

# Mettre en évidence le changement climatique grâce à la loi binomiale

Frédérique Letué

UGA/IUT2/STID, LJK/SVH

# Climat : l'évolution constatée en France

(source : <https://météofrance.com/changement-climatique/observer/climat-levolution-constatee-en-france>)

- **Évolution du climat en France : une hausse des températures moyennes**  
« De 1900 à nos jours, le réchauffement atteint environ 1,7 °C, une valeur plus forte que celle observée en moyenne mondiale, estimée à +0,9 °C sur la période 1901-2012 (source Giec 2013). »
- **Précipitations en France : une évolution contrastée selon les régions et les saisons**
- **Climat en France : l'évolution des événements extrêmes**  
« Le nombre de journées chaudes (températures maximales supérieures à 25 °C) augmente, tandis que le nombre de jours de gel diminue. »

# Comment comparer la météo actuelle avec les « normales saisonnières » ?



Données d'apprentissage :  
servent à établir un modèle

Données de test :  
servent à confronter les  
données actuelles avec le  
modèle

# Normales saisonnières à Embrun entre 1961 et 1990

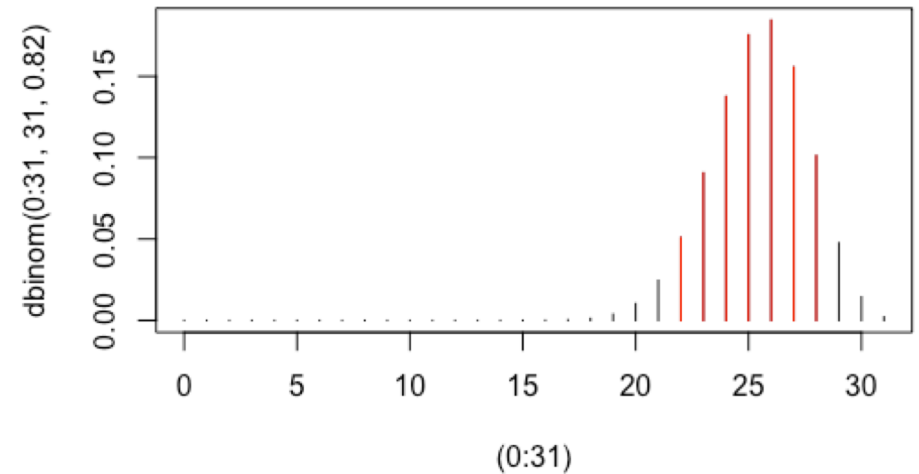
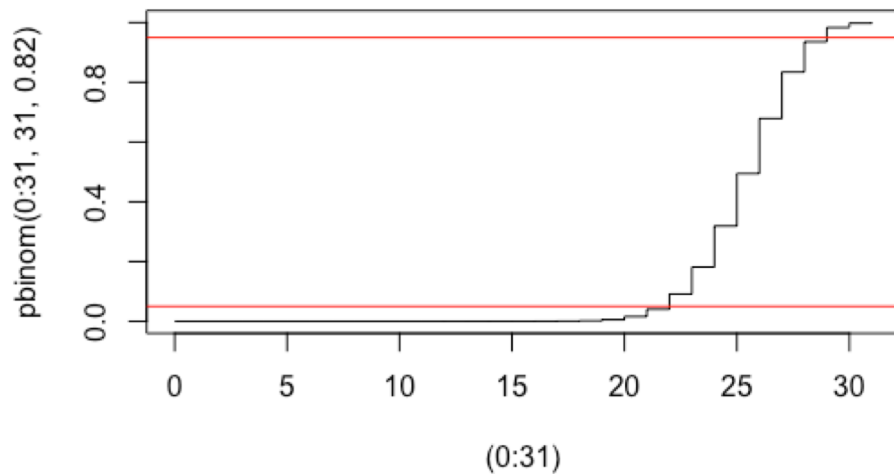
(source : Météo France)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	An
Nombre moyen de jours avec :													
TN<=													
-5°C	9.4	6.6	2.4	0.2	0	0	0	0	0	0	2	6.7	27.3
TN<=0													
°C	25.3	19.7	15.3	6.3	0.6	0	0	0	0	2.1	12.4	21.2	103
TX<=0													
°C	2.5	0.4	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2	1.3	4.6
TX>=													
25°C	0	0	0	0	1.3	9	21.1	18	8	0.3	0	0	57.7
TX>=													
30°C	0	0	0	0	0	0.7	3.9	4.1	0.6	0	0	0	9.3

# Calcul d'un modèle pour le nombre de jours de gel en janvier

- Pour ces années 1961-1990,
  - La probabilité d'avoir un jour de gel en janvier est  $25.3/31=0.82$
  - La probabilité d'avoir une journée chaude en juin est  $9/30=0.3$
- Sans changement climatique (et sans donnée manquante), on s'attend à ce que, pour les années 2007-2010 :
  - Le nombre de jours de gel en janvier  $X_{\text{janv}} \sim B(31, 0.82)$
  - Le nombre de journées chaudes en juin  $X_{\text{juin}} \sim B(30, 0.3)$

