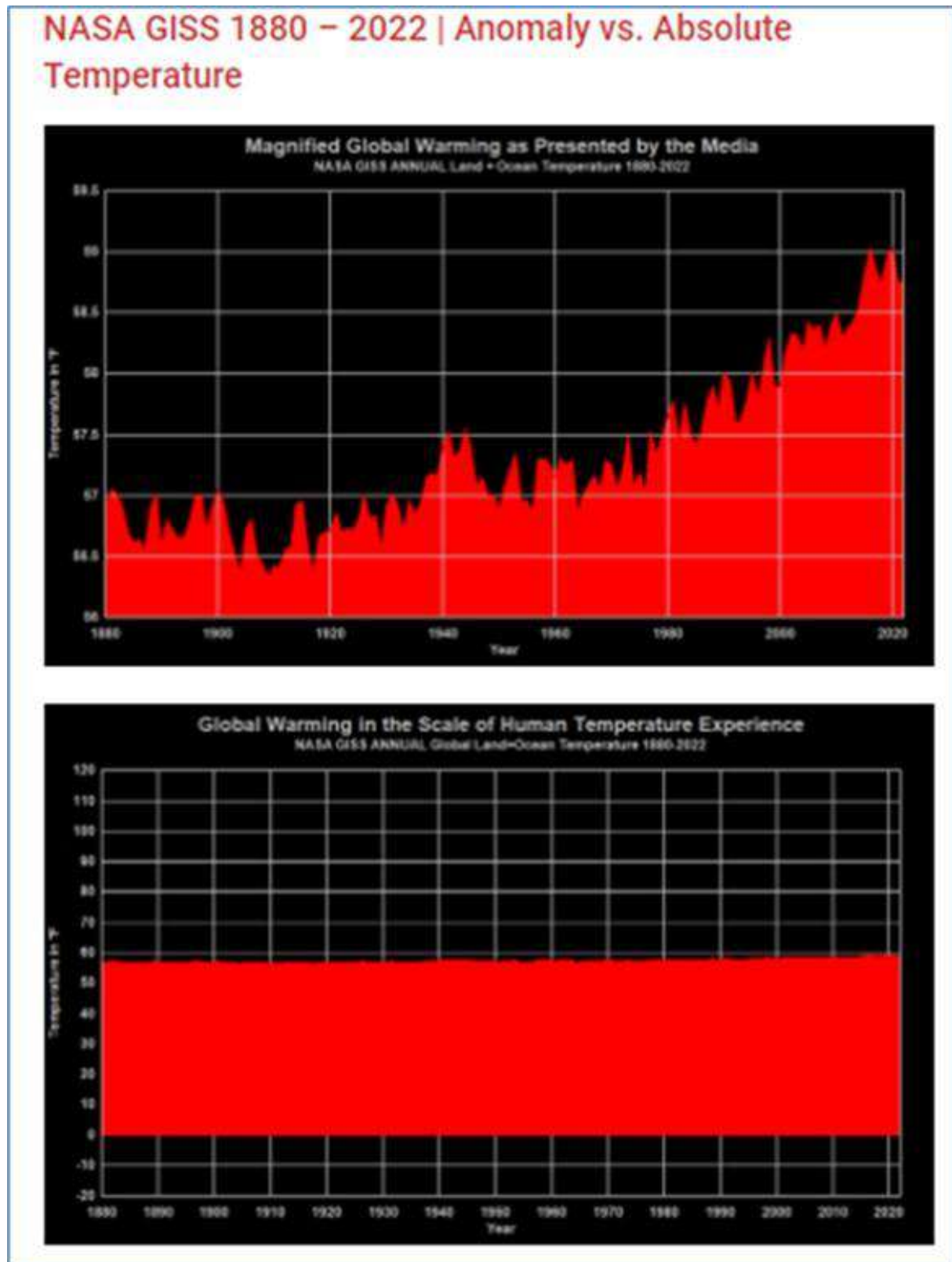


Figure 1 : Températures (°C) et anomalies. Le changement d'échelle le long de l'axe vertical, à l'autre, permet toute sorte de manipulation de l'opinion publique et permet également de créer un sentiment d'urgence « vu l'importance de la crise climatique ».

En réalité, la Nature joue un excellent rôle de thermostat naturel, notamment via les chaleurs d'évaporation – condensation le long du cycle de l'eau (Figure 2).

Recall: Energy involved in water cycle

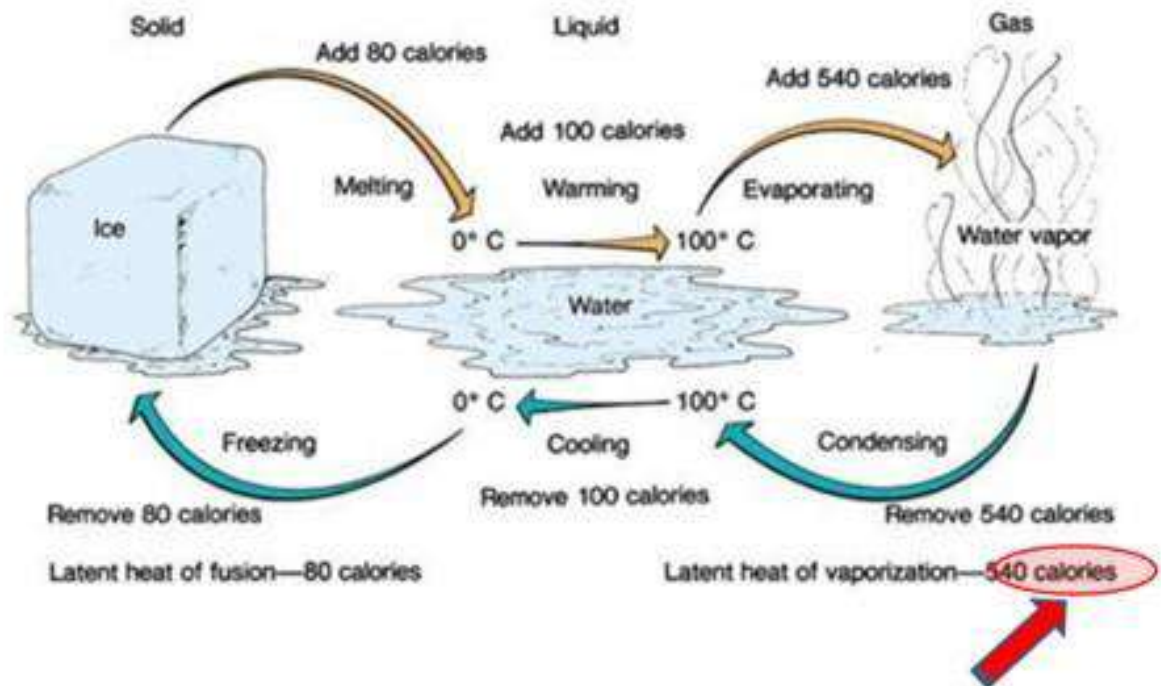


Figure 2 : chaleurs d'évaporation-condensation le long du cycle de l'eau

Mais ce n'est pas tout ; calculer des moyennes spatiales et temporelles de température pose problème.

Un indicateur doit être spécifique (critique des moyennes spatiales)

Avant toute chose, il est bon de se rappeler qu'un *climat global n'existe pas*, tous les géographes vous le diront (Figure 3).

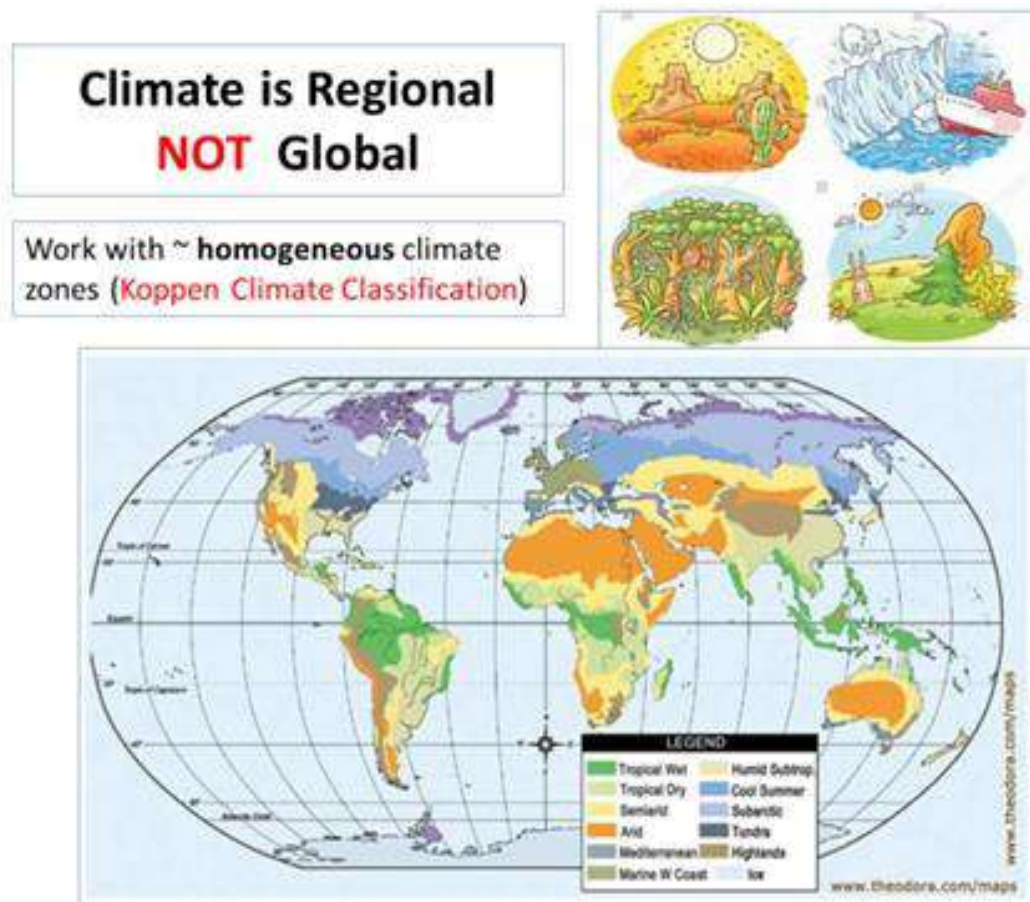


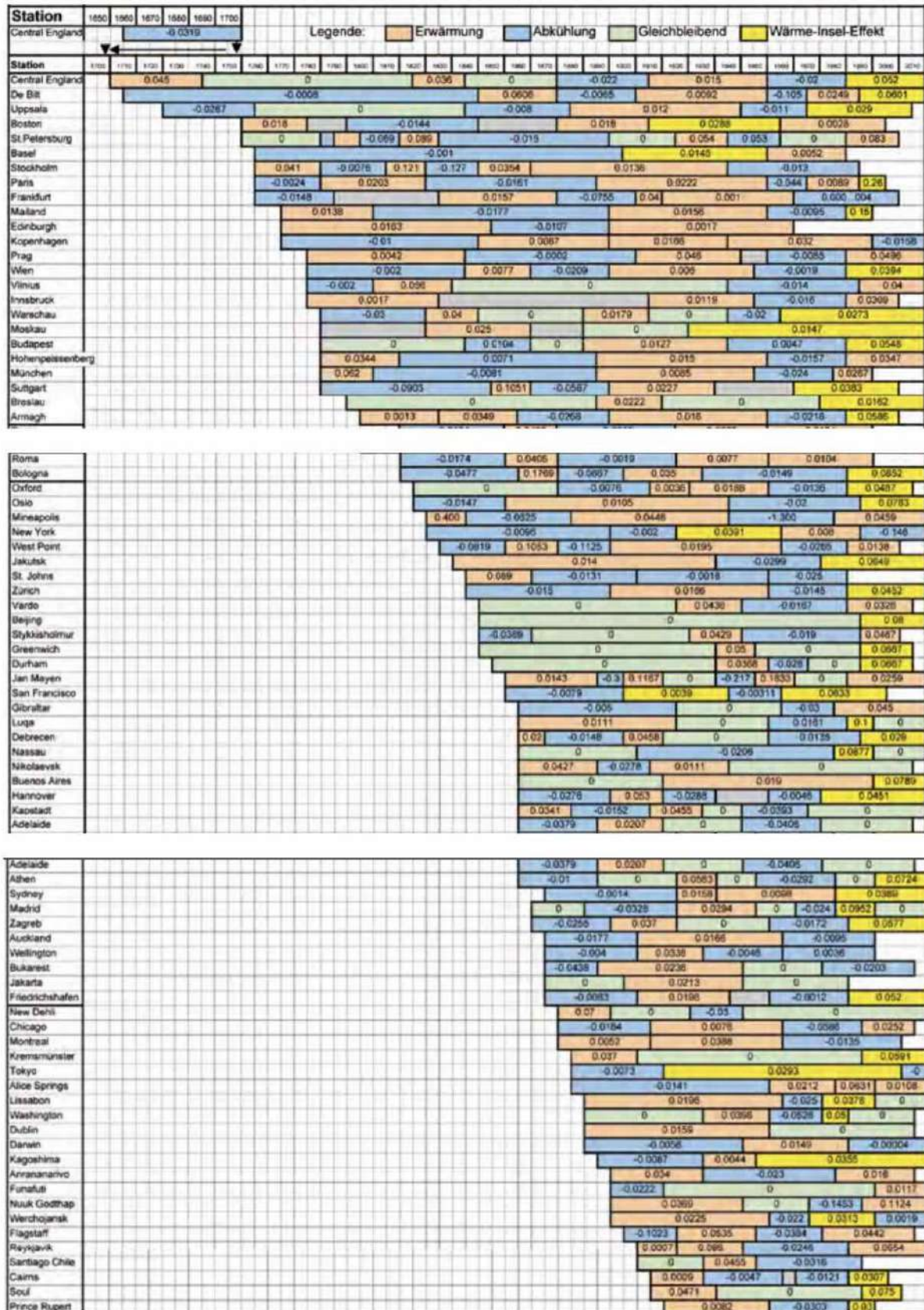
Figure 3 : Zones climatiques définies par les géographes (Classification de Koppen) Les composantes cycliques apériodiques et non synchrones

De plus, moyenniser spatialement des anomalies locales de température efface en grande partie les composantes saisonnières. Lorsque l'hémisphère Nord est en hiver, l'hémisphère Sud est en été. A première vue, ces cycles naturels devraient se compenser et donc s'annuler en les sommant.

Mais en plus, des phénomènes géophysiques, comme le vortex polaire descendant pour un temps le long de l'une ou l'autre longitude, ou El Nino, interviennent également et provoquent des fluctuations de température cycliques locales mais asynchrones d'un point à l'autre du Globe.

Moyenniser spatialement élimine dans une certaine mesure ces fluctuations naturelles, et minimise leur effet sur un indicateur global ; mais, considérées localement, elles jouent un rôle plus important que les anomalies globales de température. C'est une des raisons pour lesquelles *les modèles du GIEC, calibrés sur les anomalies globales de température sont incapables de décrire correctement les fluctuations locales ou régionales de température : Ces modèles sous-estiment algorithmiquement les fluctuations naturelles locales. Or ce sont celles-ci qui importent. En effet, les conséquences du changement climatique, comme les sécheresses, inondations, tornades voire la nécessité de transformer une population entière en réfugiés climatiques, s'évaluent localement. Il y a donc des raisons objectives de travailler avec des grandeurs locales plutôt qu'avec des indicateurs globaux n'ayant aucun sens physique, et introduisant de plus des biais et fausses tendances, comme il sera montré ci-dessous (Figure 4).*

LE CONCEPT DE TEMPERATURE GLOBALE



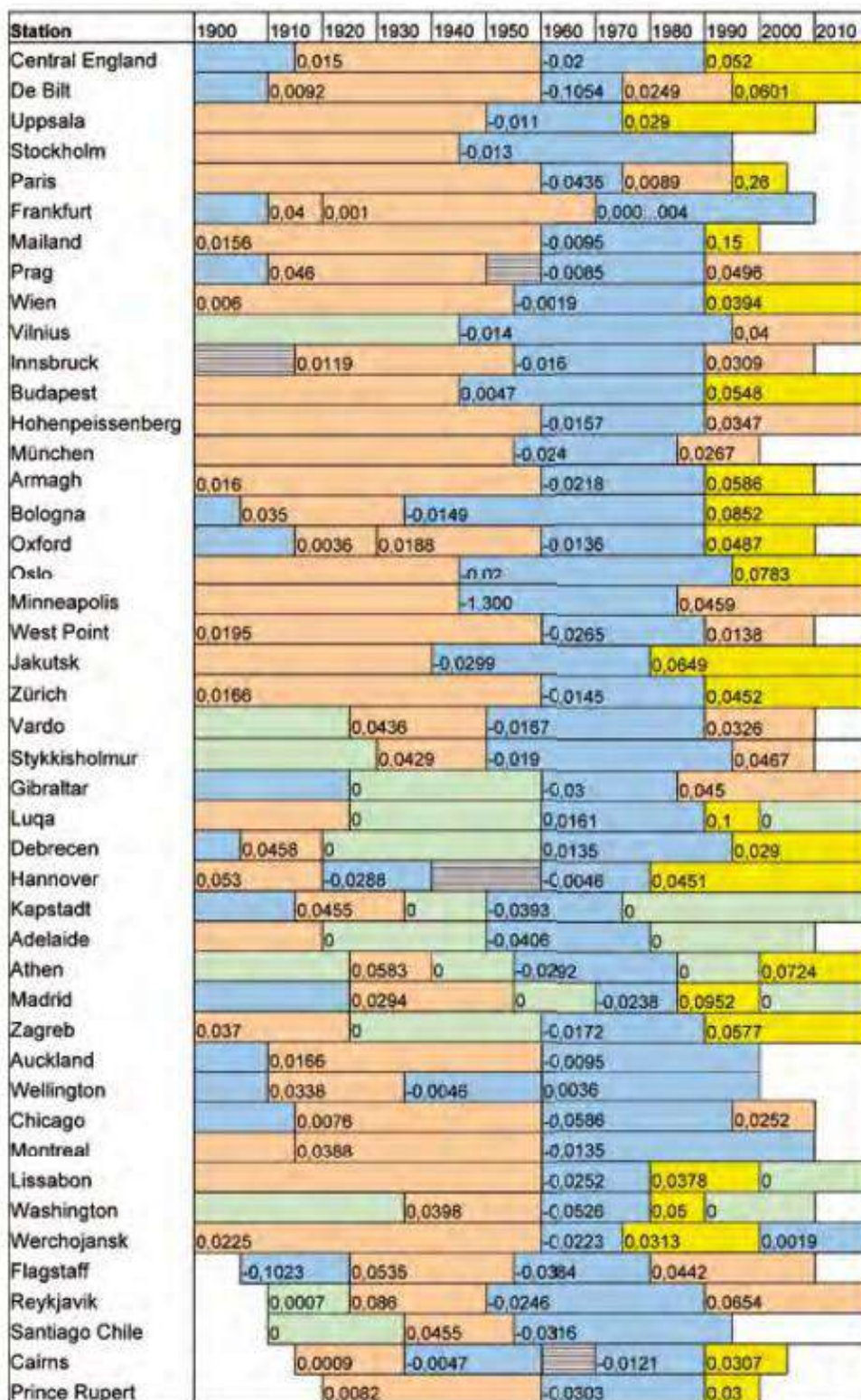
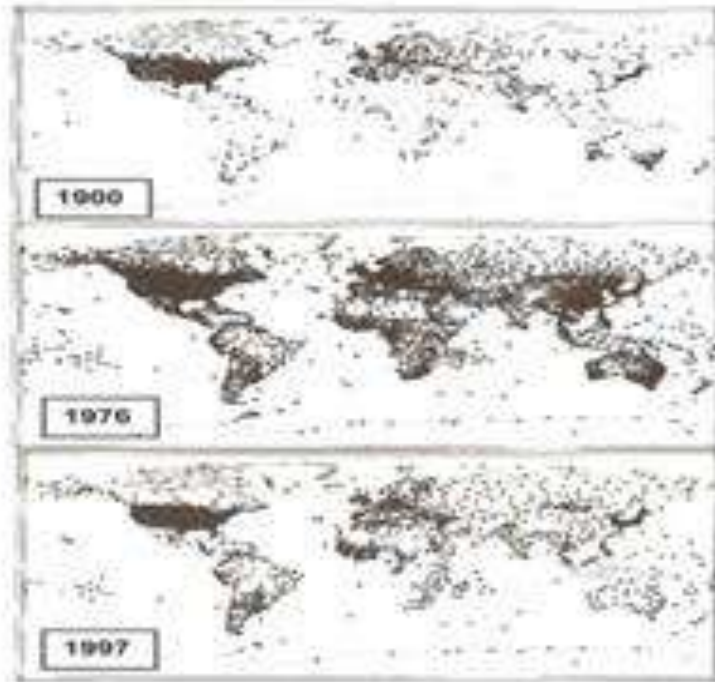


Tabelle 12: Einstrahlungsbedingte Einflüsse überlagern örtliche Gegebenheiten, 1900 – 2010

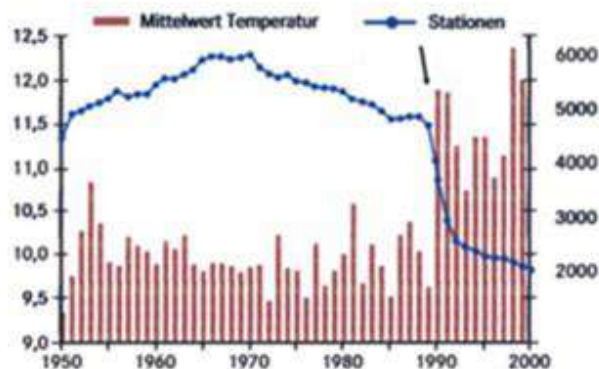
Figure 4 : Historique des fluctuations de température locale. Localement la température varie de façon cyclique mais également de façon asynchrone d'un point à l'autre. Moyenner des signaux cycliques non synchrones pour en faire un indicateur global efface ces fluctuations. Mais les conséquences climatiques se ressentent localement. Par conséquent, utiliser un indicateur global pour évaluer un effet local sous-estime l'effet des variations climatiques en un point donné. (Traduction des codes couleurs donnés en haut de l'image, de gauche à droite : réchauffement, refroidissement, stabilisation, effet d'îlot urbain). Les chiffres dans les cases correspondent aux augmentations ou diminutions de température sur la période considérée » (Source: Ewert F.K. Fusion 32, 2011 Nr3 pg 31-61).

