

Cartographie des émissions de CO₂ réalisée par des régressions locales avec la température comme variable explicative

Par Éric Ducharme
avril 2022

Résumé.

Basé sur un modèle de régression linéaire simple avec comme variable explicative les anomalies de température UAH mensuelle et avec comme variable à expliquer le taux net d'accumulation du CO₂ mesuré à l'observatoire du Mauna Loa, la carte des coefficients de détermination locaux a permis d'identifier les régions sur le globe où le réchauffement explique le plus les émissions de CO₂ depuis les 40 dernières années. Le travail a été complété en comparant ces résultats avec trois façons de représenter le réchauffement. Il apparaît que la méthode la plus cohérente avec les résultats de la régression est celle basée sur les inférences statistiques de Mann-Kendall. Ce constat montre que la méthode de Mann-Kendall est un outil efficace pour l'étude des phases de réchauffements et refroidissement mais aussi pour l'étude des émissions de CO₂.

Introduction

L'augmentation de la concentration du CO₂ dans l'air est un fait documenté. La plus ancienne série de mesures prises quotidiennement provient de l'observatoire du Mauna Loa à Hawaï. Ces mesures au site de l'observatoire ont enregistré une concentration de CO₂ dans l'atmosphère qui est passée d'environ 320 ppm au début des années 60 à une concentration actuelle qui approche 420 ppm. Expliquer cette accumulation exige une connaissance suffisante du cycle du carbone qui nécessite un important déploiement de ressources qui est loin d'être mené à terme. Malgré tout, il existe une école de pensée qui explique inconditionnellement l'accumulation du CO₂ par les émissions anthropiques. Si cette thèse est reconnue par des instances politisées et intergouvernementales comme le GIEC, elle est toutefois contestée et pour n'en nommer au moins un, M. Salby^[1].

Dans cet ouvrage, il sera démontré avec une simple corrélation spatiotemporelle entre le taux net d'émission du CO₂ et les anomalies des températures moyennes mensuelles, qu'il est possible de déterminer sur carte les sources

d'émissions du CO₂ de manière suffisamment explicite pour conclure que l'origine du CO₂ est océanique.

Tout comme plusieurs autres pour ne citer que ceux-ci : Salby (2016)^[2] et Humlum (2013)^[3], l'auteur a pour sa part démontré à sa façon que le CO₂ ne pouvait pas être la variable explicative de la température mais que la causalité était plutôt inversée^[4]. Le CO₂ doit donc être expliqué par des phénomènes très étroitement liés à la température. Cette conclusion pour le moins contraire à la doxa découle du fait de la très forte corrélation entre le *taux net d'émission* ^{note} du CO₂ et les anomalies des températures moyennes mensuelles^[5] comme il est montré de manière évidente sur le graphique de la figure 1.

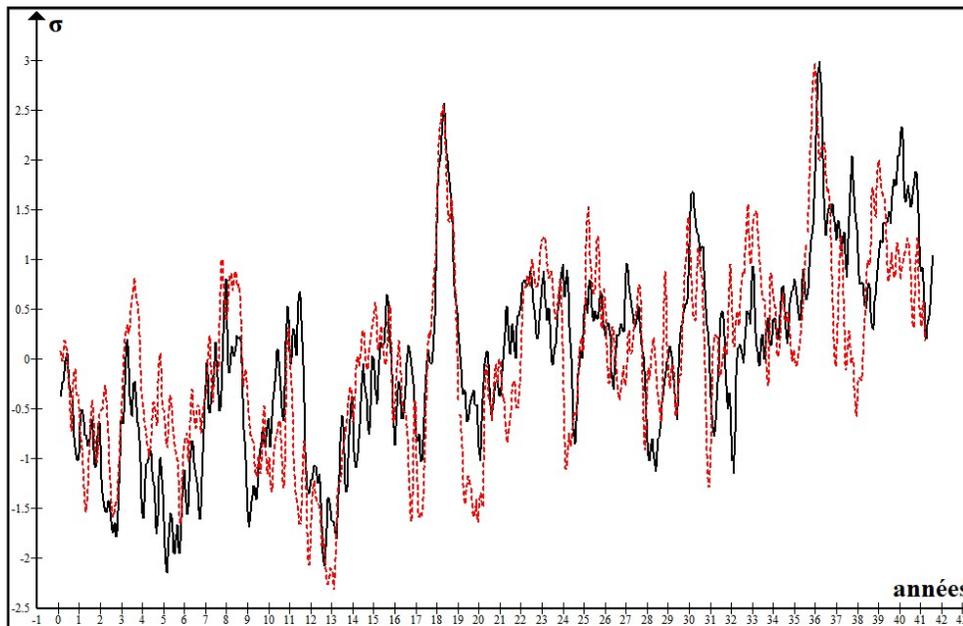


Fig.1 Comparaison entre les profils des anomalies des températures moyennes mensuelles (noir) et du taux net d'émission global du CO₂ (rouge). Les deux variables ont été centrées-réduites pour les rendre comparables. L'échelle en y est en écart-type.

