

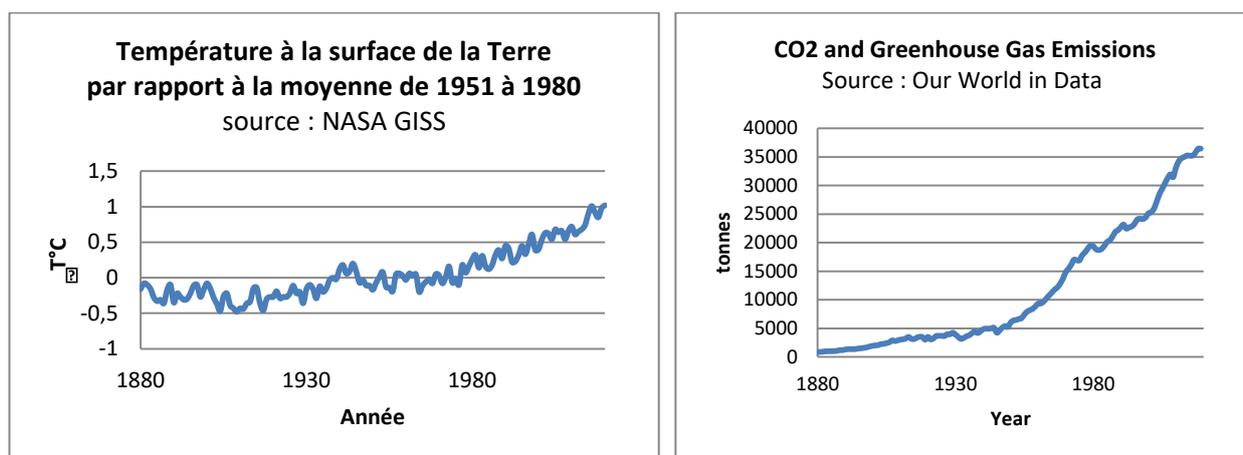
## TP N° 80

# Température de la Terre à la fin du siècle

L'objet de ce TP est d'estimer, la température de la Terre à la fin du siècle en extrapolant un processus Variance Gamma à partir d'observations recueillies depuis 1880.

Ce TP est disponible au format Word, avec les fichiers de calculs Excel incrustés, dans la boutique en ligne de Cab Innovation. Il reprend des éléments des ouvrages « Mise en œuvre des essais accélérés » et « La fiabilité en pratique » de la collection « La fiabilité en pratique ».

---



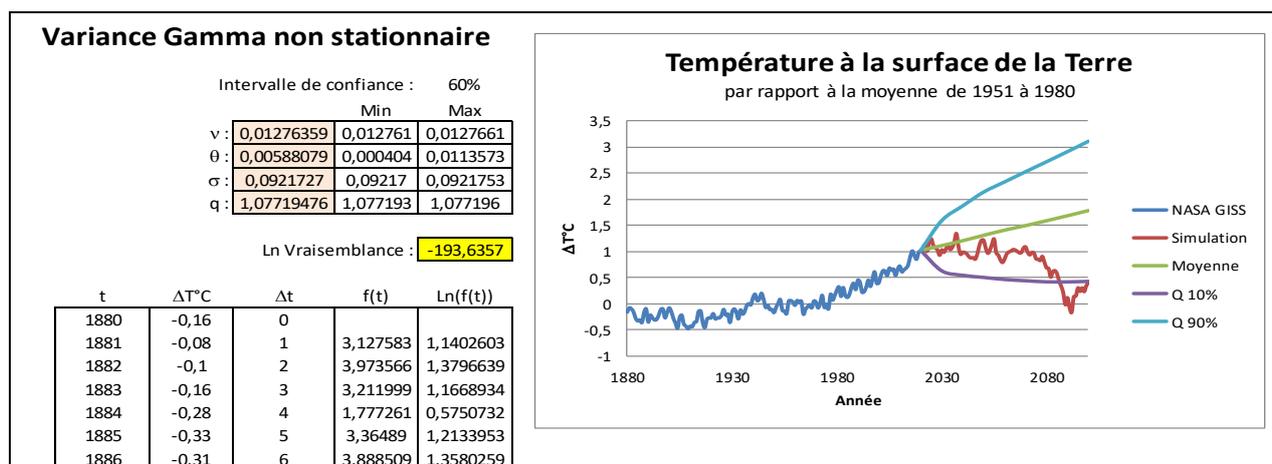
1 – Estimer, la température de la Terre à la fin du siècle à partir des données du Goddard Institute for Space Studies (NASA)

2 – Enrichir cette estimation en considérant les données d'émission de gaz à effet de serre en prenant l'hypothèse d'une stabilisation, ou d'une augmentation comparable à celle des soixante-dix dernières années.

## 1 – Exploitation des données de température

L'évolution de la température apparaît discontinue et non monotone. Elle ne peut donc pas être modélisée par un processus de Lévy classique (Gamma ou Wiener), mais par une loi de type Variance Gamma (voir TP n° 78).

Par ailleurs, la vitesse d'évolution n'apparaît pas constante. Aussi le processus Variance Gamma doit être rendu non stationnaire par un changement préalable du temps. Ce changement de variable est réalisé ci-dessous au moyen d'une fonction puissance de paramètre q.