Un autre problème affectant la qualité des mesures globales réside dans le fait, qu'au fil du temps, le nombre de stations a considérablement diminué, notamment suite à la décolonisation du continent africain et à l'effondrement de l'URSS, et des restrictions budgétaires qui en ont découlé, à la fin du siècle précédent (Figures 5a et 5b)

Localization of meteo stations vs Time



Is there an Effect of the Number of Meteo Stations on the Estimate of Earth Temperature?



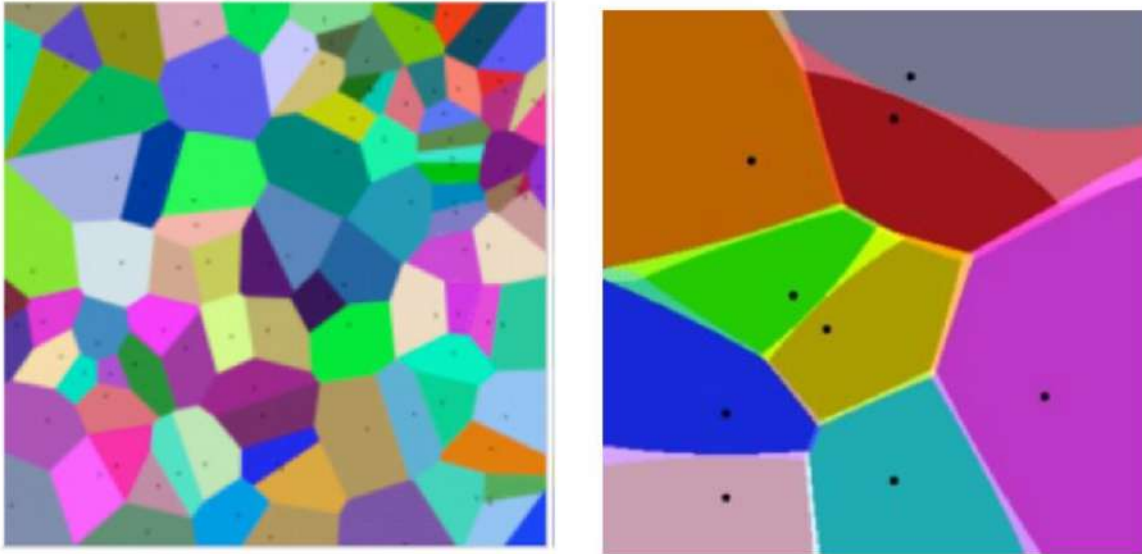
Source: Michael Limburg, 2011

Figure 5 : Nombre de stations météo en fonction du temps. **Fig 5a :** Localisation des stations météo en fonction du temps. L'effet de la colonisation et du développement du transport international dans un premier temps, et ensuite celui de la décolonisation en Afrique et la chute de l'URSS ont eu un effet important sur la répartition géographique et sur le nombre de stations météo. La grande majorité des stations météo terrestres sont localisées aux USA. **Fig5b :** Superposition du nombre de stations météo et du calcul de la température globale moyenne (°C) 1990, correspondant à la chute de l'URSS, voit un changement du nombre de stations météo en activité et également une

augmentation notable de la température globale moyenne calculée Bien sûr coïncidence ne veut pas toujours dire causalité.
(<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/v2/v2.temperature.readme>)

Or pour calculer la température globale moyenne ou son anomalie, on utilise une forme de pondération des mesures ponctuelles, par des algorithmes comme celui de *Voronoi*. Ce dernier attribue la température d'une station de mesure à tous les points qui sont plus proches de cette station de mesure que d'une autre, définissant ainsi une « zone de contrôle » (Figure 6).

Voronoi Diagram for Spatial averaging



Averaging technique: all points in space closer to a given measurement station are supposed to have same temperature as that station.

Effect of number of station on average temperature calculated over total space?

Figure 6 : Illustration de l'algorithme de Voronoi. Les zones de contrôle sont identifiées par des couleurs différentes. Lorsque le nombre de stations (représentées par des points noirs) diminue, leurs surfaces de contrôle augmente.

Lorsque le nombre de stations diminue, la représentativité de l'ensemble des stations toujours active diminue, mais aussi la surface de contrôle correspondant aux sites voisins mais toujours actifs augmente, ce qui change leur pondération dans le calcul des moyennes globales. Des discontinuités en résultent dans les mesures globales

Moyennes temporelles

Le GIEC exprime ses résultats sous forme de moyennes mensuelles ou annuelles.

Il se fait que non seulement le Soleil, mais également la Lune, plus petite mais beaucoup plus proche de la Terre, modifient l'ensoleillement local, les forces gravitationnelles (le célèbre problème des 3 corps en mécanique) modifiant légèrement l'orientation de l'axe de rotation de la Terre et donc de son inclinaison par rapport au plan de l'écliptique (Figure 7). Or, dans une année solaire il y a mathématiquement 13 mois lunaires ($365/28 \sim 13.04$) alors que le calendrier sur lequel nous calculons des moyennes mensuelles contient 12 mois de longueur inégale. Il en résulte qu'une date du calendrier solaire, correspond, d'année en année, à des phases différentes de la Lune. Ce fait, bien connu des jardiniers qui « plantent avec la Lune », est totalement négligé par les climatologues.

Malheureusement pour ces derniers, il en résulte aussi, d'année solaire en année solaire, *un résidu d'ajustement temporel d'amplitude comparable aux anomalies de température, qui sont prises comme indicateur de changement climatique*. Ce qui brouille considérablement les cartes.

Sun, Moon & Earth Conjunctions

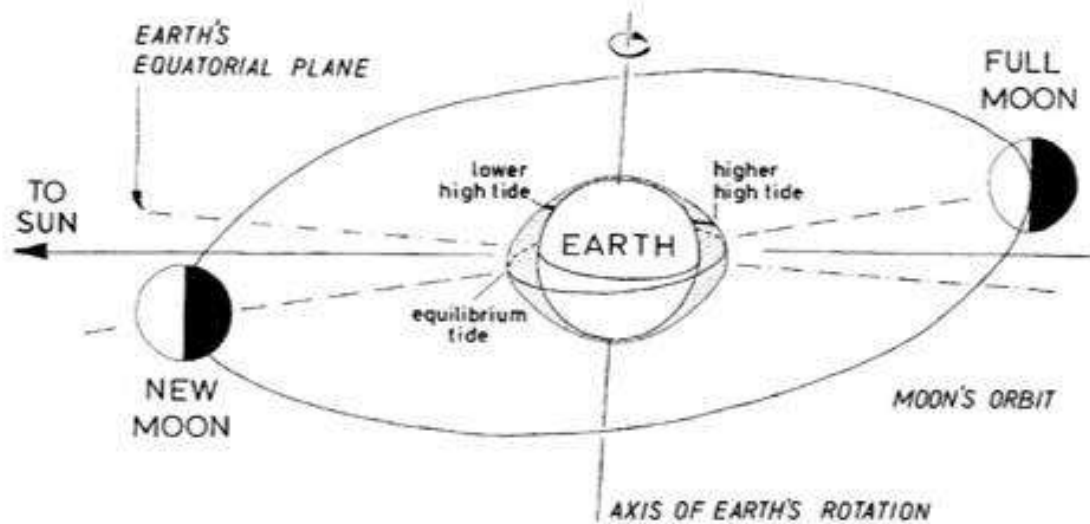


Fig. 2. Diagram showing the Earth-Moon system and the changing axes and orbits which produce tidal changes from twice daily tides to the lunar nodal cycle of, at present, 18.6 a.

Source: HOUSE, M. R. & GALE, A. S (ed), 1995, *Orbital Forcing Timescales and Cyclostratigraphy*. Geological Society Special Publication No. 85, pp-18.

Figure 7 : Système Terre -Soleil -Lune.

Ce fait est négligé car ce n'est que très rarement que l'on prend en compte les variations de température d'un jour à l'autre, la plus grande résolution temporelle utilisée étant mensuelle. Mais si l'on examine les variations quotidiennes de température en un point donné, une périodicité de ~14 jours (à peu près l'harmonique d'ordre de 2 de 29.3 jours caractérisant le mois lunaire) est nettement apparente, comme illustré sur la figure 8 ci-dessous.

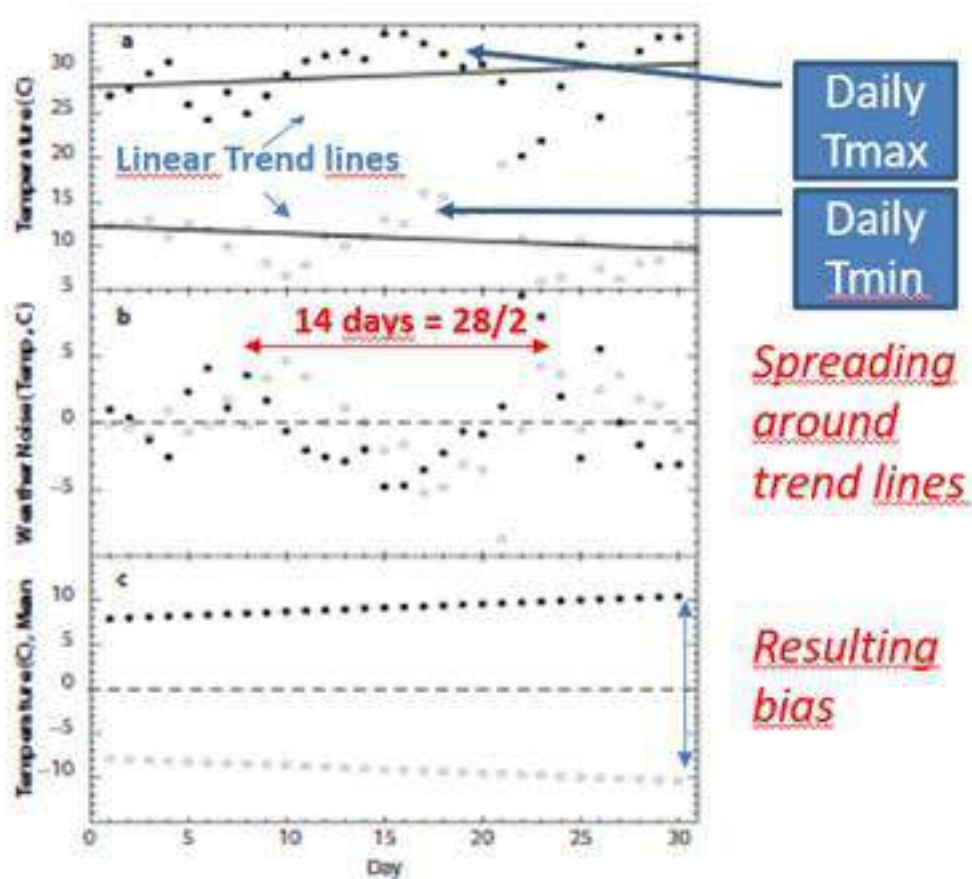


Figure 8 : Relevé de température quotidienne. Une périodicité de 14 jours est apparente dans le relevé des températures maximales, minimales et moyennes, en plus d'une lente dérive correspondant aux fluctuations annuelles. L'amplitude de cette périodicité de 14 jours est de l'ordre de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ autour de la moyenne, dans l'exemple choisi (Vanwvskvlei, Afrique du Sud). L'analyse fréquentielle effectuée sur des données quotidiennes recueillies en divers endroits, pour divers mois de l'année, révèle les mêmes caractéristiques, avec des amplitudes variables et, évidemment, avec la tendance mensuelle changeant selon la saison considérée. (Source: **P. Frank**, *Imposed and Neglected Uncertainty in the Global Average Surface Air Temperature Index, Energy & Environment* · Vol. 22, No. 4, 2011)

Les erreurs induites par cette non-concordance des calendriers peut être illustrée simplement en superposant à une dizaine de sinusoïdes de 365,25 jours, une sinusoïde de moindre amplitude dont la période est de 29,53 jours. Quelques sinusoïdes de très faible amplitude ont été ajoutées pour bruite le signal. Leurs périodes correspondent à des cycles astrophysiques connus perturbant les orbites de la Terre autour du soleil et de la Lune autour de la Terre. Les paramètres utilisés sont regroupés au Tableau 1 ci-dessous.

		T°		Average	Amplitude	Period		Initial phase		
		min	max	°C	°C	years	days	(degree)		
a	sun	3	20	11.5	17	1	365.25	270	terrestrial year (Uccle)	
b				0	0.25	11	4017.75	270	solar year	
c				0	0.2	22	8035.50	270	Hale	
d		-0.1	0.1	0	0.1	60	21915.00	270	Scafetta, Assapoumov	
e	moon	-4	4	0	8		29.53	200	(see Frank paper)	
f				0	0.1	8.85	3232.46	180	lunar perigee	
g				0	0.1	18.6	6793.65	280	lunar nodal (precession)	
h	Chandler wobble			0	0.1	1.17	427.34	320	Chandler wobble	
i				0	0.1	179	65379.75	320		
j		-0.05	0.05	0	0.1	128	46752.00	280	Ludeke & all.	
k		0.05	0.05	0.05	0	240	87660.00	270	Ludeke & all.	

Tableau 1. Paramètres utilisés pour simuler les interactions des calendriers solaires et lunaires. Outre l'année solaire et le mois lunaire, diverses périodicités bien documentées de la Lune et du Soleil ont été ajoutées avec une faible amplitude, pour simuler le bruitage naturel.

Quelques résultats illustratifs de la simulation sont reproduits aux Figures 9, 10 et 11 ci-dessous.

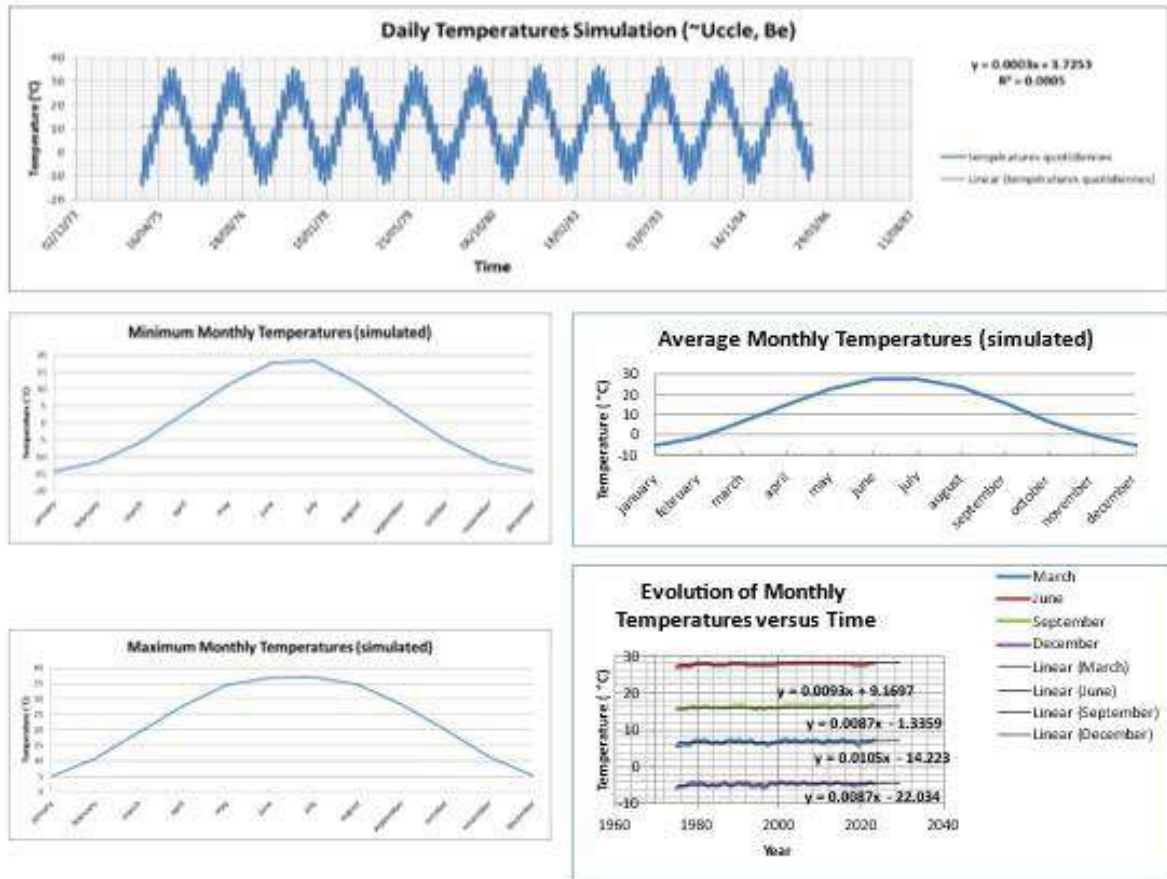


Figure 9 : Simulation des moyennes mensuelles (calendrier solaire) résultant de la superposition d'une sinusoïde de période égale à 365 jours et d'une autre de période égale à 28 jours.

L'évolution des températures mensuelles simulées est représentée à la Figure 10. Pour la valeur choisie des paramètres, Un profil comparable aux anomalies de température est généré, y compris une pente positive de la droite de régression. Le GIEC attribue les soubresauts de la courbe à des phénomènes naturels de courte durée (El Nino, volcanisme, etc.). Il est à remarquer que la simulation présente également une « pause. », comme les anomalies de température calculées à partir des données météorologiques.

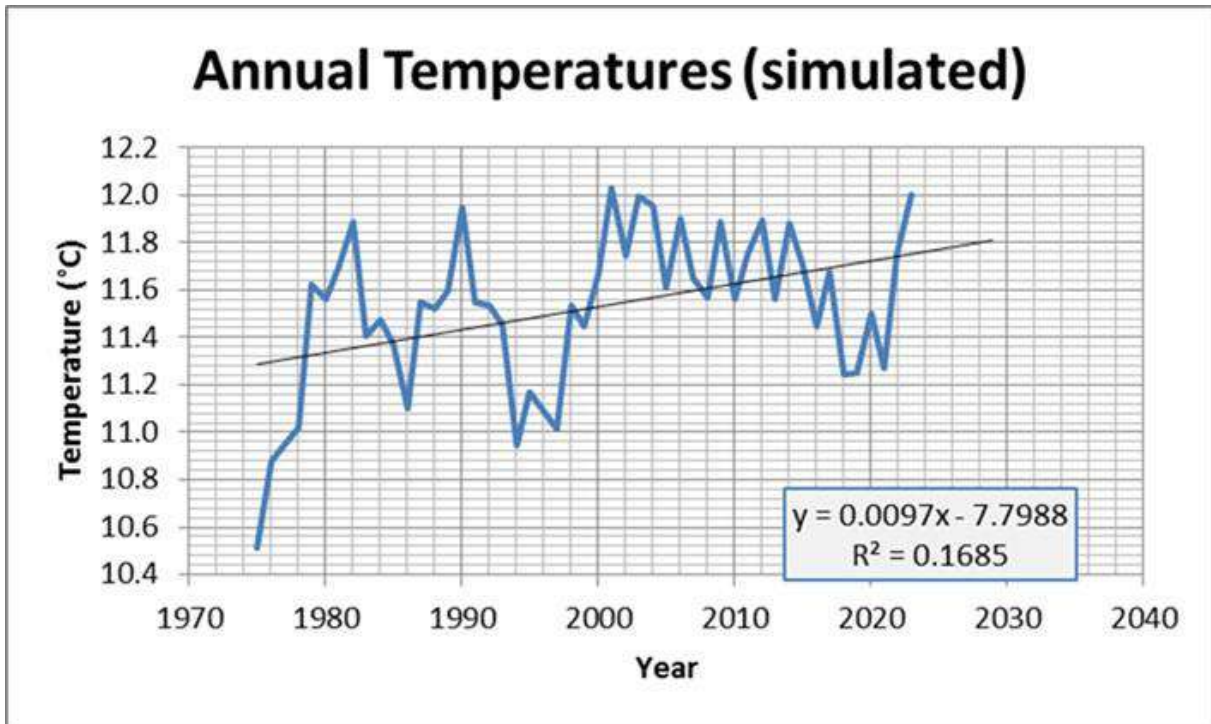


Figure 10 : Simulation des anomalies de température résultant de la superposition d'une sinusoïde de période égale à 365 jours et d'une autre de période égale à 28 jours. L'allure et l'amplitude sont comparables aux anomalies de température rapportées par le GIEC. La droite de régression présente une pente positive, alors que le signal est parfaitement stationnaire. Les soubresauts de la courbe ont été « artificiellement » liés à des événements fictifs, pour singer les explications fournies par le GIEC face à ce genre de résultat.