Cette corrélation implique une cause à effet au sens de la causalité de Granger puisque dans tout processus d'accumulation à taux variable, l'accumulation est la conséquence du taux. Cette causalité entre le taux et l'accumulation est indissociable comme peuvent l'être le kilométrage d'une voiture qui roule et sa vitesse. Or, si le maximum de température est corrélé au taux maximum du CO₂, la température précède obligatoirement l'accumulation maximum. Dans cette condition, l'accumulation du CO₂ ne peut pas être la cause de la température.

Note : Le taux net d'émission ou taux net d'accumulation désigne une quantité en ppm de CO₂ par mois. Cette quantité a pu être calculée à partir de la concentration du CO₂ directement mesurée de l'atmosphère. Le taux net d'émission et "taux net d'accumulation" signifient la même réalité mais la première forme est mieux adaptée dans le contexte où on fait référence à une source émettrice tandis que l'autre fait référence à un contexte général comme le taux net d'accumulation mesure directement de l'atmosphère.

Analyse et résultats.

Compte tenu que le but de l'ouvrage est de localiser les sources d'émissions de CO₂, le problème de la couverture spatiale limitée des mesures se pose d'emblée. Cette limitation pourrait être contournée par la cartographie du réchauffement puisqu'il est admis dans ce travail que la température explique le CO₂. Hélas cette approche n'est pas envisageable puisqu'aucune méthode ne donne les mêmes résultats.

L'idée alternative est d'appliquer l'outil de régression pondérée géographiquement^[6] à chaque site de mesure satellitaire. La variable indépendante est alors la température locale tandis que la variable dépendante est le taux d'accumulation observé au Mauna Loa et qui a été désaisonné. La variable globale du taux d'accumulation du CO₂ est admise du fait que le CO₂ émis à partir d'une source quelconque se dissipe rapidement autour du globe dans seulement quelques jours^[7] en suivant de manière zonale les grandes ceintures convectives. Il est alors possible de mesurer le taux d'accumulation mensuel global en un seul site qui pourra être utilisé dans les calculs. Pour sa part, les séries de température satellitaire comme les RSS ou les UAH offrent une grille de mesure qui couvre l'entièreté du globe avec une maille variable mais approximative de 250km. Ces données peuvent être fournies sous la version d'anomalies de la température mensuelle locale et aussi globale^[8].

Ainsi, en appliquant une régression locale, chaque site pourra être marqué par le coefficient de détermination de la régression. Le coefficient de détermination indique alors là où la variable explicative a le plus d'impact sur la variable dépendante. Autrement dit, on se trouve à cartographier les régions où le réchauffement a le plus d'impact sur les émissions de CO₂ locaux.

Puisque que le coefficient R^2 est aussi le coefficient de corrélation élevé au carré, il s'agit de prendre la racine carrée du coefficient de détermination pour générer la carte du coefficient de corrélation, ce qui est peut-être une façon plus familière de présenter les choses comme il est montré à la figure 2.