VG ajustement

L'ajustement par la méthode du maximum de vraisemblance est réalisé ici au moyen de l'outil d'optimisation hybride Gencab. Celui-ci fournit une macro fonction de calcul de la densité de probabilité de la loi Variance Gamma qui est utilisée comme suit :

$$=VARIANCE\_GAMMA(\Delta T^{\circ}C; (t+\Delta t)^q - t^q; \mu = 0; \nu; \theta; \sigma)$$

Après ajustement, l'extrapolation du processus est réalisé par simulation de Monte-Carlo au moyen de la macro fonction suivante, également fournie par l'outil :

$$VARIANCE\_GAMMA\_INVERSE(ALEA(); ALEA(); (t+\Delta t)^q - t^q; \mu = 0; \nu; \theta; \sigma)$$

Un grand nombre de simulations est alors réalisées au moyen de l'outil Simcab afin d'obtenir les courbes d'évolution moyenne et des quantiles à 10 et 90 % de chances de ne pas être dépassés.

## 2 – Prise en compte des données d'émission de gaz à effet de serre

A défaut de données sur la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre, qui constitue la principale variable explicative du phénomène, seules des données relatives aux émissions sont ici utilisées.

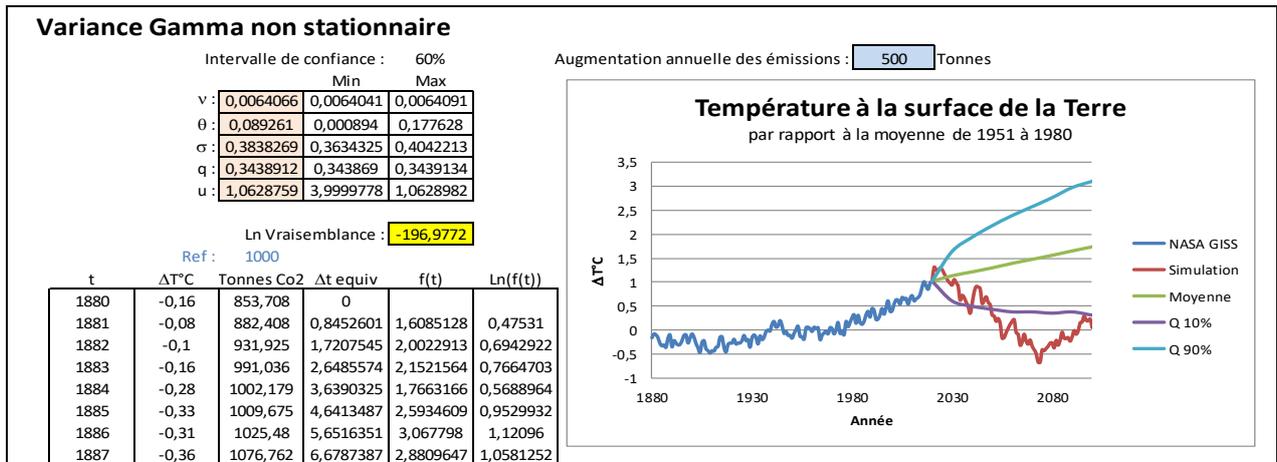
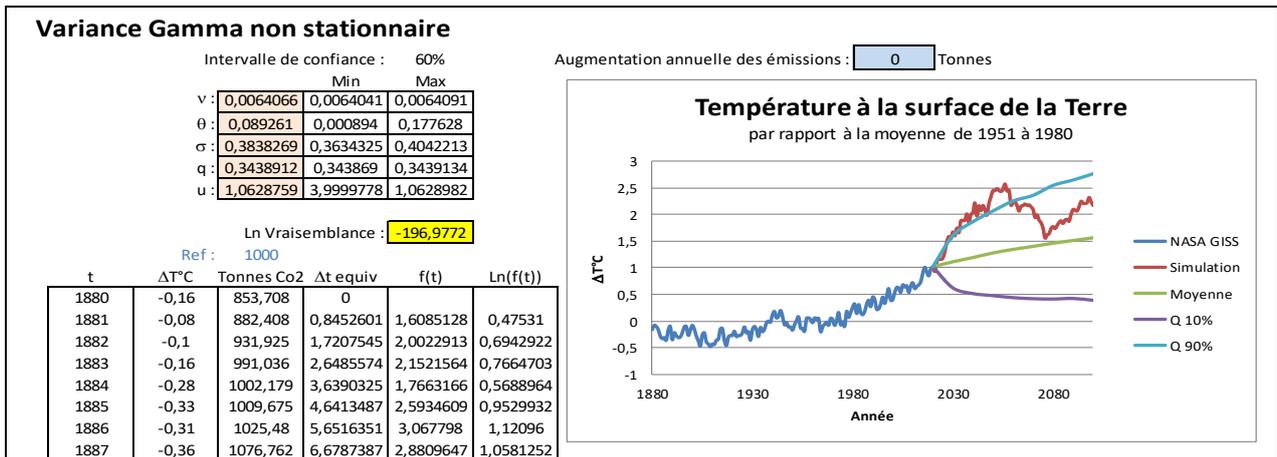
Un facteur d'accélération du phénomène associé aux émissions de CO<sub>2</sub>, de type puissance inverse, a alors été considéré :

$$FA = (\text{Tonnes de Co}_2/1000)^u$$

Le changement préalable de la variable temps est alors réalisé comme suit :

$$\Delta t_{\text{équivalent}} = (FA \cdot (t + \Delta t))^q - (FA \cdot t)^q$$

Un traitement similaire au précédent est réalisé ci-après avec les deux hypothèses d'émission considérées :



VG accéléré