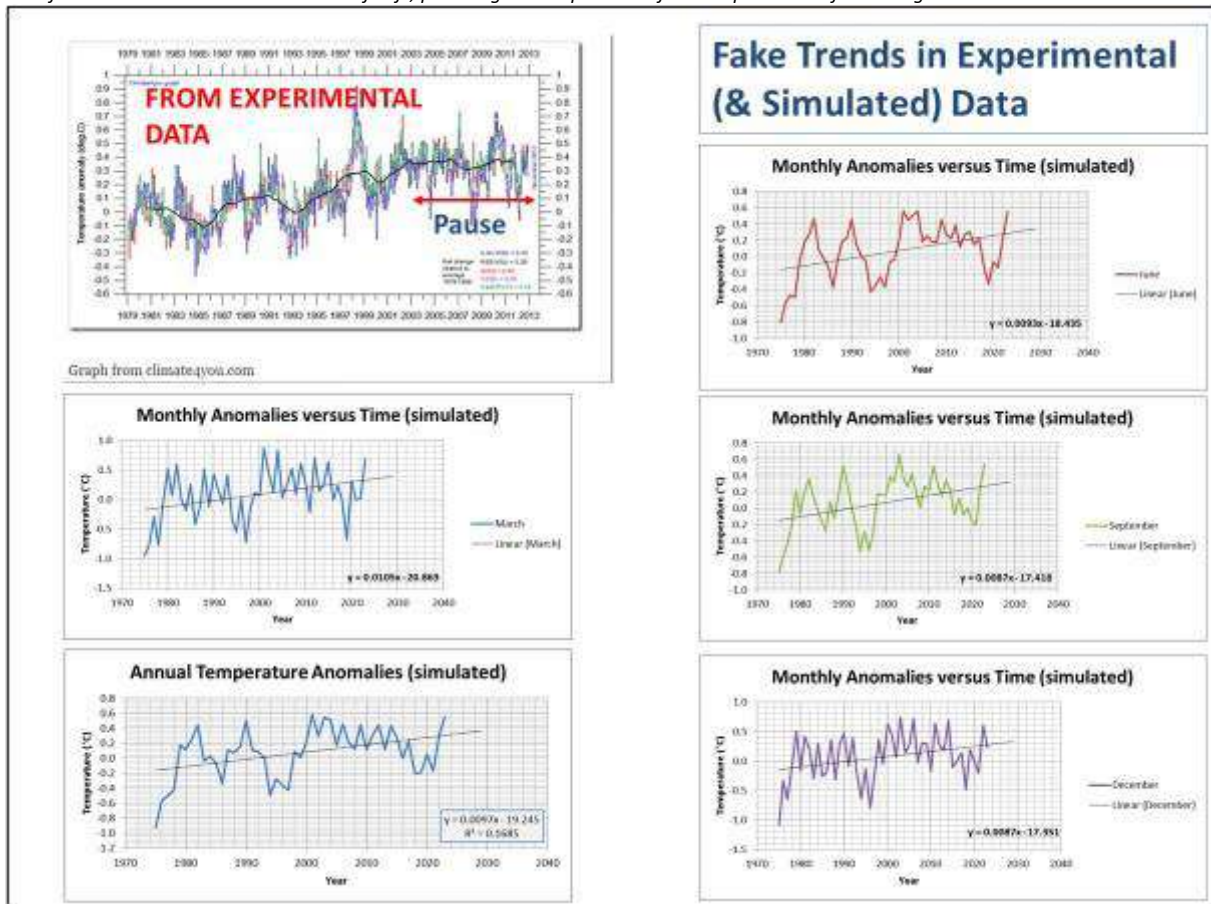


Figure 11 : Comparaison entre anomalies réelles et simulées (obtenues par superposition d'une sinusoïde de période égale à 365 jours et d'une autre de période égale à 28 jours). La courbe expérimentale est donnée dans le coin supérieur gauche de la figure. Toutes les autres figures sont des simulations de séries temporelles annuelles ou mensuelles ; leurs droites de régression présentent une tendance positive.

La Figure 11 permet la comparaison directe de ces simulations avec les anomalies de température. La ressemblance est frappante. Nous laissons au lecteur le soin d'en tirer ses conclusions personnelles.

Au passage, remarquons que l'amplitude des marées océaniques résulte essentiellement de l'effet de la Lune, modulé par l'effet de la position du Soleil, ce qui occasionne les grandes marées et affecte la distribution des courants marins. Il n'est pas interdit de penser, bien que les données précises fassent défaut, que les mêmes forces gravitationnelles influent sur la structure et la dynamique de l'atmosphère, présentant une inertie 1000 fois moindre que l'océan, par exemple sur la position des jet streams ou les caractéristiques de la circulation de Walker, des cellules de Hadley ou encore des cellules polaires.

Remarquons aussi que ce déphasage variable d'année en année entre calendrier solaire et lunaire est aussi la raison pour laquelle le Ramadan, basé sur un calendrier lunaire, se produit à des dates différentes, d'année en année, en se référant au calendrier solaire.

Les anomalies locales de température

Mais même si l'on se cantonne à utiliser des indicateurs locaux, des problèmes subsistent. Le concept d'anomalie locale de température, prôné par la WMO (World Meteorological Association) consiste à comparer la température observée en un point à la moyenne calculée sur une période de référence donnée de 30 ans. La justification des anomalies de température réside dans le fait qu'il s'agit d'une méthode commode pour comparer les variations de température en divers points du globe, les températures locales pouvant varier de l'ordre de 100°C entre les Pôles et l'Equateur. Il a été convenu initialement, de réajuster la période de référence tous les 30 ans (1930-1960, 1960-1990, 1990-2020). Le dernier ajustement est toujours l'objet d'âpres discussions, la WMO préférant garder la période de référence 1960-1990. Certains, qualifiés de complotistes par la « Science climatique officielle » y voient une volonté désespérée de camoufler le fait que ces anomalies, comparées à la période 1990-2020 ont une fâcheuse tendance à stagner, ce qui compromet gravement l'agenda politique lié à la (soi-disant) urgence climatique.

Malheureusement, les anomalies de température introduisent des fausses tendances et des biais induits par des composantes cycliques naturelles de température dont la période excède la période de référence utilisée pour calculer les anomalies (30 ans), et de telles composantes climatiques naturelles sont nombreuses (cfr Tableau 2).

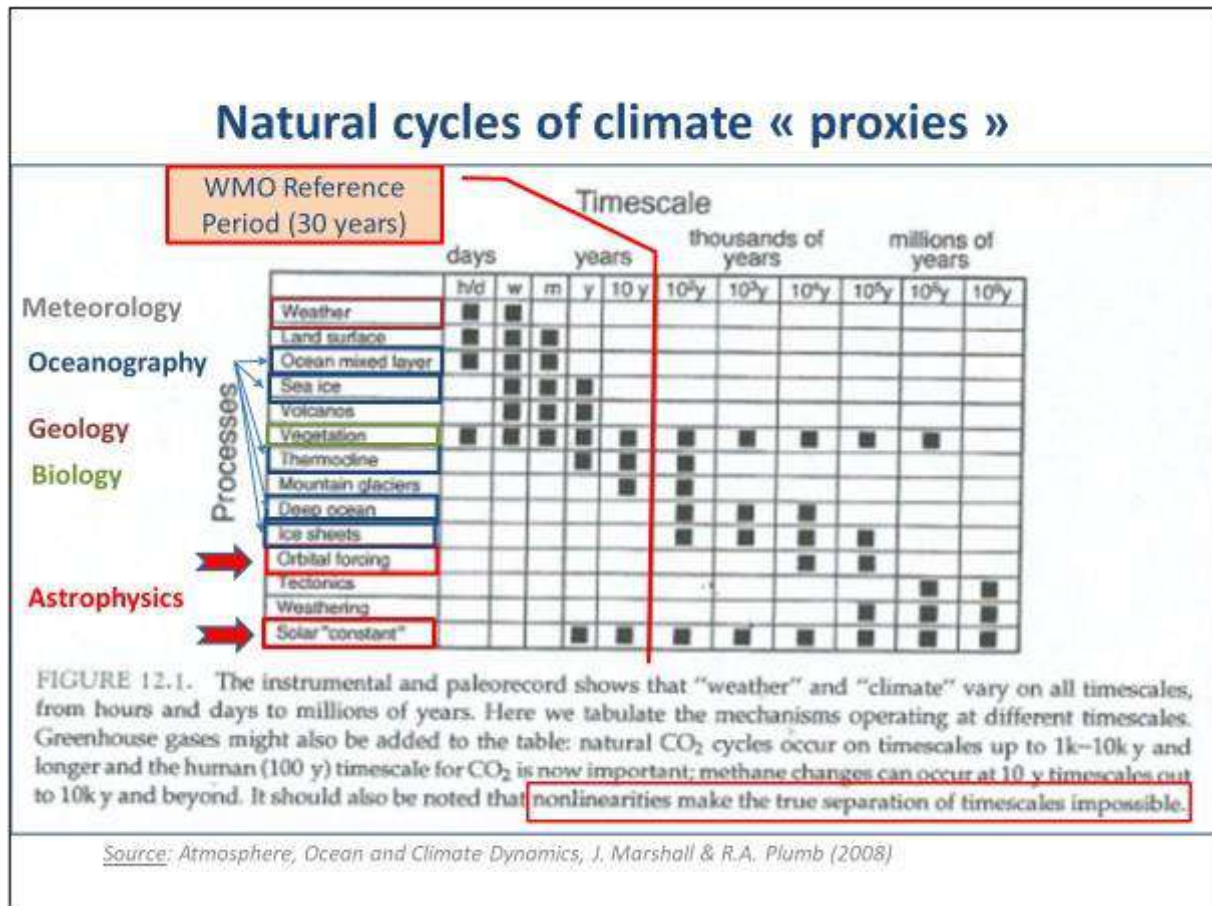


Tableau 2 : Quelques cycles naturels comparés à la période de référence utilisée pour calculer les anomalies de température.

Illustrons le mécanisme avec une simple sinusoïde de période égale à 180 ans (une composante périodique bien connue des séries temporelles climatiques), et voyons ce que donnerait le calcul des anomalies le long de cette sinusoïde, la période de référence étant 30 ans, comme il est d'usage (Figure 12).

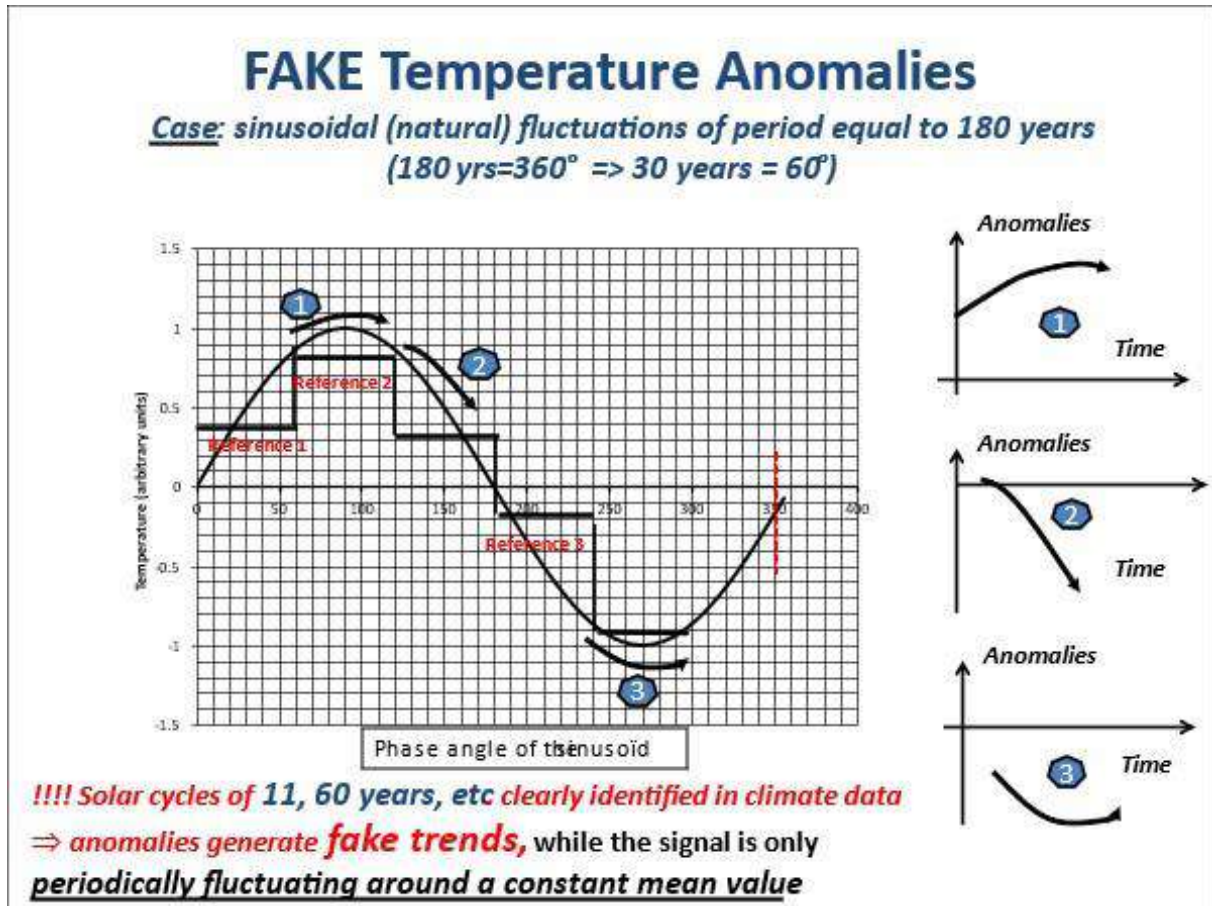


Figure 12 : simulation de l'allure des anomalies de température. Le calcul est effectué pour une sinusoïde de période égale à 360° et des périodes de référence utilisées pour calculer les anomalies égales à 60° (équivalent à une période de 180 ans et une période de référence pour calculer les anomalies de 30 ans). Ces périodes de référence sont représentées par les traits rouges sur la figure. Une sinusoïde ne présente bien entendu aucune tendance, évoluant autour d'une horizontale. Les 3 cas illustrés montrent des anomalies significatives, ayant des allures nettement différentes les unes des autres, et qui sont toutes fictives.

Outre de fausses tendances, le concept d'anomalie induit également des biais variables selon l'instant initial et la longueur de la période de référence, dans le cas d'un signal polycyclique. L'effet a été simulé à la Figure 13, pour le cas d'une simple sinusoïde. Cet effet produit non seulement des biais mais également des discontinuités lorsqu'on passe d'une période référence à une autre.

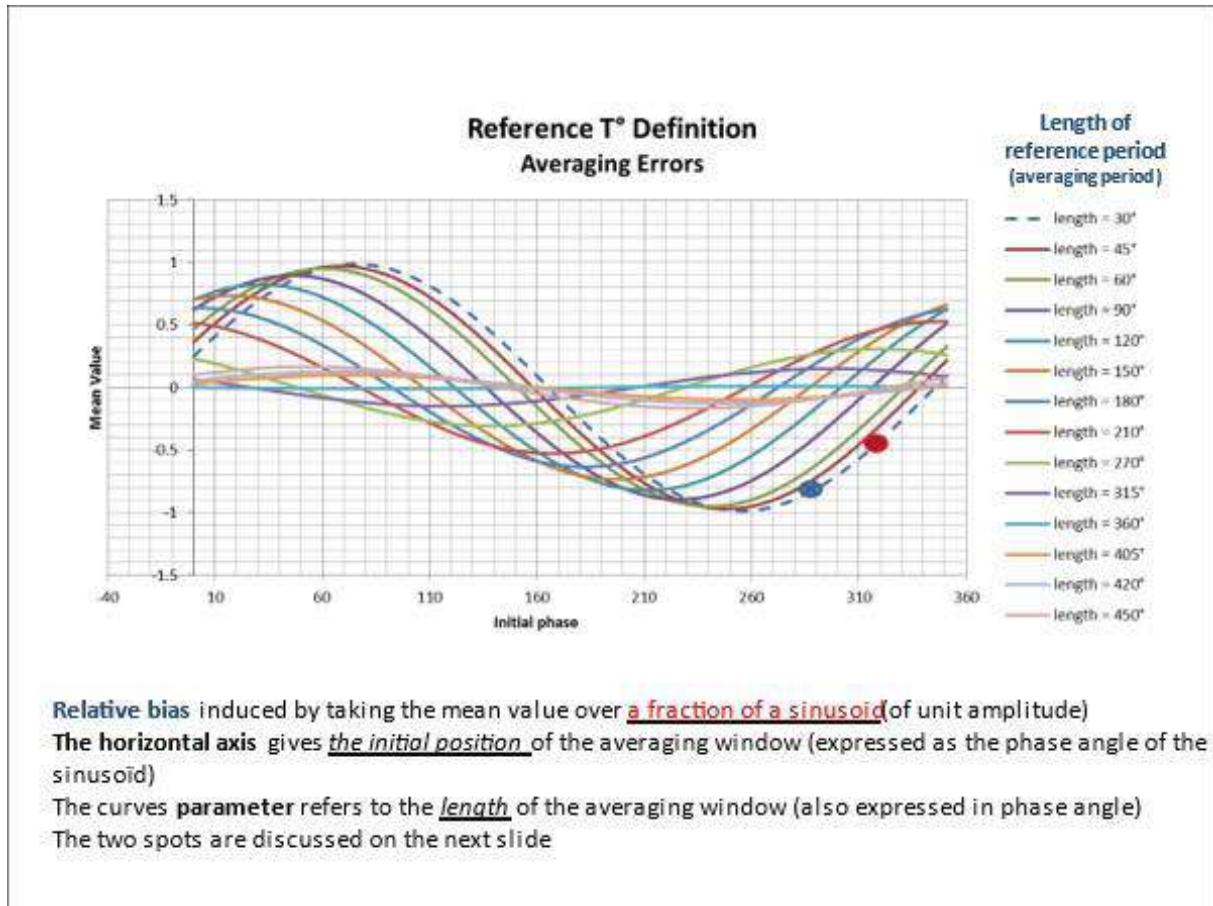


Figure 13 : Biais de la valeur de référence utilisée pour calculer les anomalies selon la longueur de la période de référence. La période de la sinusoïde d'amplitude unitaire est exprimée en degrés (360°). Les courbes représentent les longueurs des périodes de références permettant de calculer les anomalies. Elles sont également représentées en degrés (ce qui représente des fractions de la période). Les points des différentes courbes correspondent au décalage initial de la période de référence. Ces biais sont très variables et peuvent atteindre l'amplitude même de la sinusoïde. Cette figure révèle aussi l'existence d'un problème de raccord « en escalier » lorsqu'on passe d'une période de référence à l'autre, le biais change dans un sens ou l'autre, selon la position que l'on occupe sur la sinusoïde. Les deux points ajoutés aux courbes illustrent ce problème.

Pour résumer nos griefs, disons simplement que l'utilisation d'anomalies de température pose un triple problème « mathématique : elle induit des fausses tendances, des biais et occasionne des problèmes de raccord lorsqu'on passe d'une fenêtre de référence à l'autre (1930-1960, 1960-1990, et éventuellement 1990-2020, pour reprendre la convention de la WMO et du GIEC, qui n'est pas celle de la Nasa ; cette dernière initie sa première période de référence au moment du lancement des premiers satellites météo ; ce qui, bien que logique dans son chef, ajoute encore à la confusion).

Fiabilité des mesures locales

Après avoir montré les dangers résultant de l'utilisation d'anomalies de température, qu'elles soient globales ou locales, il convient aussi de s'interroger sur la qualité des mesures individuelles « brutes » telles que collectées et enregistrées dans les bases de données « primaires » dont sont extraites les moyennes mensuelles, annuelles et leurs anomalies

La température du jour

La température varie au long d'une journée, avec une amplitude qui dépend de la couverture nuageuse locale, jouant le rôle de persienne pendant le jour et de couverture pendant la nuit. Plus la couverture nuageuse est importante, moins grande est l'amplitude des variations de température jour-nuit. En l'absence de nuages, les variations quotidiennes de température peuvent dépasser 20°C en moyenne

montagne européenne, par exemple. Se pose donc la question de savoir quelle température est représentative d'une journée donnée. En fait, il y a plusieurs méthodes différentes (moyenne maximum + minimum, moyenne de températures relevées à des heures précises, relevé continu et moyenne des mesures, etc.) et ces méthodes ne sont pas toujours explicitées. Ce qui constitue un premier type d'erreur (Figure 14).