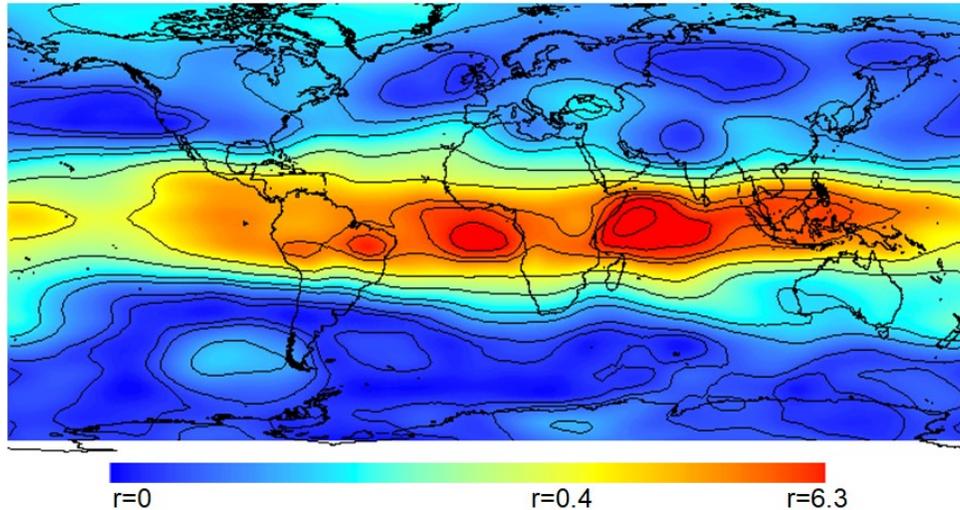


Fig2. Carte des coefficients de corrélation calculés entre les anomalies de température mensuelle locale et du taux net d'accumulation global du CO₂.

Lorsqu'on propose un modèle de régression, il va de soit de le vérifier. Parmi les nombreuses vérifications il y en a une incontournable qui est l'examen des valeurs résiduelles. Les valeurs résiduelles doivent au minimum présenter une distribution normale avec une moyenne de zéro et montrer un nuage de points avec une homoscedasticité et une absence d'autocorrélation. Tout ceci se vérifie aisément comme il l'est montré à la figure 3 suivante.

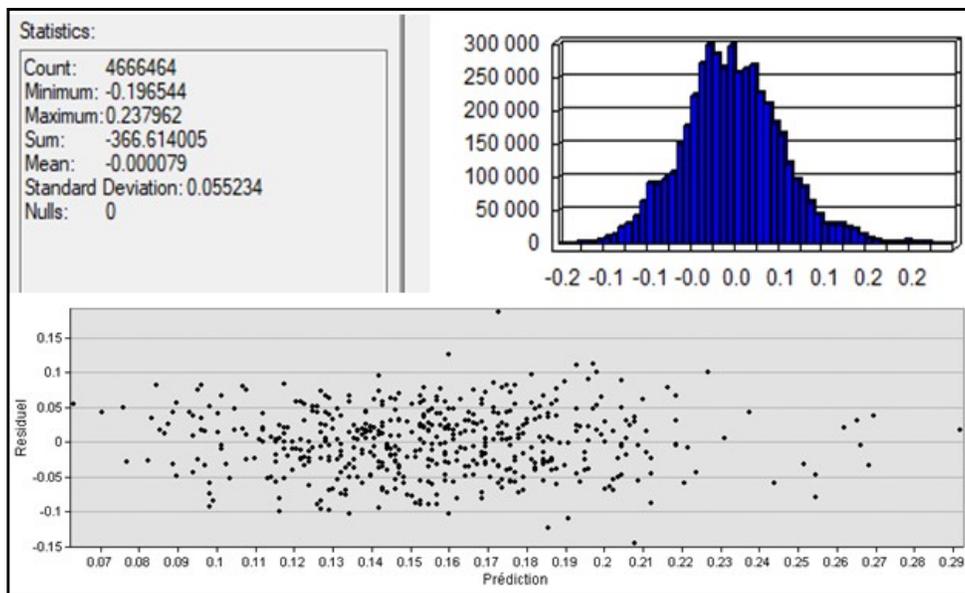


Fig 3. Le tableau et l'histogramme du haut concernent les inférences statistiques des valeurs résiduelles pour la totalité du jeu de données. On peut dire que les valeurs résiduelles respectent l'hypothèse de la distribution normale avec comme valeur moyenne nulle. Le *scatter plot* du bas montre le patron homoscedastique du nuage de points pour l'anomalie la plus forte se trouvant sur l'Atlantique équatoriale. Aucune des hypothèses n'est violée avec ces tests.