# Définition d'un intervalle de fluctuation à 90%



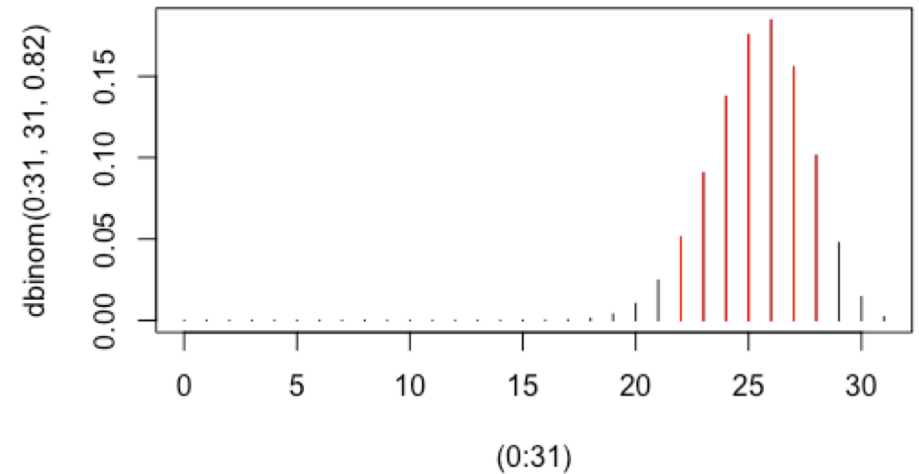
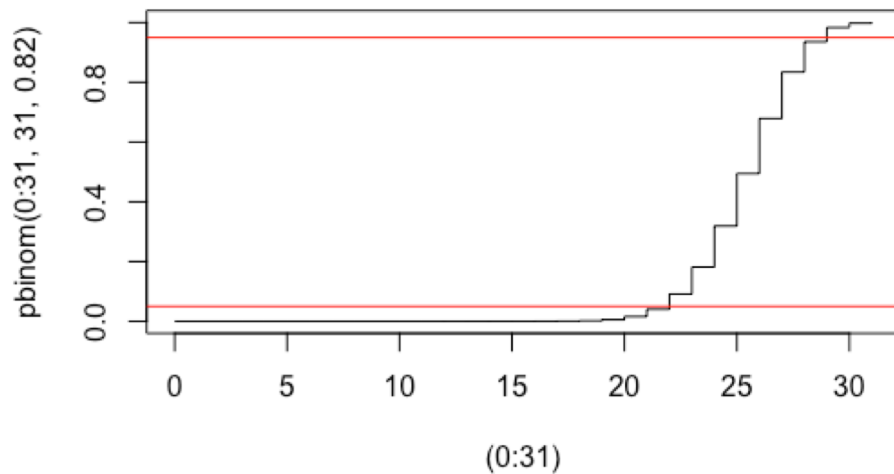
On cherche les deux valeurs  $k_1$  et  $k_2$  telles que :

$$P(X_{janv} < k_1) \leq 0.05$$

$$P(k_1 \leq X_{janv} \leq k_2) \geq 0.90$$

$$P(X_{janv} > k_2) \leq 0.05$$

# Définition d'un intervalle de fluctuation à 90%



$$P(X_{janv} \leq 21) \leq 0.05$$

$$P(22 \leq X_{janv} \leq 28) \geq 0.90$$

$$P(X_{janv} \geq 29) \leq 0.05$$

On dira que le mois de janvier est « conforme aux normales saisonnières » si le nombre de jours de gel est compris entre 22 et 28 (inclus).

# Confrontation des données test au modèle

	2007	2008	2009	2010
Nombre de jours de gel en janvier	16	29	25	26
Conclusion	Nombre trop faible	Nombre trop élevé	Conforme	Conforme



# Nombre de journées chaudes en juin

- $X_{juin} \sim B(30, 0.3)$
- Intervalle de fluctuation : [5;12]

	2007	2008	2009	2010
Nombre de journées chaudes en juin	15	6	13	16
Conclusion	Nombre trop élevé	Conforme	Nombre trop élevé	Nombre trop élevé

# Limites du modèle

- Température constante au cours du mois ?
  - Les météorologues travaillent plutôt par décade
- Températures minimales ou maximales indépendantes deux jours consécutifs ?
  - Introduire des modèles tenant compte de la dépendance temporelle

# Références

- Présentation inspirée par un travail réalisé à l'IREM de Grenoble en 2011-2012 avec Philippe Garat, Florent Girod, Damien Jacquemoud
- Toutes les données sont issues de Météo France et sont disponibles sur le site de [l'IREM de Grenoble/Recherche-action/Anciens groupes de recherche/Probabilités et statistique](#)