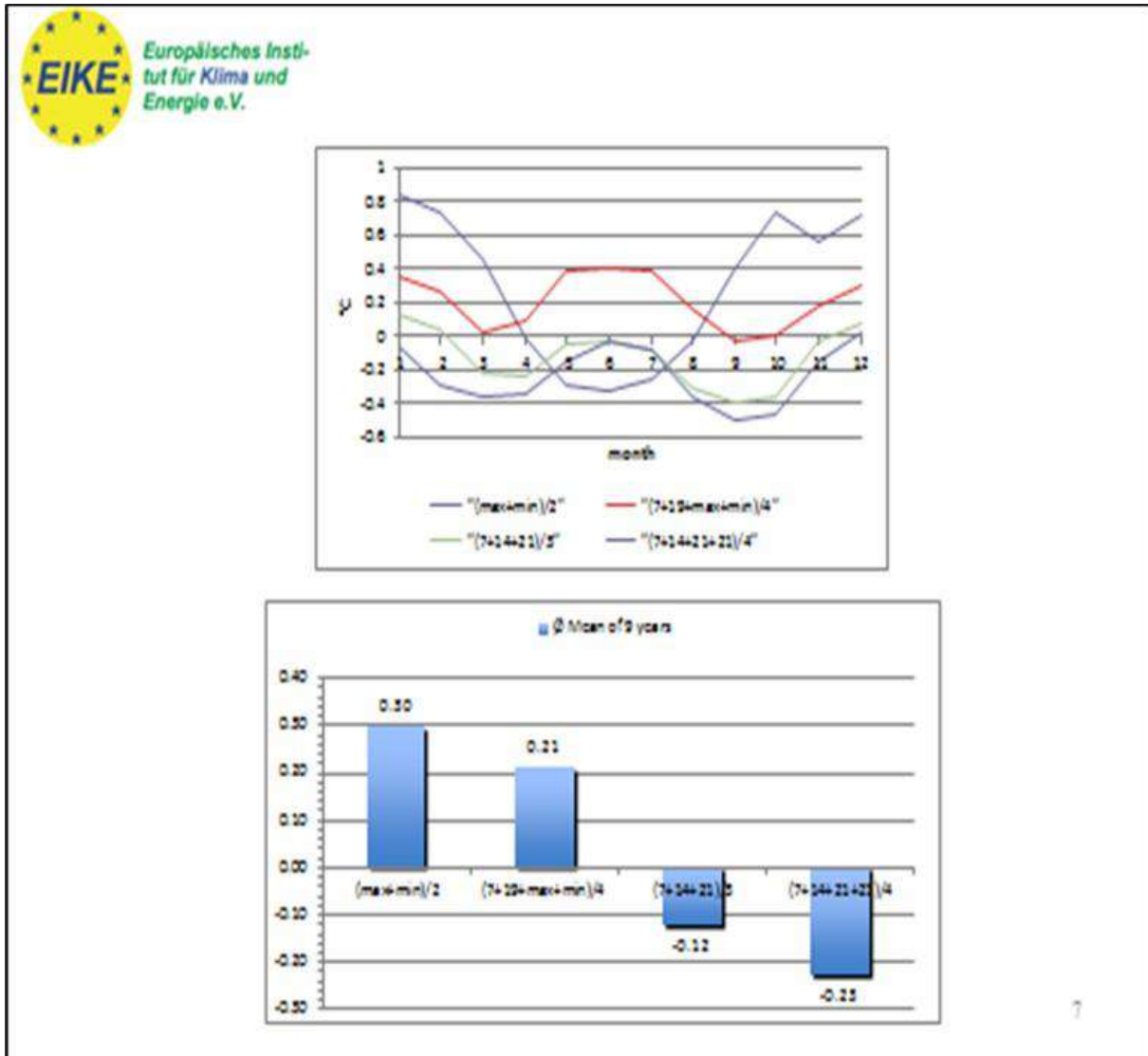


Figure 14 : Algorithmes définissant la température du jour et erreurs par rapport à la vraie température moyenne déduite par intégration de mesures continues de température au long des 24 heures d'une journée. L'erreur est de l'ordre de $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$

Relevés terrestres

Les séries de mesures les plus longues, enregistrées par thermomètre ont environ 300 ans. Les conditions ont été progressivement normalisées pour aboutir aux abris Stevenson ; ceux-ci ont été remplacés ultérieurement et progressivement par des capteurs (thermocouples thermistances ou thermomètre à filament de platine), nécessitant à chaque fois des recalibrages. L'environnement de ces capteurs a par ailleurs été modifié au fil du temps par urbanisation, asphaltage, etc. (« effet d'îlot urbain ») Un grand nombre de ces capteurs sont maintenant localisés à proximité immédiate de bâtiments accumulant ou réfléchissant les radiations solaires, parfois à proximité d'installations de conditionnement d'air, si ce n'est sur le tarmac d'aéroport à portée des gaz d'échappement des avions et autres engins manœuvrant sur les pistes. Il a été estimé, sur base d'une vaste enquête

menée par Antony Watts (du site WattsUpWithThat), que seules 10 % des installations sur le sol américain présentent une erreur de mesure inférieure à 1°C (Figure 15).

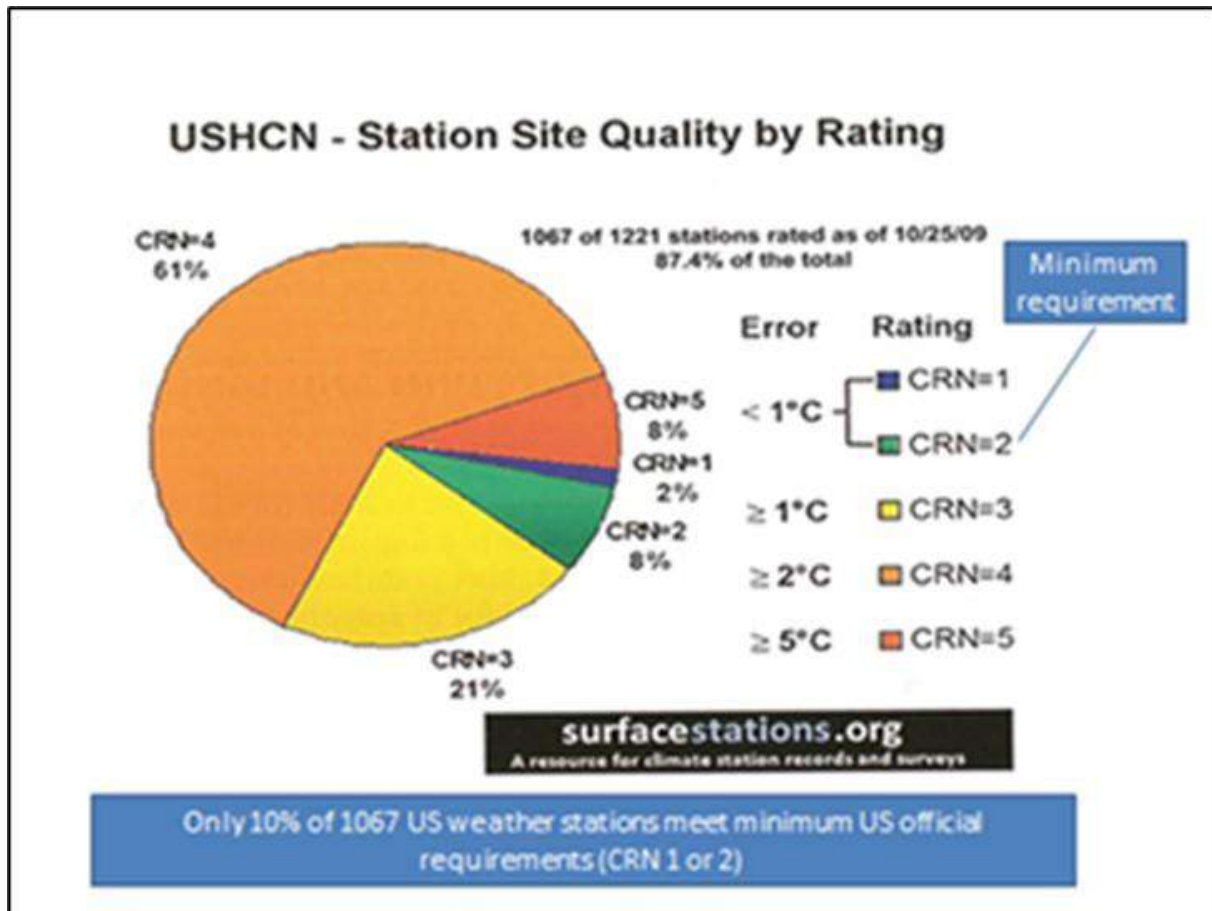


Figure 15. Précision des mesures relevées dans les stations météo terrestres aux USA. Moins de 10% des 1221 stations examinées présentent une erreur inférieure à 1°C.

Les données manquent pour les autres pays, mais on peut raisonnablement penser que le résultat sera comparable, si pas pire. De plus, une correction d'altitude du point de mesure doit être effectuée pour ramener toutes les températures au niveau de la mer. Cette correction est purement théorique basée sur une détente adiabatique au sein de l'atmosphère, une tendance qui ne se vérifie pratiquement jamais, comme les relevés par ballon sonde le prouvent.

Nous sommes donc en présence de plusieurs erreurs, indépendantes les unes des autres, assez souvent corrigées manuellement de façon arbitraire et non transparente, et qui s'accumulent.

Les stations météo sont très utiles pour décrire les conditions locales et faire des prévisions à court terme, mais pas du tout adaptées, de par les erreurs qui entachent les mesures que l'on peut y effectuer, à détecter des fluctuations locales de température de l'ordre du centième de degré par an, comme prétend le faire le GIEC.

Relevés au niveau des océans

Historiquement les mesures de température en mer se faisaient par empotement, dans des conditions plus ou moins normalisées ; elles furent progressivement remplacées par des mesures de température d'eau à l'entrée des circuits de refroidissement des machines, et plus récemment par un réseau de bouées immergées mesurant la température de surface et à différentes profondeurs au sein des océans. L'essentiel des mesures avant la mise en service des bouées se faisait donc le long des routes commerciales les plus fréquentées, ce qui pose un problème de

représentativité, et avec deux techniques différentes, ce qui pose un problème de calibrage et de raccord lorsqu'on passe d'une technique de mesure à l'autre (Figures 16 et 17).

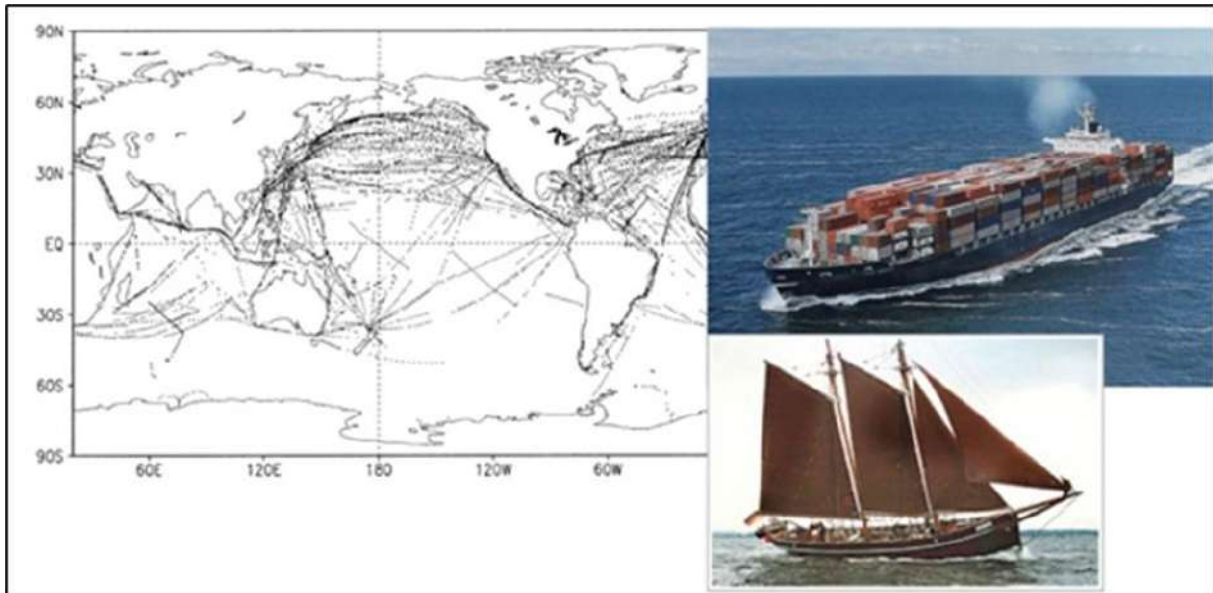


Figure 16: Les petits points sur la carte de gauche représentent la localisation des mesures de température de surface de l'océan effectuées durant la première semaine de janvier 2000, en plein boom de développement du transport maritime. La plupart des mesures ont été effectuées le long des routes maritimes commerciales les plus fréquentées, mettant en question la représentativité spatiale des mesures. L'image supérieure de droite représente un porte-container, dont la passerelle se trouve à 25 m au-dessus de la surface de l'océan et dont la coque est immergée de 10 ou 15 mètres. Le point de prélèvement d'eau de refroidissement se trouve à environ 5 mètres sous la surface de l'océan. L'image située dans le coin inférieur droit (prise aux environs de 1900) montre le navire allemand Atalanta, dont le pont se situe à 1.5 mètres au-dessus de la surface de l'océan.

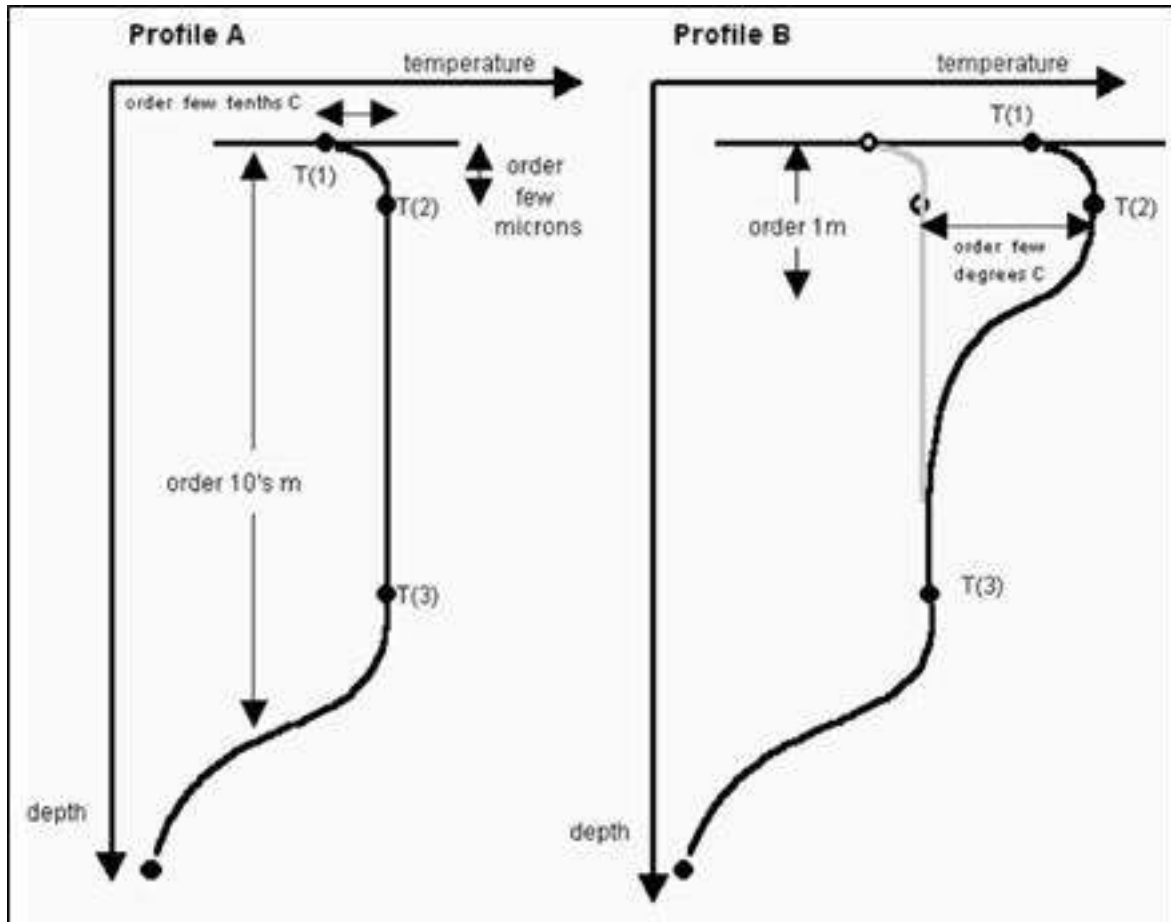


Figure 17 : Profils de température typiques dans la partie supérieure de l'océan. Les températures de surface et celles mesurées à une dizaine de mètres de profondeur peuvent différer de plusieurs degrés C, mais de façon non systématique et donc non corrigible. Ces mesures sont des mesures de température d'eau de surface (SST, Sea Surface Temperature) qui ne sont pas exactement égales aux températures de l'air, tant que le système océan-atmosphère n'est pas à l'équilibre ; ce qu'il n'est jamais.

Les bouées, quant à elles, dérivent librement le long des courants de surface et finissent par remplir peu à peu les océans de façon relativement uniforme, donnant ainsi une meilleure représentativité spatiale des mesures, mais la longueur des séries temporelles de mesures collectées ne dépasse pas quelques dizaines d'années dans les meilleurs des cas, ce qui est trop court pour être de la moindre utilité dans le débat climatique.

La réconciliation des mesures de SST obtenues par différentes méthodes est ardue, du fait que la proportion des techniques utilisées a fortement varié au fil du temps, et surtout parce que pour une bonne partie d'entre elles, la méthode de mesure n'a même pas été identifiée (Figure 18).

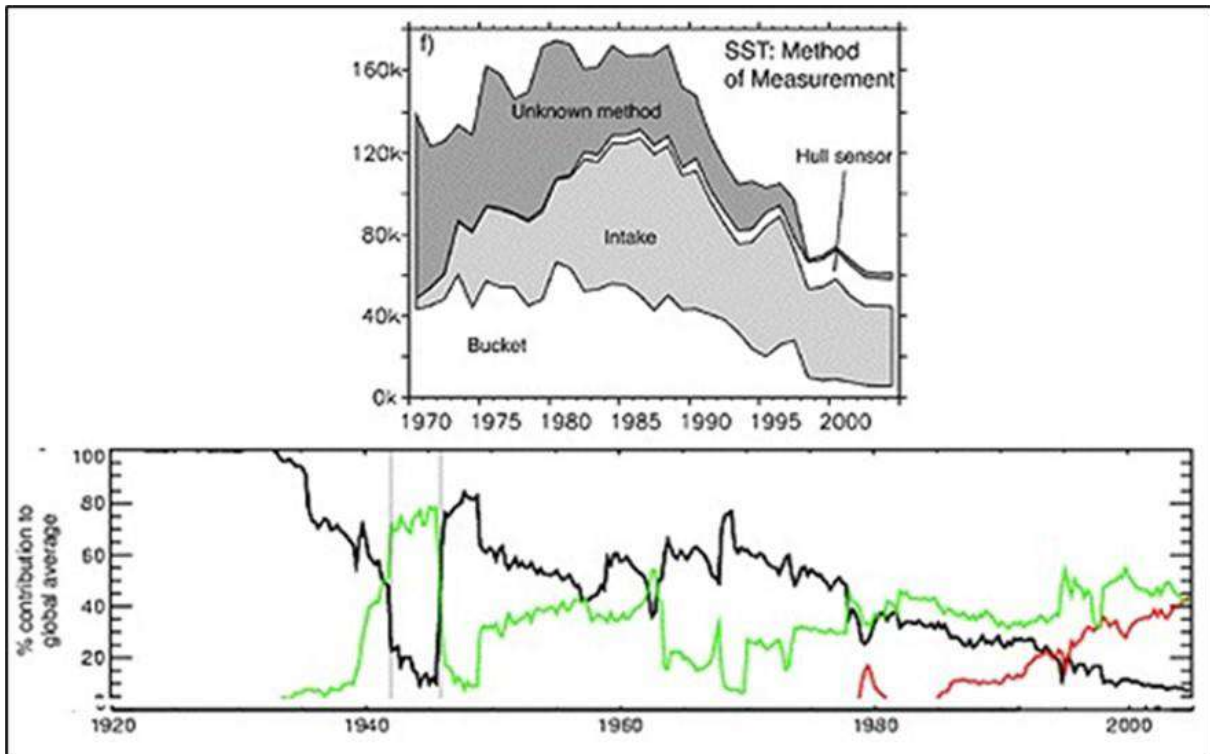


Figure 18 : Méthodes de mesure de la température des eaux de surface en fonction du temps. L'axe vertical représente le nombre de mesures dans la figure supérieure, et les pourcentages dans la figure inférieure où la ligne rouge représente le % de mesures effectuées par bouées, la ligne verte, le nombre de mesures à l'entrée du circuit de refroidissement des moteurs (ERI), et la ligne noire, les mesures par empotement.