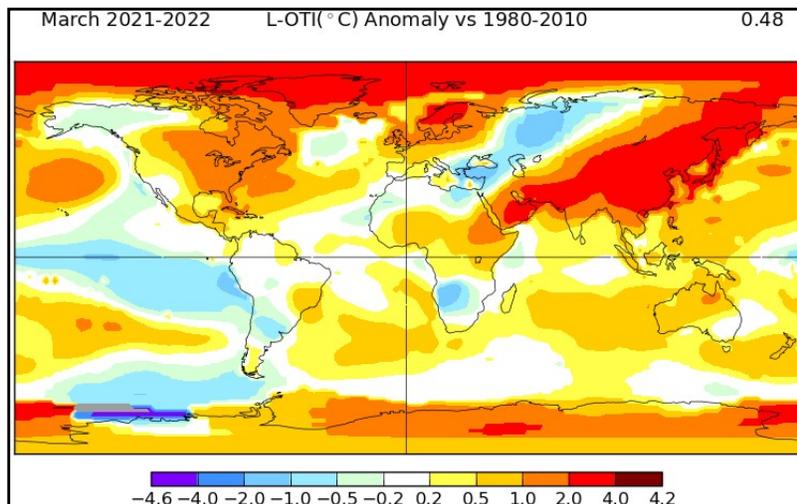
Une autre vérification qui s'impose est de valider la carte des émissions de CO₂ de la figure 2 avec celle du réchauffement. En fait, on devrait logiquement se trouver à valider mutuellement les deux résultats dans l'éventualité où les cartes concordent entre elles. Or, comme il a été introduit plus haut, aucune méthode ne représente le réchauffement avec le même résultat. Voilà une situation pour le moins embarrassante. En fait, on compte deux méthodes communément utilisées auxquelles l'auteur en a rajouté une troisième.

La méthode qui est de loin la plus utilisée pour présenter sur une carte le réchauffement, est l'écart entre une période cible par rapport à une moyenne de référence^[9]. Je n'irai pas par quatre chemins en disant que cette façon est la pire qu'on puisse imaginer. Dire qu'il fait actuellement 1 degré de plus qu'une moyenne de référence arbitraire nous renseigne que sur ce fait et rien de plus. Nous n'avons ici aucune façon de savoir ce qui s'est passé dans le mois précédent ni d'anticiper l'avenir et il est faux de penser qu'un écart plus grand pour un mois ou même une année présente un réchauffement plus significatif qu'un écart de température plus faible.

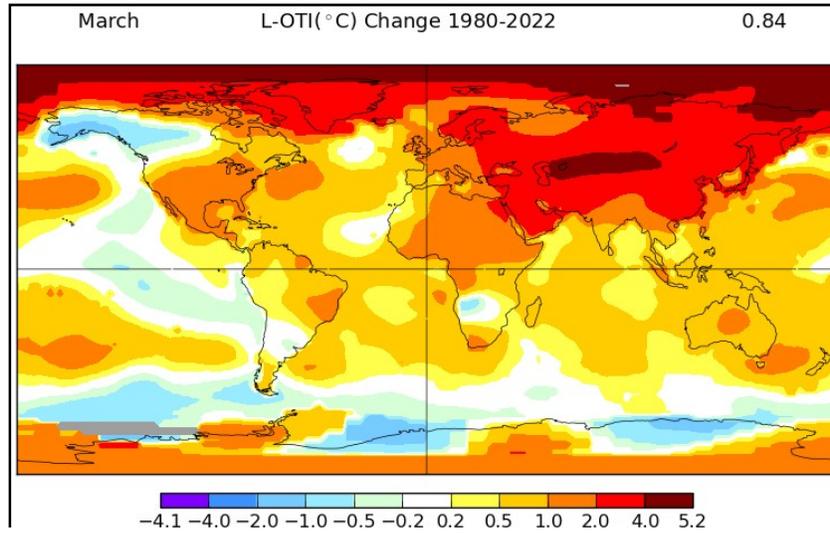
Une autre approche serait de cartographier l'intensité du réchauffement à partir de la tendance linéaire^[9] mais là encore, avec cette approche, on perd la variance qui est une inférence statistique essentielle pour caractériser l'évolution spatiotemporelle d'un processus aléatoire comme la température, en particulier sa significativité.

Enfin, l'auteur a ajouté la méthode des tendances de Mann-Kendall^[10]. Toutefois les résultats basés les z-scores et la p-value ne sont pas en degré et paraissent trop abstraits pour être popularisés auprès du grand public et même auprès des scientifiques. La figure 2 montre les différences entre les trois types de représentation du réchauffement. Fait à noter est que la seule représentation qui est cohérente avec la carte des émissions du CO₂ est celle de la méthode Mann-Kendall comme le montrent les isocontours superposés.