Mesures par satellites

Les mesures par satellite présentent l'avantage d'une couverture spatiale uniforme et représentative. Elles souffrent de problème de déviations d'orbite au fil du temps, voire du remplacement d'un satellite par un autre, ce qui pose des problèmes de calibrage et de raccord. Les estimations de température de surface, sur terre et sur les océans, sont basées sur des algorithmes complexes qui sont eux aussi entachés d'erreurs de calibrage. Au contraire des mesures de surface qui mesurent directement la température de l'air ou de la surface de l'océan, les mesures par satellites sont basées sur l'interprétation des radiations émises par le sol ou la surface des océans, et en déduisent les températures correspondantes ; en utilisant des techniques de calibrage complexes, entachées elles aussi d'erreurs considérables (Figure 19).

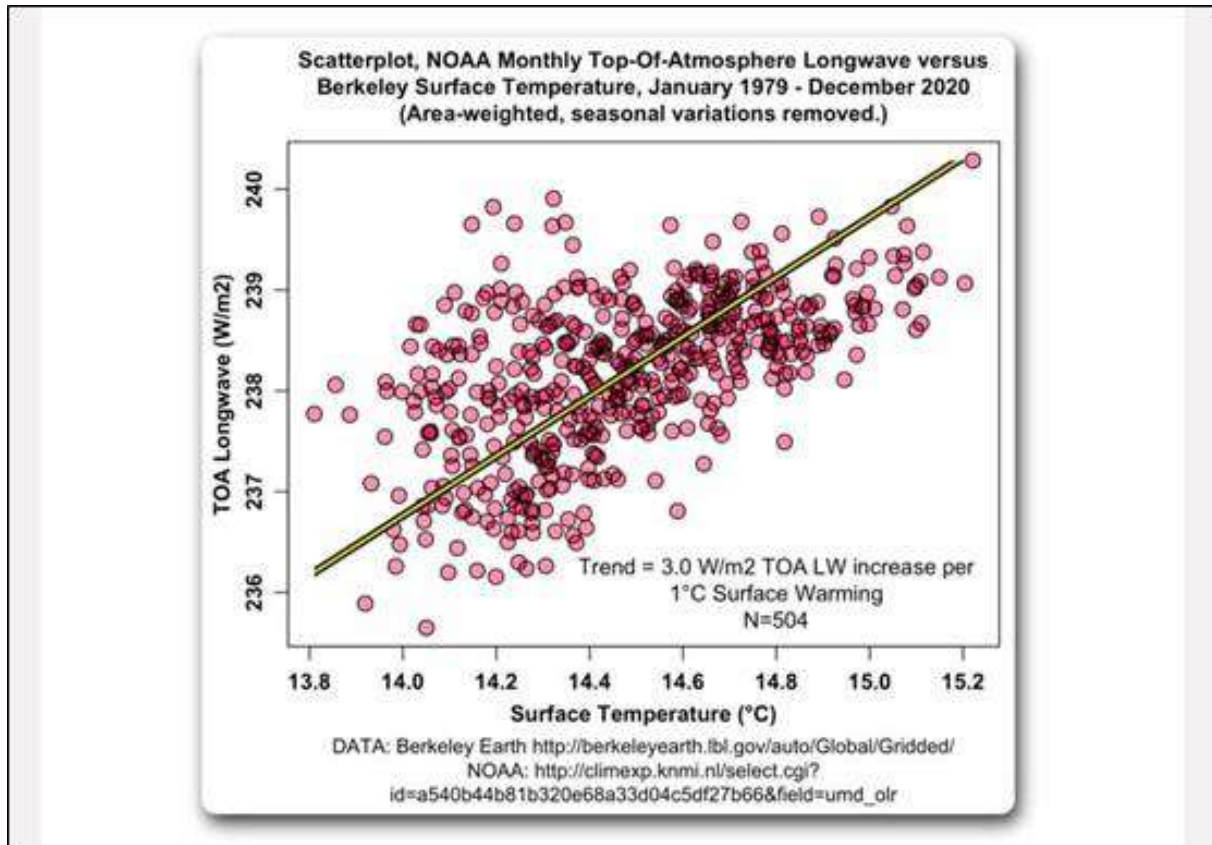


Figure 19 : Calibrage des mesures par satellite (Berkeley data set). A partir d'une mesure reportée en ordonnée (axe vertical), il convient de déduire une valeur lue sur l'axe des abscisses (axe horizontal). A titre d'exemple, Pour une valeur de TOA égale à 238, au centre de la plage de mesures, la plage d'incertitude couvre l'axe horizontal de 13.8°C à 15.0°C, avec une valeur la plus probable de l'ordre de 14.5°C

Les satellites, les bouées et les thermomètres ne mesurent donc pas la même chose. Les différences sont faibles, mais comparables aux tendances de changement climatique que le GIEC prétend détecter sur une décennie.

Suivons malgré tout le GIEC

Admettons ces imperfections, pour ne pas dire erreurs fondamentales, expérimentales, mathématiques ou algorithmiques, et concentrons-nous donc, comme le fait le GIEC, sur les anomalies globales de température et sur la façon de les interpréter.

Le GIEC base essentiellement ses travaux sur les anomalies de température de la période 1980-2022, prétendant que c'est la seule fenêtre temporelle où l'on dispose de mesures fiables, représentatives et distribuées spatialement de façon satisfaisante. Le GIEC présente aussi ses conclusions sous forme de droite de régression ajustant au mieux linéairement les anomalies de température calculées, et déduit de la pente de cette droite de régression une augmentation de température, annuelle, décennale ou centennale, qui fait les gros titres des journaux et pousse les décideurs politiques à adopter, dans l'urgence, des politiques zéro carbone, aux coûts faramineux, pour (soi-disant) sauver la Planète.

Remarquons au passage, comme illustré par l'exemple ci-dessous, que changer le début et la longueur de cette fenêtre de mesure conduit à des résultats radicalement différents,

Global Temperatures

The following figure shows global average temperature from five data sets since the start of the satellite temperature data era in 1979 through October 2009 (RSS MSU and UAH MSU are satellite data, HadCRUT3, NCDC and GISS are surface station data sets – graph from <http://climate4you.com/GlobalTemperatures.htm>).

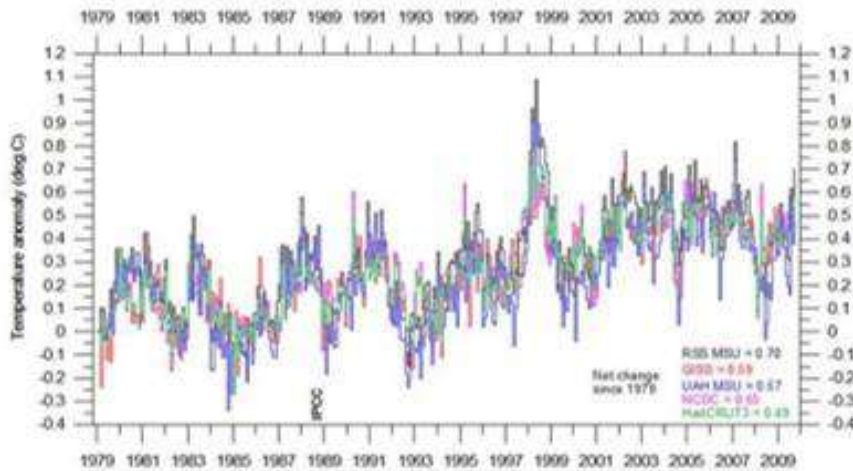
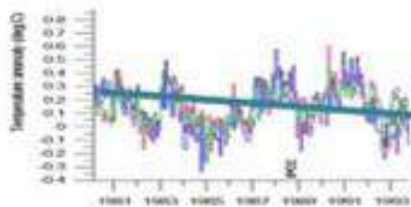
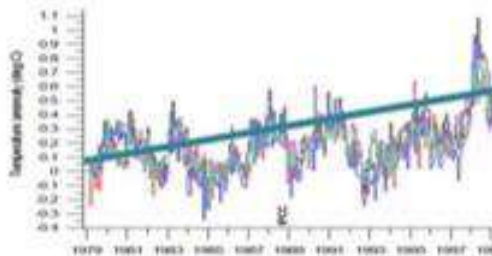


Figure 20 : Données utilisées pour la démonstration de l'effet de la longueur de la fenêtre de mesure et de son instant initial.

Here are some linear trends based on the above data:



A cooling global temperature trend (approx. -0.15 degrees per decade) for the **14 years from 1980 to 1994** . Realistic? No.



A warming global temperature trend (approx. +0.25 degrees per decade) for the **20 years from 1979 to 1999** . Realistic? No.

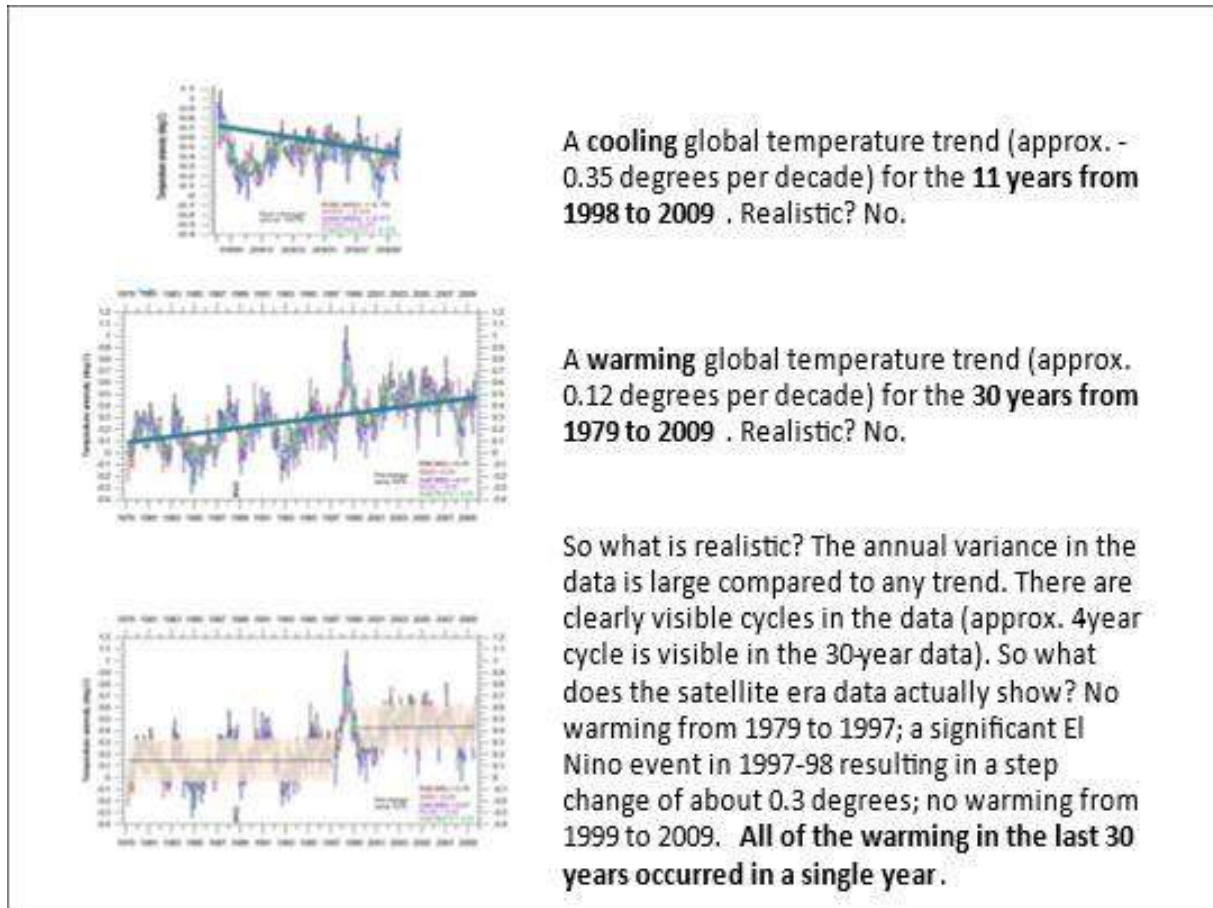


Figure 21 : Droites de régression obtenues avec des fenêtres de mesure commençant à des instants différents et ayant des longueurs différentes. Le résultat est n'importe quoi...

Un esprit mal tourné pourrait penser que la date de 1980, initiant la fenêtre de mesure utilisée par le GIEC, n'aurait donc pas été choisie par hasard. Elle correspond en effet à un minimum de température dans les relevés de température de plus longue durée.

Soit, mais revenons à quelques considérations plus basiques. Il faut savoir que comparer la durée de la fenêtre de mesure aux périodes de composantes cycliques est une des opérations préliminaires de toute analyse sérieuse de séries temporelles. Pour illustrer son importance, on peut considérer une simple sinusoïde de période comparable à la fenêtre de mesure, et tracer les droites de régression correspondant à divers déphasages de la sinusoïde par rapport à la fenêtre de mesure, pour s'apercevoir que l'on obtient tout et n'importe quoi comme résultat, alors que la pente devrait être nulle, une sinusoïde oscillant autour d'une horizontale. Une règle de bonne pratique veut que la fenêtre de mesure excède 6 fois la période de la sinusoïde pour éliminer ces « effets de bord ».

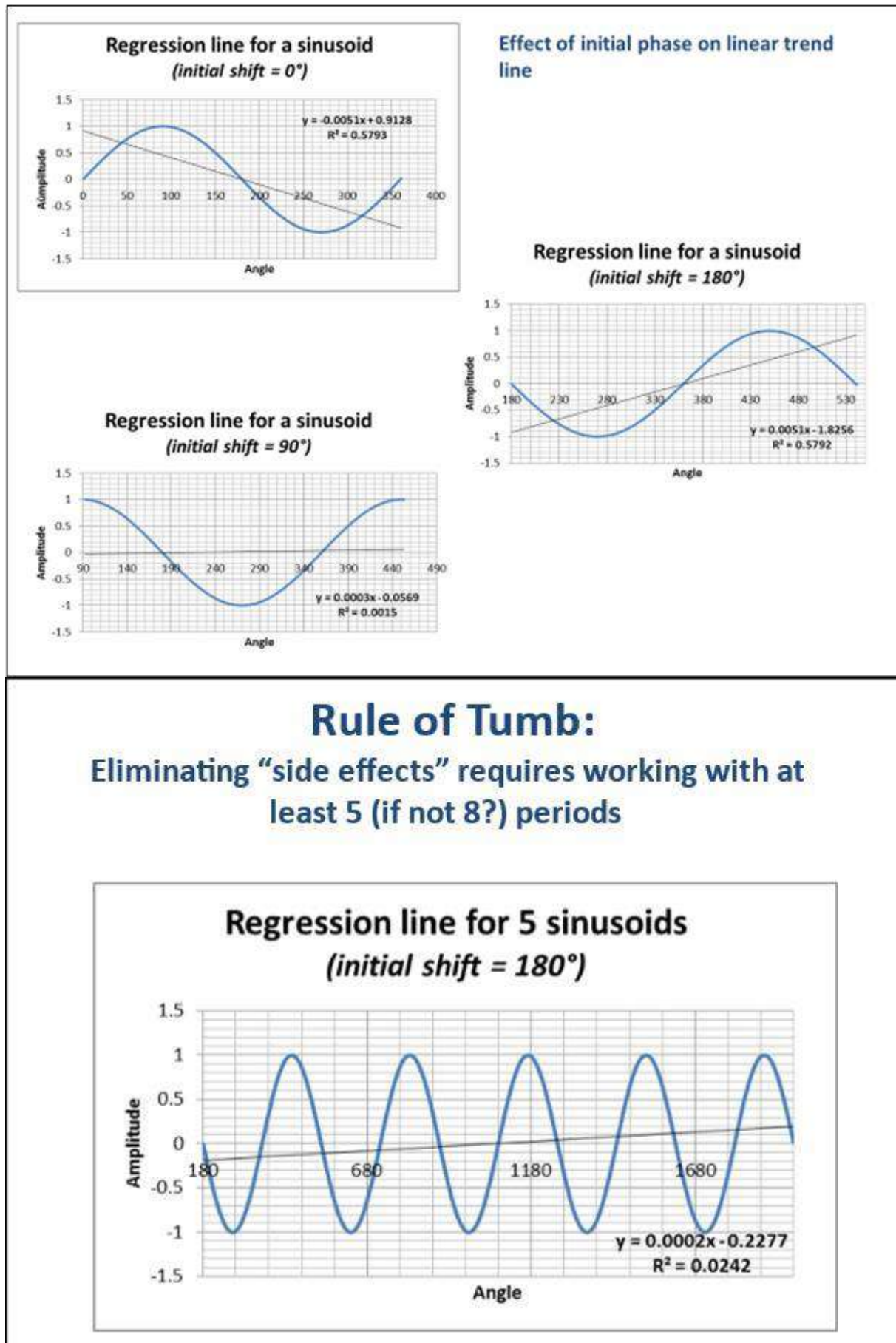


Figure 22 : Sinusoides et droites de régression. 22a : effet de la position initiale de la fenêtre de mesure (de longueur égale à la période de

la sinusoïde); la pente varie de +1 à -1 selon la position de l'instant initial de la fenêtre de mesure par rapport à la sinusoïde. 22b : droite de régression sur plusieurs périodes de sinusoïde. La pente devient très faible.

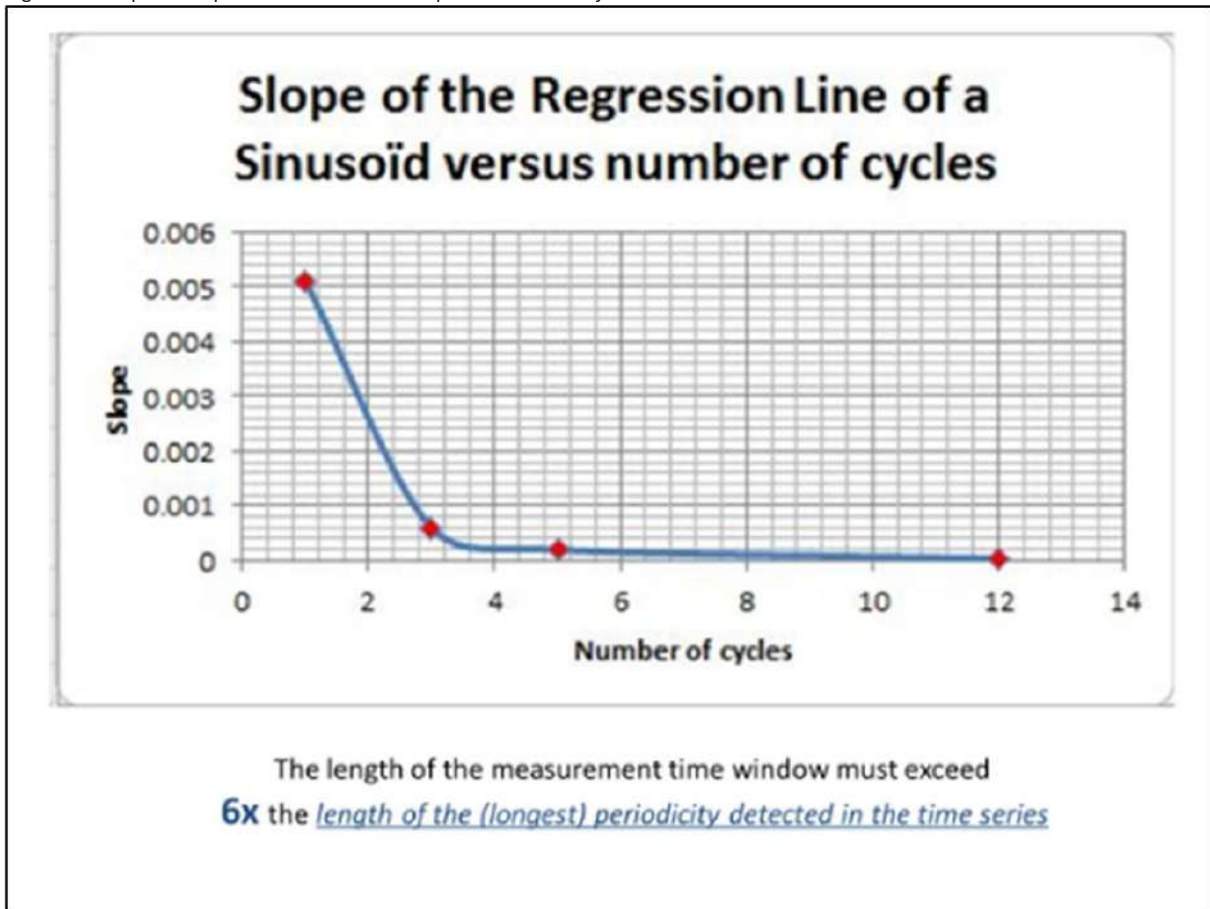


Figure 23 : pente maximale (déphasage initial 180°) d'une droite de régression calculée sur plusieurs périodes. Au-delà de 6 périodes la pente est négligeable.

Malheureusement pour le GIEC, comme il a été mentionné au tableau 2 présenté plus haut, il existe une multitude de composantes cycliques dans les relevés de température, avec des périodes s'étalant d'un jour à plusieurs centaines de milliers d'années, comme une analyse du spectre de puissance (transformée de Fourier de la fonction d'autocorrélation) ou l'examen de scalogrammes le démontrent clairement. Et comme le GIEC utilise une fenêtre de mesure commençant en 1980, soit une fenêtre s'étendant sur une quarantaine d'années, le respect de la « règle des 6 périodes » évoquée ci-dessus est parfaitement impossible. Toutes les « projections » que le GEC annonce, exprimées sous forme d'augmentation de température par décennie ou par siècle (c'est-à-dire en termes de pente de droite de régression des anomalies de température), sont donc entachées d'un « effet de bord » qui permet de leur faire dire ce que l'on veut selon le début et la longueur de la fenêtre de mesure prise en compte.

De plus, Il convient de noter que ces cycles naturels ne sont pas exactement périodiques, traduisant un caractère légèrement chaotique du système climatique, ce qui empêche leur élimination complète par filtrage. Il est donc matériellement impossible de travailler avec une fenêtre de mesure respectant la « règle des 6 périodes ». *Il est donc mathématiquement incorrect, dans ces conditions, de tracer une droite de régression dont la pente varie au gré des choix du moment initial et de la longueur de la fenêtre de mesure. Et pourtant, de la pente d'une telle droite de régression, le GIEC déduit des « projections » de l'augmentation de température « hautement probable » (sic) sur la décennie voire le siècle à venir.*

Il est parfaitement irresponsable de construire des politiques climatiques, aussi dispenseuses que néfastes à l'économie et au bien-être des populations que l'on y soumet, car horriblement dispendieuses, en se basant sur la pente d'une telle droite de régression, parfaitement arbitraire en fin de compte. Et pourtant...

Régression linéaire des anomalies globales de température ?

Malgré tout ce qui vient d'être rappelé, le relevé d'anomalies de température globale diffusé par la NOAA américaine et repris par le GIEC est approché par une droite de régression qui ne veut rien dire (ou à qui l'on fait dire ce que l'on veut, moyennant quelques ajustements judicieux de longueur ou d'instant initial de la fenêtre de mesure, comme nous l'avons montré).

Remarquons tout d'abord que la *branche ascendante d'une sinusoïde* de période égale à 84 ans, synchronisée à la fenêtre de mesure, ajuste les anomalies de température tout aussi bien, si pas légèrement mieux, que la droite de régression ; mais une sinusoïde présente l'avantage d'être *extrapolable de façon plus réaliste vers le passé et donc aussi, vraisemblablement, vers le futur qu'une droite de régression* (cfr. figure ci-dessous).

Il est en effet évident, lorsqu'on regarde vers le passé, que la température n'a pas continué à descendre uniformément, mais qu'il y a eu *une succession d'épisodes froids et chauds*. Tout le monde a entendu parler de l'optimum romain et de l'optimum médiéval, ainsi que des mini-périodes glaciaires de Maunder (au cours de laquelle on tenait marché sur la Tamise gelée) et du minimum de Dalton au début du 19ème siècle. Symétriquement, en se projetant vers l'avenir, on peut remarquer que la « pause » (ou « le hiatus ») observée dans l'augmentation des anomalies de température globale depuis près de 20 ans peut très simplement s'expliquer comme correspondant au passage de la sinusoïde par son maximum, ce qui implique que l'on s'oriente non pas vers un réchauffement, mais vers une diminution de température dont les prémices sont dès lors déjà observables à partir des données les plus récentes.

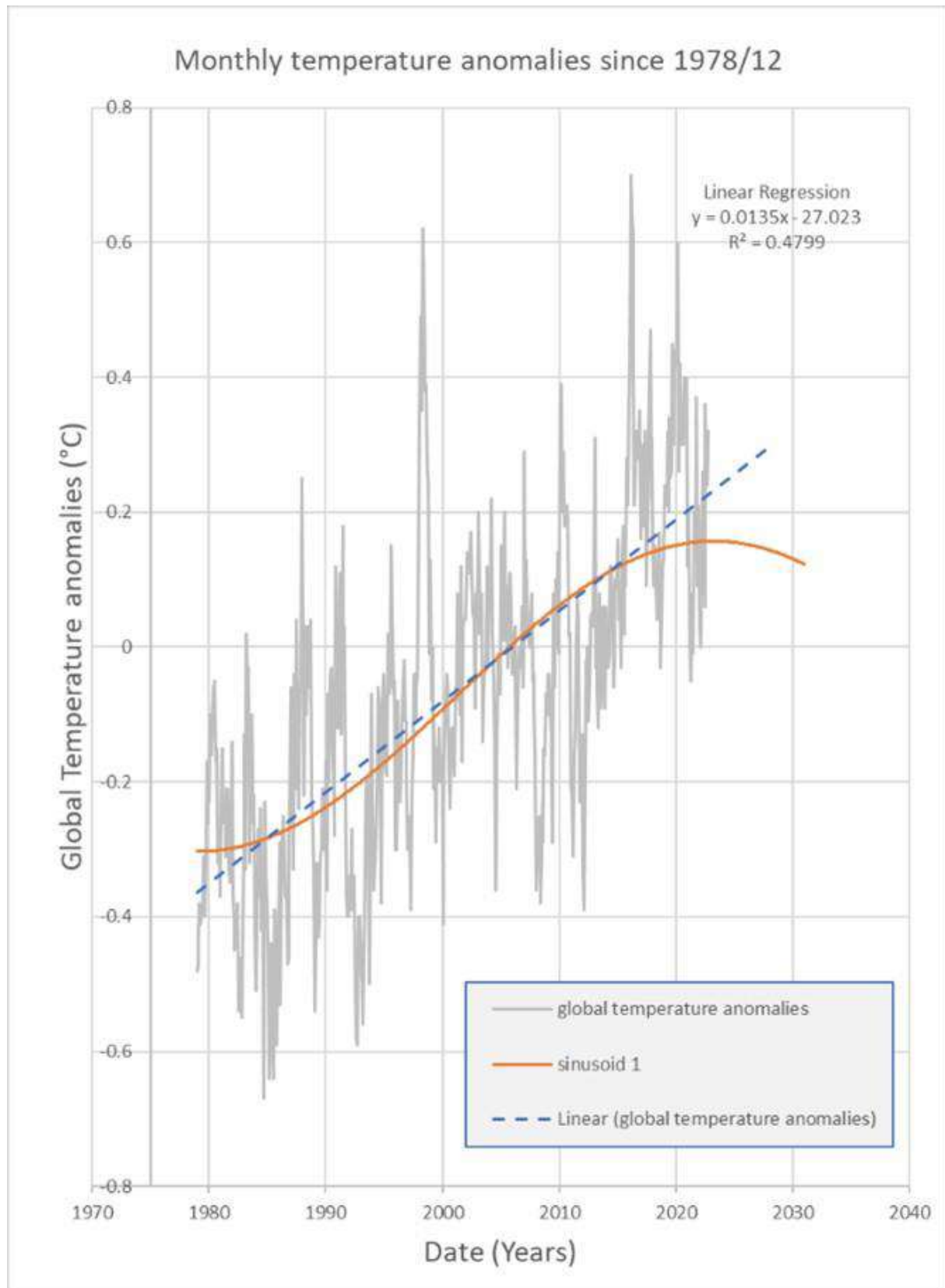


Figure 24 : Ajustement des anomalies de température par une droite de régression et par la branche ascendante d'une sinusoïde. L'ajustement par sinusoïde présente une valeur de $R^2 = 0.549$, et explique donc 55% de la variance totale, tandis que la droite de régression présente un $R^2 = 0.48$. La sinusoïde s'ajuste donc mieux que la droite, en particulier au début et à la fin de la fenêtre de mesure. Il est vrai qu'elle utilise 3 paramètres (amplitude, fréquence et phase initiale) alors que la droite de régression n'en utilise que deux.

Finalement, il convient de remarquer que la courbure propre à une branche ascendante de sinusoïde, associée à un choix non anodin de la longueur et de l'instant initial de la fenêtre de mesure, peut engendrer l'idée fausse que le réchauffement climatique s'accélère (si l'on prend soin d'interrompre l'analyse avant l'apparition de la « pause »), comme illustré ci-dessous (Figure 25). Le GIEC est tombé dans ce piège, ou peut-être l'utilise sciemment, faisant croire ainsi qu'il y a accélération du changement climatique, et donc urgence à (tenter de) le contrôler, en le finançant à grands coups de taxes plus ou moins déguisées et dites vertueuses d'une part, et d'autre part à coups de généreux subsides aux « escleros de service » et de transferts financiers colossaux vers les pays en voie de développement.

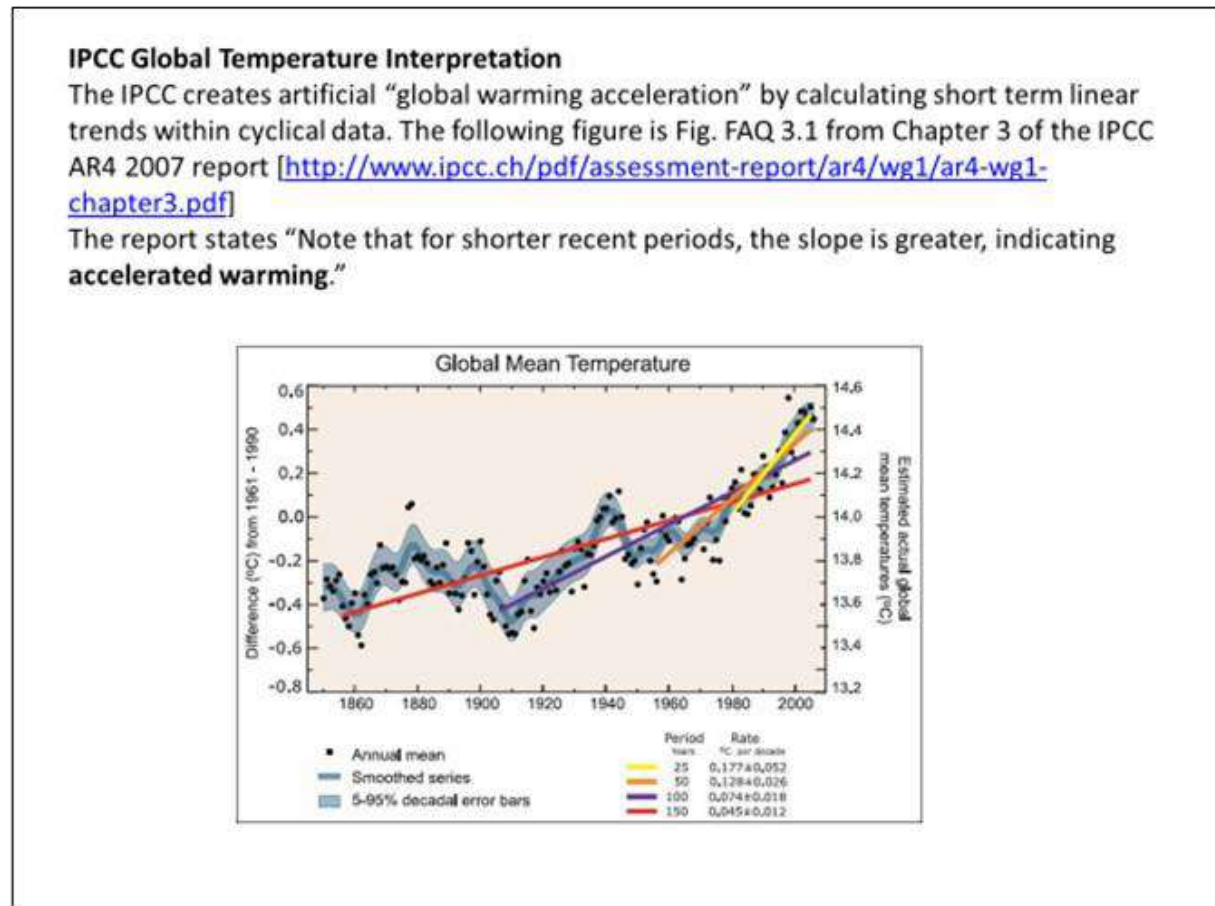


Figure 25 : Ajustement d'anomalies de température sur une période de deux siècles, par droites de régression. L'allure en forme de branche ascendante de sinusoïde (de période égale à 360 ans environ) est plus apparente sur cette figure, qui part de l'époque du minimum de Dalton. Les droites de régression calculées sur des périodes de plus en plus courte (avec des instants initiaux de plus en plus rapprochés de l'instant présent) présentent des pentes de plus en plus marquées, faisant croire à une accélération du réchauffement climatique, alors qu'on peut tout aussi bien interpréter cette figure comme la branche ascendante d'une sinusoïde, qui ne tardera pas à passer par son maximum (en fait ce graphique s'arrête en 2000, et depuis le maximum a été atteint) avant de décroître.

La façon correcte de procéder

L'ajustement de séries temporelles, que ce soit par une droite, une ou plusieurs sinusoïdes ou toute autre fonction, doit obéir à certaines conditions, souvent négligées, pour être statistiquement valable. Parmi celles-ci, un certain nombre concerne le résidu de l'ajustement. Celui-ci doit :

- Ne plus contenir d'information
 - Être stationnaire : (ne pas croître ou décroître en fonction du temps)
 - Ne plus contenir de composantes périodiques significatives
- Être assimilable à un bruit blanc
 - Être réparti autour de la courbe de régression selon une distribution normale

- Avoir une fonction d'autocorrélation comparable à celle d'un bruit blanc
- Respecter l'homoscédasticité (avoir une dispersion homogène tout au long de la courbe de régression).

Pour les besoins de la cause, et malgré toutes les critiques formulées dans ce travail à l'encontre des anomalies globales de température, appliquons ces critères à l'ajustement des données HADCRUT 5.0.1.0 annuelles, collationnées par le MET anglais, précisément parce qu'elles sont utilisées par le GIEC ; et utilisons ces données pour évaluer la qualité de leur ajustement par une droite de régression (comme le fait le GIEC lorsqu'il parle d'une augmentation de température moyenne globale de quelques degrés par siècle). A titre de comparaison, évaluons également la qualité de l'ajustement obtenu avec une somme de sinusoides, ajustement dont la pertinence sera dévoilée au cours de l'analyse qui suit.

Les données Hadcrut 5 et leur ajustement

Les données Hadcrut 5.0 annuelles depuis 1850 ont été portées en graphique ci-dessous (Figure 26). Il s'agit des données les plus récentes disponibles à ce jour.

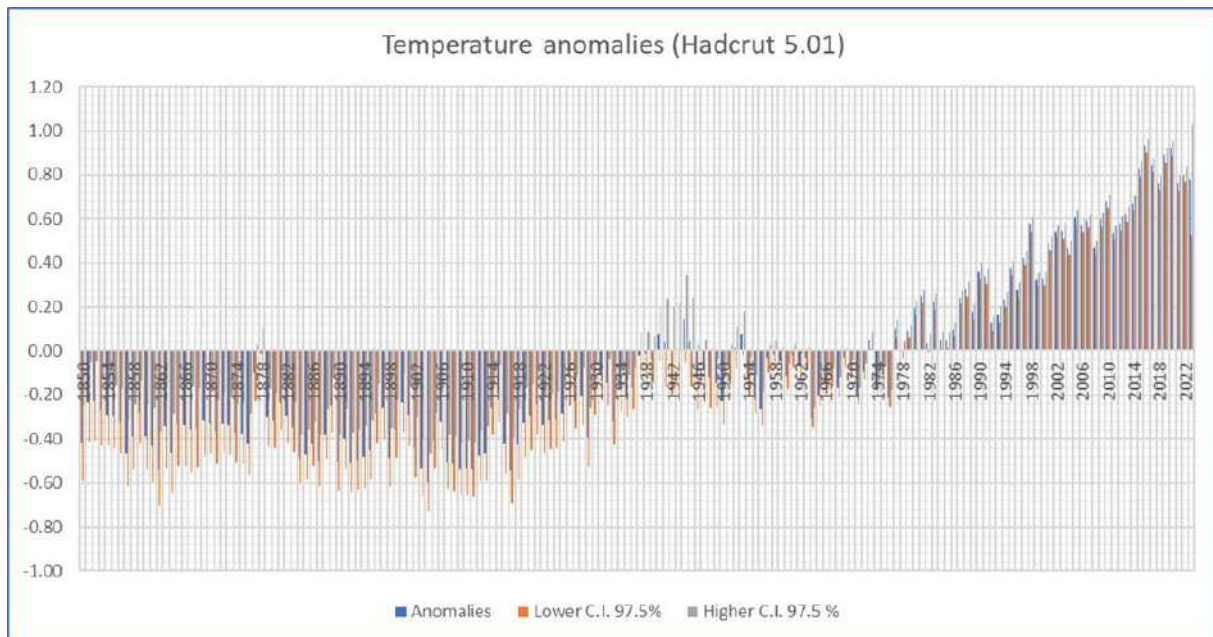


Figure 26. Anomalies globales annuelles de température (données Hadcrut 5.0).

En principe, cette figure est identique à la figure 25, construite avec les données de 2001. Le lecteur appréciera l'ampleur des ajustements effectués sur les températures du passé, ajustements pas toujours correctement documentés et encore moins justifiés de façon convaincante (Figure 27).



Figure 27 Ajustements pas toujours innocents des données. Vers 2010, au cours d'un épisode de ce qui depuis est appelé le *Climategate*, des lanceurs d'alerte révèlent l'existence d'e-mails compromettants envoyés par les officiels du MET et faisant état de manipulations de données pour les « besoins de la cause climatique », c'est-à-dire alarmer les populations via les médias et convaincre les décideurs politiques à agir dans l'urgence. Des ingrédients bien connus d'ingénierie sociale (une formule plus élégante que « manipulation de masse » pour décrire ce type de comportement), et qui font partie intégrante de l'arsenal médiatique des écologistes et alarmistes climatiques. Cette nécessité pour les scientifiques-militants d'exagérer les risques et l'urgence d'y remédier est malheureusement entrée dans les mœurs, au détriment de l'intégrité intellectuelle qui devrait accompagner tout travail scientifique digne de ce nom.

Le spectre de puissance (transformée de Fourier de la fonction d'autocorrélation) de ces données révèle l'existence d'une composante continue (fréquence zéro) et de quelques périodicités de magnitude supérieure à celle de la composante continue. C'est cette observation qui a justifié le choix d'approcher la courbe empirique par une somme de sinusoides.

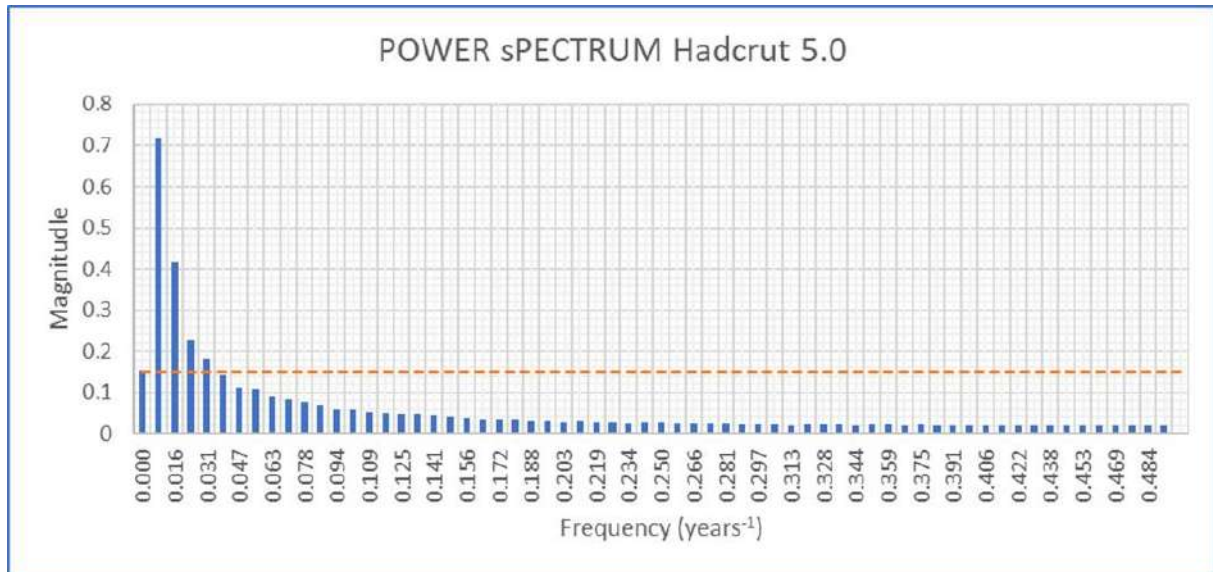


Figure 28. Spectre de puissance des données Hadcrut 5.0.1. La ligne rouge pointillée correspond à la magnitude de la composante continue (fréquence zéro). 4 composantes présentent une magnitude supérieure, révélant des périodicités significatives. Ces fréquences sont approximatives car elles correspondent (algorithmiquement) à des multiples de la fréquence d'échantillonnage divisée par la longueur de la série de données. Cette longueur doit (toujours (algorithmiquement) être un exposant de 2. Dans le cas présent, cela signifie 256 points de mesure et décomposition du spectre de puissance en 128 points (le résultat d'une analyse de Fourier par méthode FFT est symétrique, ce qui divise le nombre de points par deux). La fréquence maximale est 0.5 année (la moitié de la fréquence d'échantillonnage, selon le théorème de Shannon), la fréquence minimale étant 1/128. Ajustement des données Hadcrut 5.0

La figure 29 ci-dessous présente les données HADCRUT 5.0.1 annuelles depuis 1850, et leur ajustement par une droite de régression et par une somme de 4 sinusôides dont les paramètres sont donnés au tableau ci-dessous. Ces paramètres ont été définis (Tableau 3) par optimisation non linéaire de la somme des carrés des écarts (SSE) qu'il convient de minimiser.