A)



B)



C)

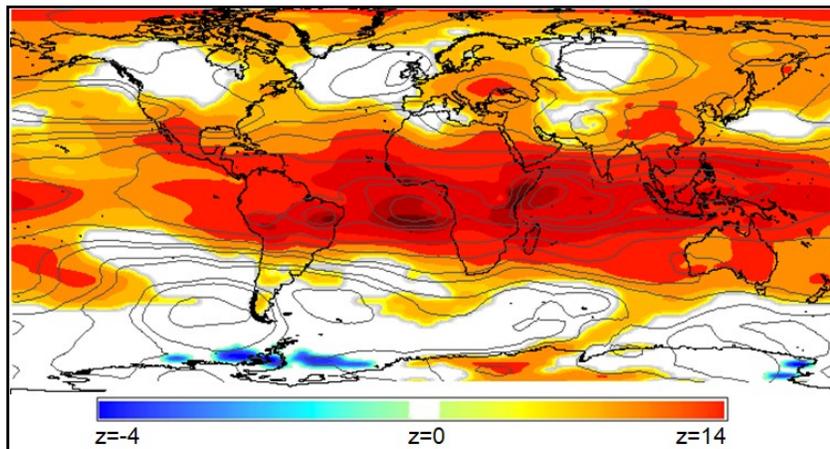


Fig.4 A) Carte de l'écart de température du mois de mars 2022 par rapport à la moyenne de référence de température calculée entre 1980 et 2010. B) Le maximum moins le minimum calculé sur les tendances linéaires des anomalies de température locales entre 1980 et aujourd'hui. C) Carte des Z-scores calculés à partir des inférences statistiques de Mann-Kendall sur laquelle ont été superposés les contours de la carte des coefficients de corrélation entre le taux d'accumulation global du CO₂ et les anomalies de température. Les deux résultats ainsi superposés se valident mutuellement.

Discussion

Il faut rappeler que l'une des principales idées soutenues dans ce travail est que le CO₂ est l'effet du réchauffement. Cette idée est validée par la correspondance entre la carte des émissions du CO₂ obtenue à l'aide des régressions et celle du réchauffement obtenue de la méthode Mann-Kendall. Ces cartes montrent que le réchauffement et les émissions de CO₂ sont principalement localisés à l'équateur au niveau des océans Atlantique et Indien. Un autre constat à retenir est que la seule carte cohérente avec les émissions de CO₂ est celle obtenue par la méthode de Mann-Kendall. Faut-il conclure que les autres méthodes montrent tout sauf les lieux impactés par le réchauffement?

Ce travail mérite d'être repris dans un cadre d'une analyse plus fine pour mieux élaborer le modèle de la régression, en particulier en ce concerne les signatures globales du taux d'émission du CO₂ en réponse par exemple au EL Nino ou encore aux cycles solaires.

Conclusion

Les faits sont accablants. Force est de constater que l'organisation spatiale tant pour les sites émetteurs de CO₂ que pour le réchauffement, est incohérente avec l'hypothèse anthropique. Par contre, les résultats sont cohérents avec l'idée que la température explique le CO₂. Les émissions de CO₂ sont liées à l'océan équatorial et doivent donc faire intervenir des phénomènes qui sont de nature purement physiques ou biochimiques mais forcément liés à l'eau. Cette science du réchauffement a fait clairement fausse route sur presque tous ses aspects. Elle souffre d'un manquement élémentaire dans les méthodes d'observations des variables les plus fondamentales qui aurait dû être corrigé convenablement depuis longtemps. C'est une dérive impardonnable que l'histoire de la science notera inévitablement. Les dés sont jetés, à moins que nous acceptions dorénavant de vivre dans un monde qui est voué à renoncer à ce qui l'a le plus distingué dans son histoire, la science. Comme on dit, plus le mensonge est gros plus il passe.

[¹] <https://www.youtube.com/watch?v=sGZqWMEpyUM>

[²] Murry. L. Salby 2016 Physics of the Atmosphere and Climate. 2e ed, Cambridge

[3] Ole Humlum et al. 2013 The phase relation between atmospheric carbon dioxide and global temperature. Global and Planetary Change 100

[4] <https://youtu.be/fsft6RsTmus>

[5] <https://www.drroyspencer.com/latest-global-temperatures/>

[6] Mitchell, Andy. The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2. ESRI Press, 2005.

[7] <https://gml.noaa.gov/ccgg/ggrn.php?projects%5B%5D=1&projects%5B%5D=3&projects%5B%5D=4&projects%5B%5D=5>

[8] https://www.ncei.noaa.gov/thredds/catalog/cdr/mlt_msu_uah/catalog.html?fbclid=IwAR2sl7qjPWXtMOY16n_IEsqz7pZLzvRsjnJFGnSHVUskl-lqHaj5kGIhRY

[9] <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>

[10] Kendall, M. G., Gibbons, J. D., Rank correlation methods, fifth ed., (1990) Griffin, London.