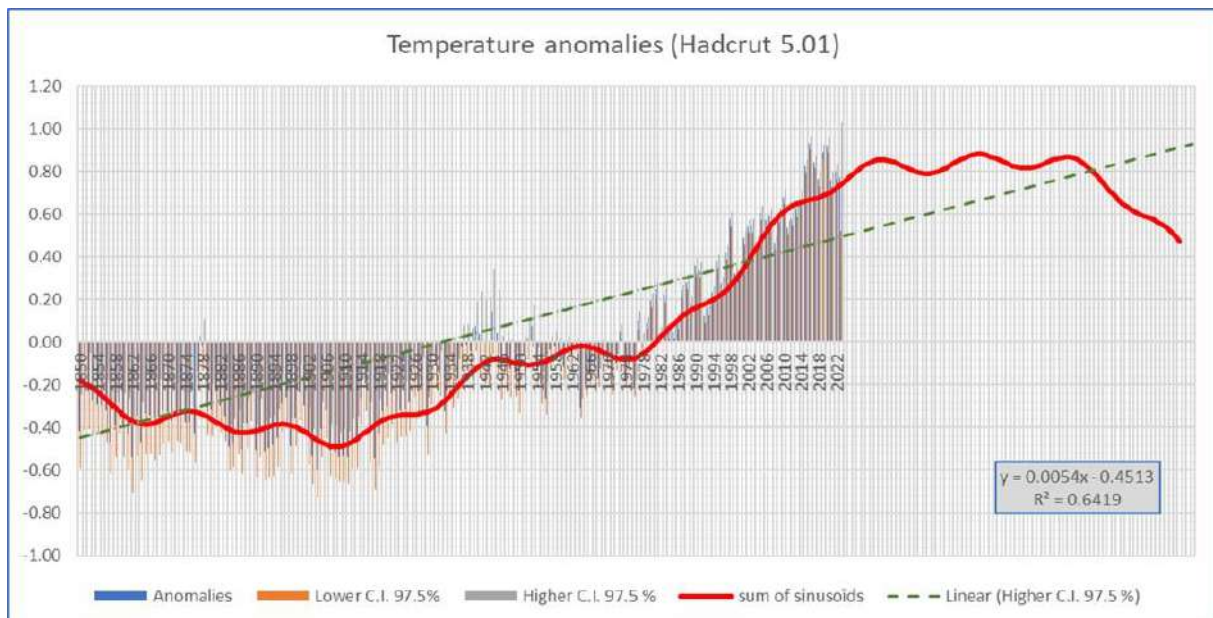


Figure 29. Ajustement des données Hadcrut 5.0.1 par la droite de régression (en traits pointillés noirs) et une somme de 4 sinusôides (courbe rouge)

constant term	0.012	0.084	0.099	-0.015
amplitude	0.040	0.630	-0.110	0.080
frequency factor	16.10	1.200	3.000	5.400
fine tuning frequency	0.0067	0.0056	0	0
phase shift (radians)	0.850	3.540	0.670	4.800
period (years)	22.4	298.6	120.0	66.7
frequency (years ⁻¹)	0.0447	0.0033	0.0083	0.0150

Tableau 3. Paramètres optimisés des 4 sinusoides d'ajustement. Les fréquences optimales diffèrent de celles obtenues par spectre de puissance, car ces dernières constituent une série de valeurs discrètes (des multiples de la fréquence d'échantillonnage divisée par la longueur de données utilisables). Les périodes de 22 ans, 60 ans, 120 ans (sous harmonique de celle de 60 ans) et celle d'environ 300 ans ont été liées dans la littérature à des cycles naturels. La sinusoïde de 300 ans n'est pas détectable comme telle dans le spectre de puissance d'une série temporelle (tronquée) de 256 ans. Elle se confond avec la composante continue.

Remarquons au passage que l'extrapolation de l'approche sinusoïdale prévoit une stagnation des températures, fluctuant légèrement pendant deux à trois décennies autour de la valeur actuelle, avant de décroître à partir de 2050, et cela sans aucune intervention humaine. La régression linéaire prévoit quant à elle une augmentation continue de température, de l'ordre de 0.5°C par siècle, sans aucune intervention humaine ; ce qui laisserait malgré tout 4 siècles avant d'atteindre les deux degrés fatidiques au-delà desquels les alarmistes prédisent (sans aucune justification rationnelle) des catastrophes climatiques irréversibles.

Il n'y aurait donc aucune urgence climatique, quelle que soit l'approche suivie.

Qualité d'ajustement

La qualité d'un ajustement de séries temporelles se fait usuellement en comparant les sommes des carrés des résidus d'ajustement (SSE Sum of Squared Errors), qu'il convient de minimiser. Comme cette somme dépend du nombre de points de mesure, lorsque les séries temporelles que l'on veut comparer sont de longueur différente, on préfère utiliser le coefficient de détermination R^2 qui y est lié par la formule suivante :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_1^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N * \sigma_{\hat{y}}^2}$$

Dans cette formule,

N représente le nombre de points de la série temporelle

y_i les valeurs contenues dans la série temporelle

$\hat{y}$ les valeurs ajustées correspondantes

σ^2 la variance des données contenues dans la série temporelle

R^2 mesure le pourcentage de variance totale des données qui est expliqué par leur ajustement. Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, dans le cas présent, l'ajustement par 4 sinusoides conduit à une valeur de $R^2 = 0.91$, celle de la régression linéaire = 0.65.

4 Sinusoïds		Linear regression	
mean	0.028833	mean	-0.089862
variance	0.0122203	variance	0.04151489
SSE	2.25876409	SSE	8.58715585
MSE	0.0129814	MSE	0.04935147
R^2	0.90728663	R^2	0.64753107

Tableau 4 : Assessment of the adjustment quality of Hadcrut 5.0 data by 4 sinusoids and a linear regression. *The 4 sinusoids explain 91% of the total variance, while the linear regression explains 64%.* Ce résultat n'a rien de surprenant, dans la mesure où l'ajustement par 4 sinusoides fait usage de 12 paramètres (4 fois une amplitude, une fréquence et un déphasage initial), tandis que la régression linéaire n'en utilise que deux. Il est à remarquer que l'adjonction d'une 5eme sinusoidale au modèle sinusoidal n'ajouterait qu'un gain marginal de qualité. On parlerait alors de surdimensionnement paramétrique.

Vérification des conditions d'application des méthodes d'ajustement

La première vérification est purement visuelle et consiste à examiner l'évolution des résidus en fonction du temps. Rappelons que ceux-ci doivent être

- Stationnaires sans tendance croissante, décroissante ou fluctuante en fonction du temps
- Distribués symétriquement autour de zéro, faute de quoi l'ajustement introduit un biais
- Dispersés de façon homogène (sans fluctuation de dispersion) autour de leur moyenne nulle au fil du temps

La figure 30 ci-dessous montre que les résidus correspondant à l'ajustement par 4 sinusoides vérifient à peu près ces trois conditions ; ce qui n'es pas le cas pour les résidus de la régression linéaire.

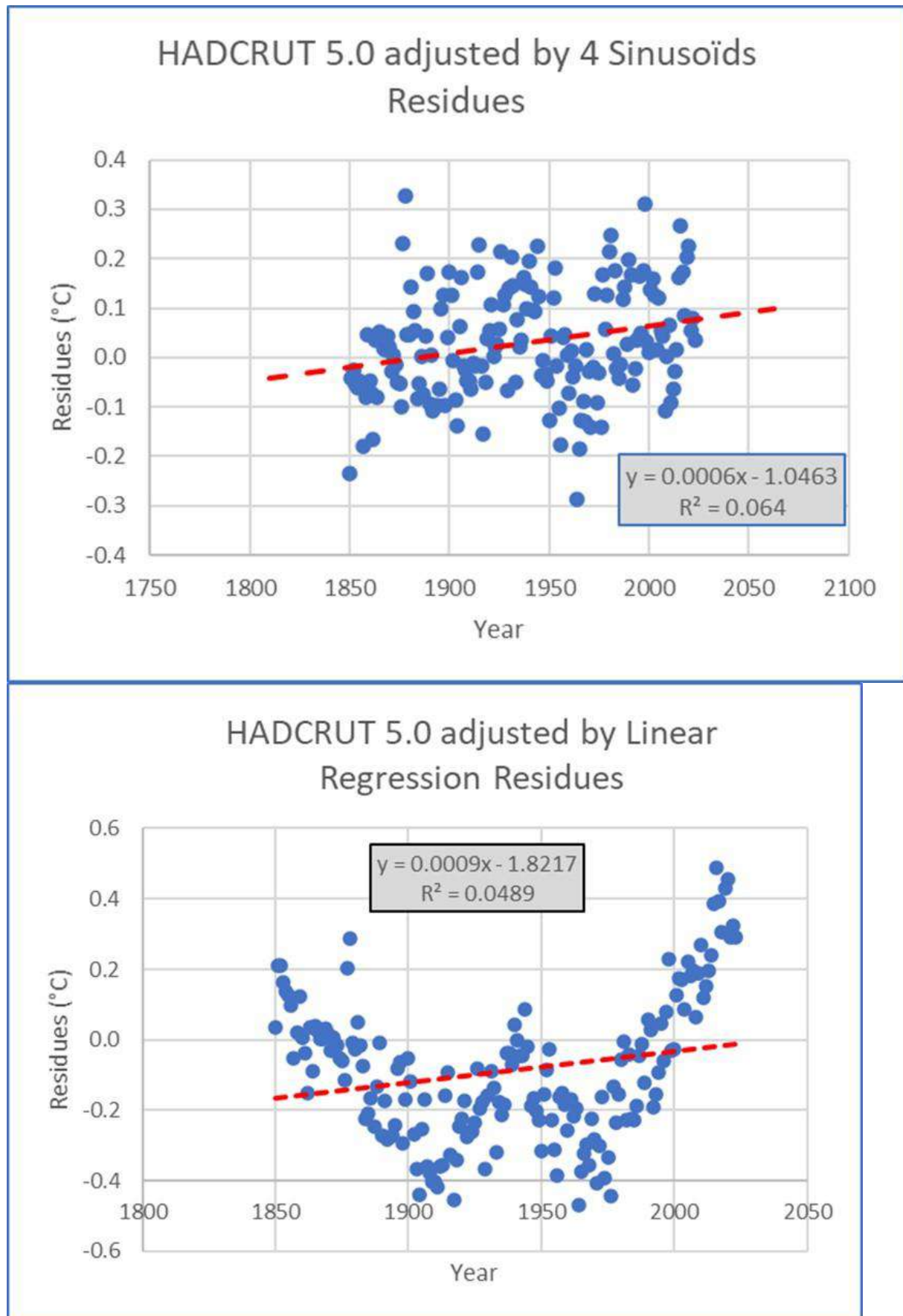


Figure 30. Evolution des résidus d'ajustement des données Hadcrut 5.0. En haut, l'ajustement par 4 sinusoides; en bas, l'ajustement par la droite de régression. L'ajustement par sinusoides produit des résidus qui, même s'ils ne remplissent pas exactement les conditions requises, s'en approchent nettement plus que ceux résultats de l'ajustement par régression linéaire.

Le deuxième critère de qualité d'ajustement porte sur la distribution des amplitudes des résidus, qui, idéalement, doivent suivre une distribution normale. Visuellement, cela peut se juger, comme illustré sur la figure ci-dessous, en construisant un graphique superposant à l'histogramme des résidus une distribution normale de même moyenne et de même écart-type. On constate ici aussi que la distribution des résidus de l'ajustement sinusoïdal est plus proche de la courbe théorique que la distribution des résidu de la régression linéaire, qui de plus est nettement bimodale dans le cas présent.

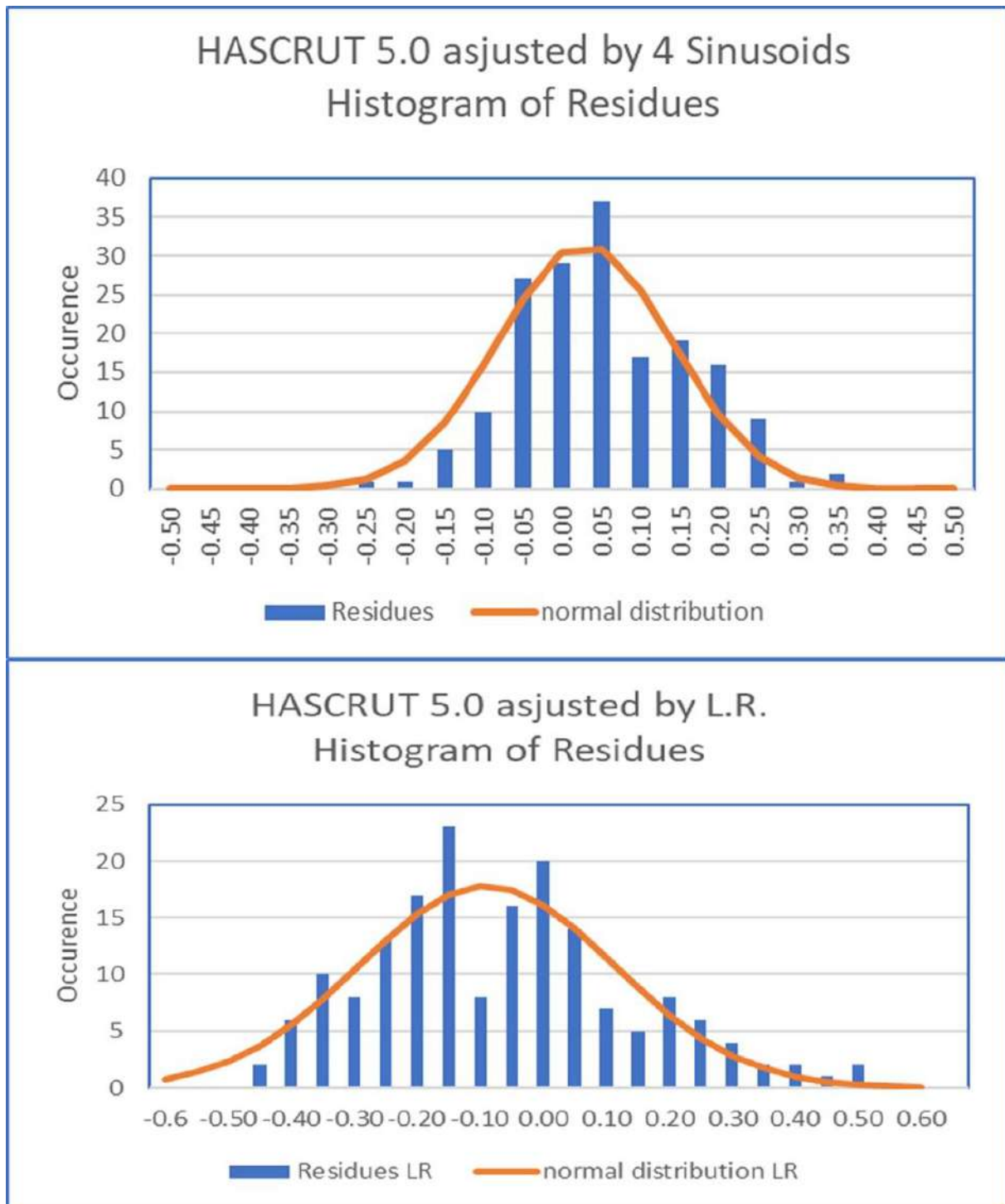


Figure 31. Histogramme des résidus comparés à une distribution normale. En haut, pour l'ajustement sinusoïdal; en bas, pour la régression linéaire.

Une autre approche visuelle consiste à construire un diagramme QQ, dans lequel on porte en ordonnée les déciles ou centiles (divisant la population de points en 10 ou 100 parties égales respectivement) de la distribution normale et en abscisse ceux de la distribution des résidus. Idéalement les points devraient s'aligner parfaitement sur la diagonale ascendante de la figure.

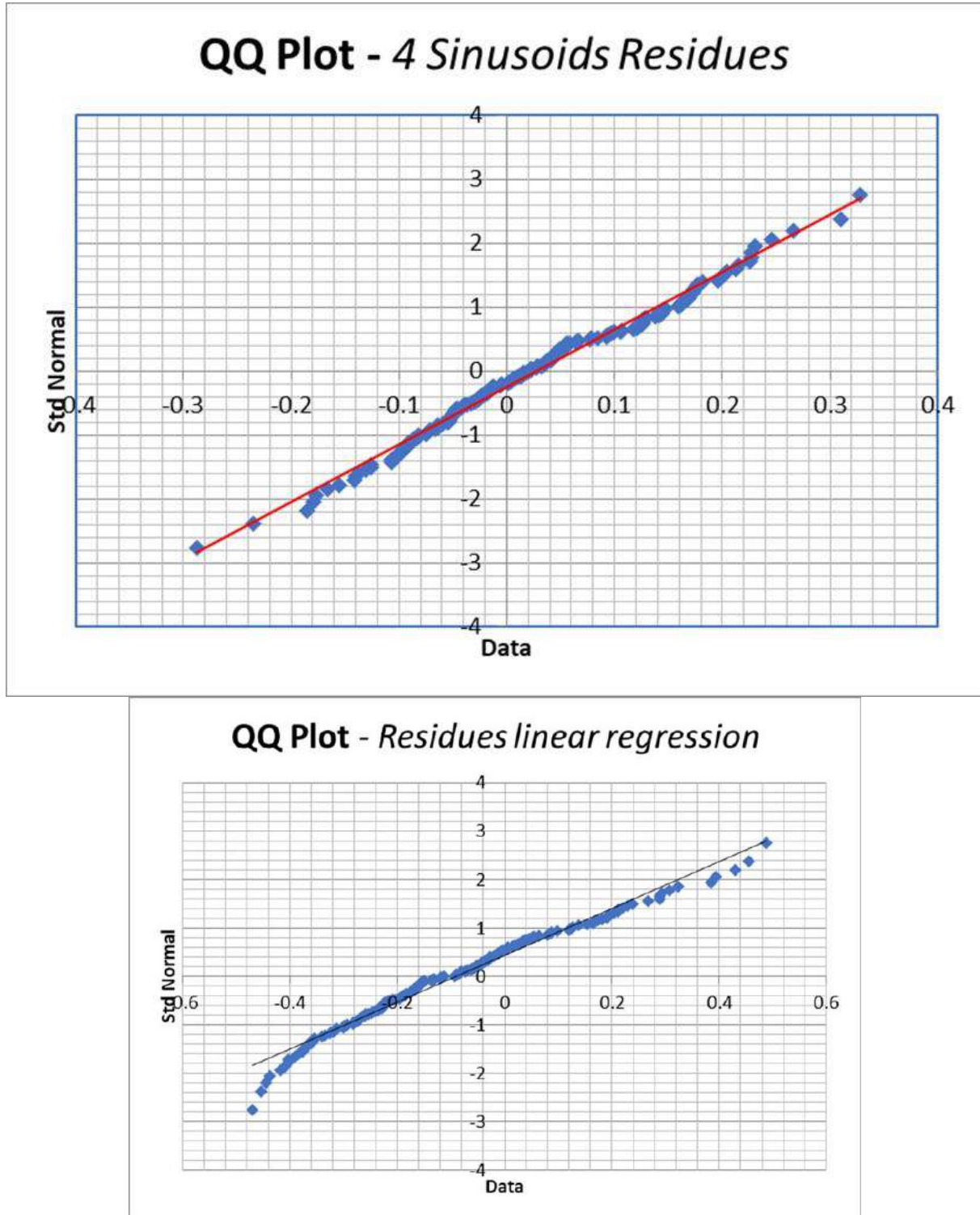


Figure 32. Graphique QQ des résidus comparés à une distribution normale. En haut, l'ajustement sinusoidal. En bas, la régression linéaire. Idéalement les points doivent tomber sur la diagonale. On constate que les résidus de l'ajustement par régression linéaire s'en écartent davantage et même considérablement aux extrémités.

On peut aussi avoir recours à l'un des nombreux tests d'hypothèses existant pour tester la conformité à une distribution normale. Parmi ces tests, ceux de Shapiro-Wilkinson et de d'Agostino-Pearson sont parmi les plus performants. L'ajustement sinusoïdal passe les deux tests, tandis que l'ajustement par régression linéaire échoue aux deux (Tableau 5).

Shapiro-Wilk Test	
<i>Residue 4sinusoids</i>	
W-stat	0.99067088
p-value	0.31588154
alpha	0.05
normal	yes
d'Agostino-Pearson	
DA-stat	0.93019785
p-value	0.62807297
alpha	0.05
normal	yes
Shapiro-Wilk Test	
<i>Residue Linear R.</i>	
W-stat	0.97643392
p-value	0.0047119
alpha	0.05
normal	no
d'Agostino-Pearson	
DA-stat	7.52387891
p-value	0.02323863
alpha	0.05
normal	no

Tableau 5. Deux Tests de conformité à une distribution normale. A gauche, la distribution des résidus de l'ajustement sinusoïdal. A droite la distribution des résidus d'une régression linéaire. Les résidus d'ajustement sinusoïdal des données Hadcrut passent les deux tests, au contraire des résidus liés à l'ajustement linéaire.

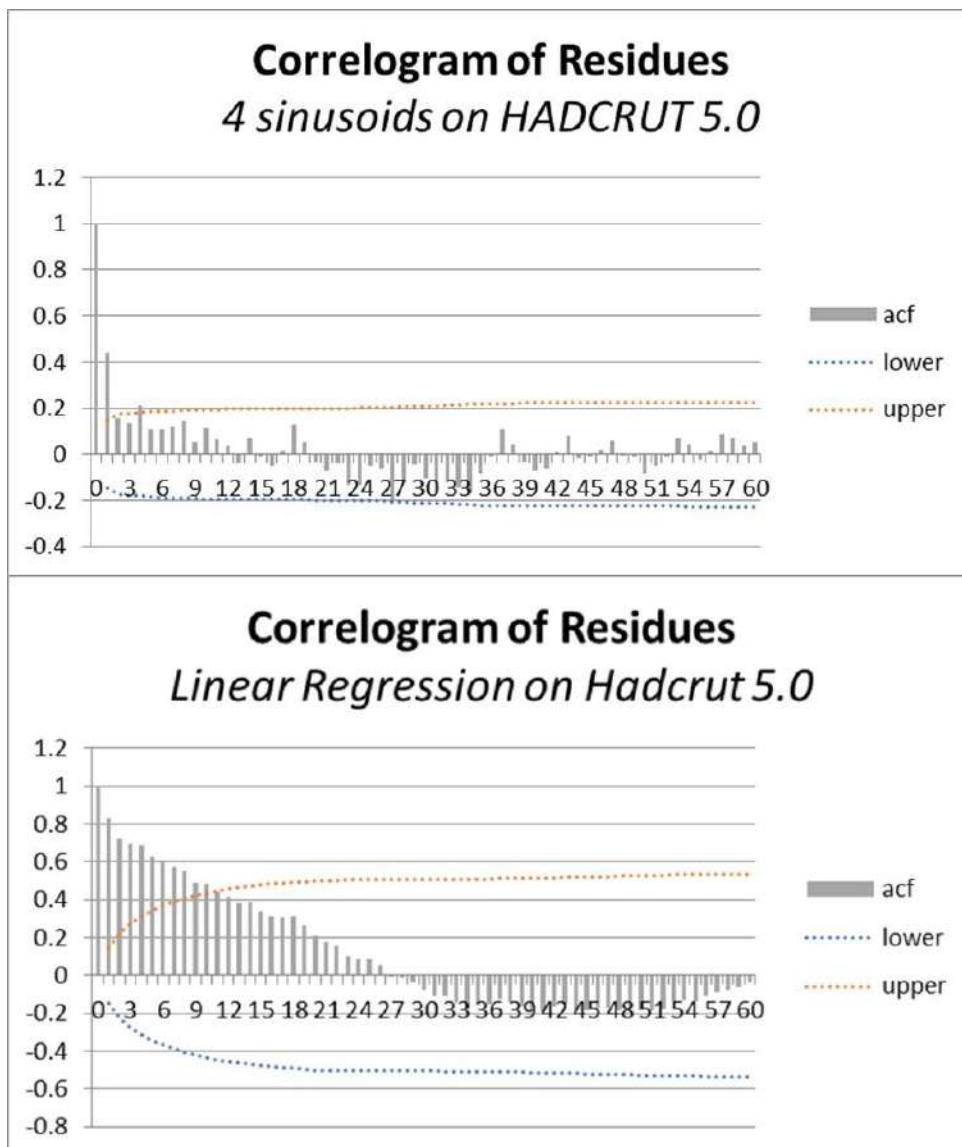
Le dernier point consiste à vérifier si les résidus sont assimilables à un bruit blanc. Une façon courante d'effectuer cette vérification consiste à examiner les fonctions d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des résidus d'ajustement et de comparer les résultats aux intervalles de confiance (à 95%) d'un bruit blanc (Cfr. Figure 33 ci-dessous).

Pour rappel, la fonction d'autocorrélation correspond à la formule :

$$\rho(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{N-\tau} x_i * x_{i+\tau}}{(N - \tau) * \sigma_x^2}$$

Dans laquelle N est le nombre de données x_i de la série temporelle, τ le décalage et σ^2 la variance.

Ici encore, l'ajustement par 4 sinusôides passe plus ou moins convenablement le test, alors que les résidus de l'ajustement linéaire échouent largement.



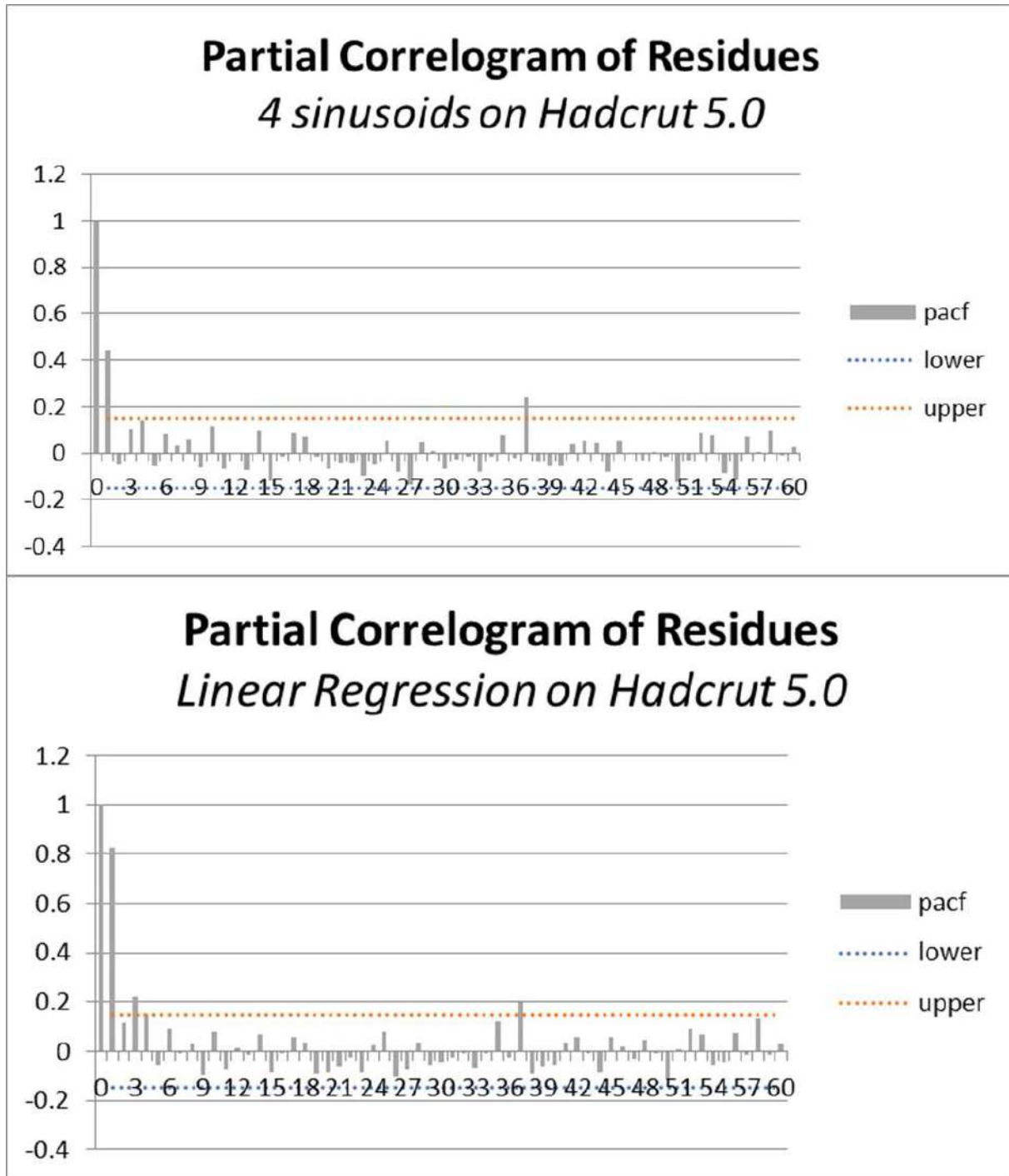


Figure 33. Fonctions d'autocorrélation et d'autocorrélation partielle des résidus. « 4 sinusoids », les résidus d'ajustement sinusoïdal ; « Linear », ceux d'une régression linéaire. « Correlogram », les fonctions d'autocorrélation et « Partial correlogram », les fonctions d'autocorrélation partielles. Ces dernières sont des fonctions d'autocorrélation « débarrassées » de l'effet des pics correspondant à des décalages moins importants. Un bruit blanc donne une fonction d'autocorrélation présentant un pic initial pour un décalage nul, et puis des fluctuations insignifiantes correspondant à du bruit. Sur les figures, les traits hachurés indiquent les limites de l'intervalle de confiance à 95%. Pour qu'un ajustement soit valable, les fonctions d'autocorrélation de ses résidus doivent rester endéans les limites de cet intervalle de confiance correspondant à un bruit blanc. L'ajustement par 4 sinusoides y parvient à deux pics près. L'ajustement par droite de régression échoue largement, la fonction d'autocorrélation étant typique de données non stationnaires. Les fonctions d'autocorrélation partielle sont très semblables ; elles présentent toutes les deux un pic légèrement significatif pour un décalage de 38 ans. Et des pics significatifs pour des décalages de 1 an ; ce pic présente une amplitude deux fois plus grande dans le cas de l'ajustement linéaire.

Les résultats de l'analyse de résidus effectuée sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Condition	Ajustement par 4 sinusoides	Régression linéaire
Stationnarité	Oui	Non
Isoscédasticité	Oui	Non
Distribution normale	Oui	Non
Bruit blanc	~	Non

Tableau 6. Synthèse de l'analyse de conformité aux conditions requises

Le verdict est sans appel : aucune des conditions de validité d'un ajustement de série temporelle n'est respecté par une droite de régression appliquée aux données Hadcrut 5.0. Ce constat implique aussi et surtout que **toute extrapolation d'une régression linéaire appliquée aux données Hadcrut 5.0 est statistiquement prohibée**. Et pourtant...

Avant de conclure, et pour désacraliser définitivement **le concept d'anomalies** de température, on peut constater qu'elles ne sont, en fait, rien d'autre que *le résidu de l'ajustement des données de température par une technique de « projection vraiment rudimentaire »* : on examine le résidu d'un ajustement des données par la moyenne calculée sur une période fixe de 30 ans, se terminant au début de la fenêtre de mesure, qui se développe elle-même sur une durée de 30 ans, avant d'être réinitialisée. Il ne s'agit même pas d'une technique simple de moyenne mobile, puisque la période de référence « ne suit pas » le point de mesure. Et évidemment ce résidu ne respecte pas les conditions décrites ci-dessus. **On ne peut donc qu'en déduire que l'utilisation d'anomalies de température est une mauvaise technique d'ajustement des températures, non validée statistiquement, et rien de plus.**

Conclusions

Les données locales provenant de stations météo, de relevés de température en mer (que ce soit par empolement, mesure de température d'eau de refroidissement des moteurs ou par bouées) ou par satellites sont entachées d'erreurs de mesure et de calibrage qui ne les rendent *pas totalement compatibles entre elles, et encore moins propres à déceler d'infimes variations de température d'année en année, qui se confondent avec les croix d'erreur expérimentale.*

Oltre le fait qu'il n'a aucun sens physique ni géographique, le concept d'anomalie globale de température souffre d'un manque de représentativité spatiale et temporelle, et engendre de fausses tendances et des biais en présence de composantes cycliques dans les données brutes. **Il est donc fortement déconseillé d'utiliser les anomalies de température pour tenter de justifier l'une ou l'autre mesure de politique climatique.**

D'autre part, *les conséquences climatiques sont locales*. Le GIEC base ses projections, justifiant ses recommandations, sur des modèles à circulation globale, calibrés avec des anomalies globales de température. **Ces modèles sont incapables de décrire les variations locales**, même régionales de température, dans l'état actuel de leur développement et des capacités des super ordinateurs nécessaires pour effectuer les calculs longs et complexes qu'ils demandent.

Malgré ces critiques, et pour que l'analyse des pratiques du GIEC soit complète, la série temporelle HADCRUT 5.0.1 d'anomalies globale de température développée par le MET britannique, et largement utilisée par le GIEC pour calibrer ses modèles, a été analysée.

Cette analyse démontre clairement la **légitimité statistique** d'approcher les données climatiques annuelles HADCRUT 5.0.1 *par une somme de 4 sinusôides, au contraire d'une régression linéaire qui enfreint la plupart des conditions de son applicabilité dans le cas présent*, et qui conduit donc à des **conclusions certes alarmistes, mais parfaitement non fondées**.

Il convient bien sûr de se souvenir que, bien que cela soit pratique courante, rien ne dit que le meilleur ajustement de données existantes produit également la meilleure projection vers le futur.

Les extrapolations des données climatiques **locales**, la comparaison des diverses méthodes d'ajustement et de projection correspondant à « l'état de l'art (régressions multiples, décomposition, Arima, réseaux neuronaux, etc.) », la définition des intervalles de confiance de ces projections en tenant compte de la propagation des erreurs, la détection d'une signature chaotique éventuelle (par analyse dite non linéaire) et dans certains cas même les limites de l'horizon de prédictibilité (par diagramme de visibilité) feront l'objet d'une autre publication dans les prochains mois.

A chacun sa vérité, je ne cherche nullement à vous convaincre, mais à vous aider à réfléchir sur ce que l'on vous raconte à propos du climat, de façon critique, sur base de quelques considérations mathématiques somme toute élémentaires.

Well....

IPCC choose a VERY Bad Starting Point...

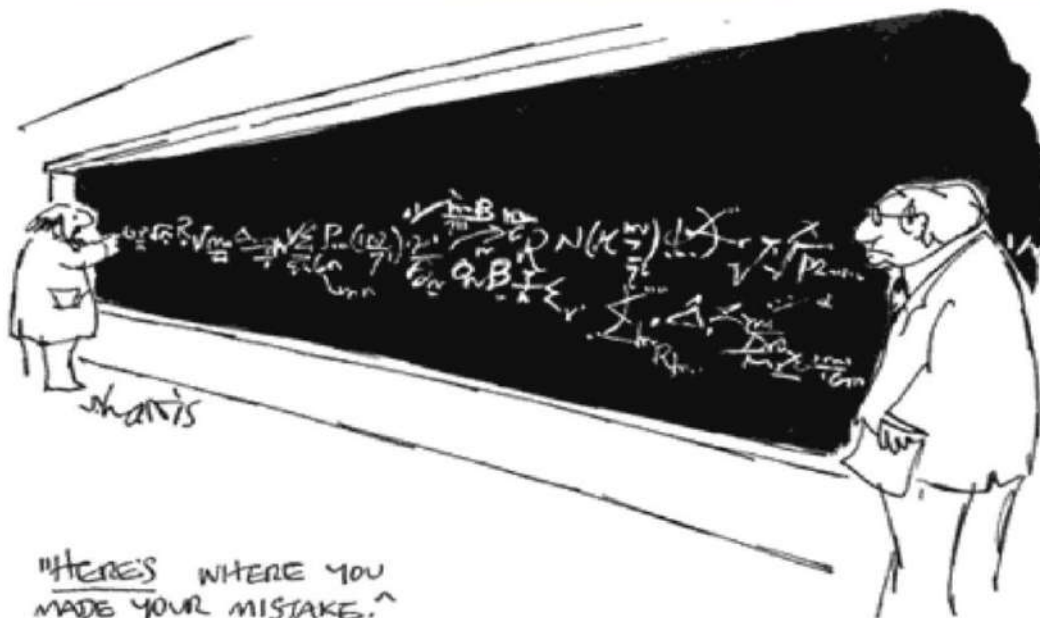


Figure 4 agrandie :

A lire également : [Past and Present Warming – A Temporal Resolution Issue.](#)

[17 Soleil, température et CO₂ \(version complète\)](#)

Mis en ligne SCE : 04.04.2023

SCE a publié il y a un an (mars 2022) l'article de MM. Van den Broek et Masson, intitulé [Soleil, température et CO₂](#). Comme annoncé dans cette publication, une étude complète était programmée en vue d'approfondir le sujet. C'est cette étude ('version complète' de l'article de mars 2022) que SCE publie aujourd'hui. Elle est accessible à partir du lien suivant : [Soleil, température et CO₂, version complète](#)).

Résumé

Ce document montre qu'un modèle très simple permet d'expliquer avec une excellente corrélation les anomalies des températures océaniques depuis 1850 jusqu'à nos jours, en se basant uniquement sur le rayonnement solaire et un terme harmonique éventuel. Ce modèle optimise l'approche de ([Stockwell 2011](#)) et utilise un concept d'inertie thermique décrit par ([Abdussamatov 2013](#)). Il produit une reconstruction vraisemblable de la sortie du petit âge glaciaire, et une simulation de projection sur base des données disponibles en l'an 2000 fournit de bons résultats.

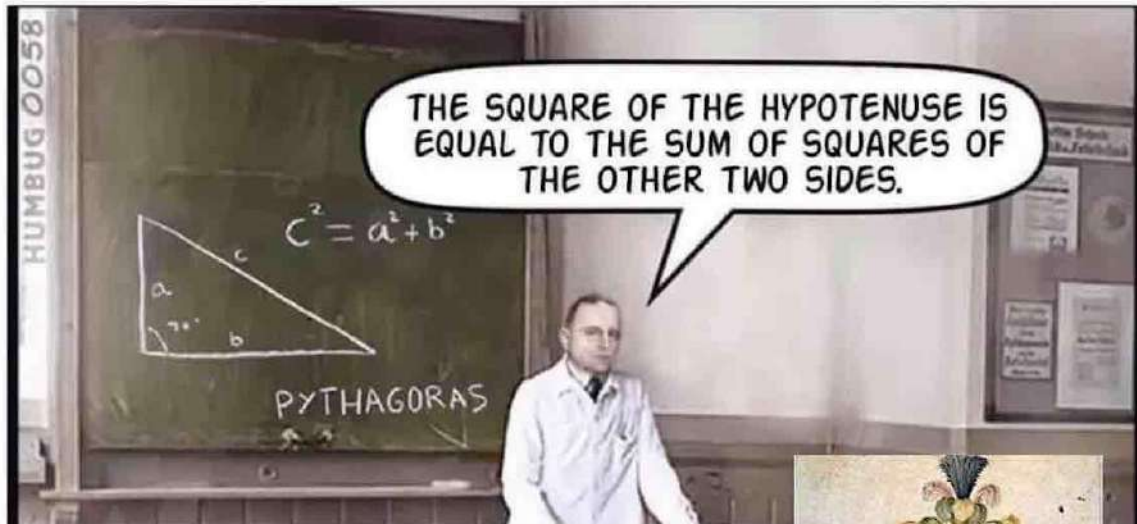
Il montre également que la température océanique annuelle moyennée par latitude est le reflet du rayonnement solaire annuel incident par latitude. Il en résulte que bien qu'étant une grandeur intensive qui n'a en principe qu'une signification thermodynamique locale, la température locale peut être moyennée spatialement pour en dériver une température ou une anomalie de température globale.

Il décrit également un autre modèle, basé sur la loi de Henry et la relation de van 't Hoff, qui révèle que la concentration naturelle en CO₂ atmosphérique, estimée selon trois approches différentes, dépend de la température. La relation trouvée entre la température et la concentration naturelle en CO₂ atmosphérique est analogue à la formule de ([Myhre et al. 1998](#)) utilisée en sens contraire par le GIEC. L'accord entre la théorie et les observations est excellent lorsqu'on utilise une constante de temps de résidence du CO₂ d'environ 15 ans, qui correspond précisément à celle qui a été observée après l'arrêt des essais thermonucléaires atmosphériques au début des années 1960.

Ces deux modèles ont été validés par des tests de causalité statistique.

De plus, l'examen de la corrélation croisée entre la concentration de CO₂ atmosphérique et l'anomalie de température montre que les variations de température précèdent celles du CO₂ d'environ 8 mois. Dans ces conditions, le CO₂ ne peut-être la cause de la température. Nous obtenons des résultats analogues à ceux mentionnés dans ([Humlum, Stordahl, et Solheim 2013](#)).

Ces analyses sont tout à fait à l'opposé des thèses du GIEC. Elles permettent de considérer que le climat évolue de manière entièrement naturelle sous la seule influence de l'activité solaire combinée à un effet intégrateur des océans, qui peut amplifier, avec un certain retard l'effet de faibles variations d'irradiance solaire, pour peu qu'elles perdurent assez longtemps.



entre le

Moi-Soleil :

