

---

## COMBIEN SERONS-NOUS EN FRANCE EN 2070 ? UNE RÉPONSE À L'AIDE DE PROJECTIONS PROBABILISTES BAYÉSIENNES

Vianney COSTEMALLE

*Insee, Direction de la méthodologie et de la coordination statistique et internationale,  
Division des Méthodes et Référentiels géographiques,*

[vianney.costemalle@insee.fr](mailto:vianney.costemalle@insee.fr)

**Mots-clés** : inférence bayésienne, séries temporelles, population

---

### Résumé

#### Introduction

Les projections de population sont un exercice régulier des instituts nationaux de statistiques. En France, les dernières ont été produites en 2016 par l'Insee en utilisant une approche déterministe basée sur 27 scénarios différents. Dans cet article nous proposons une nouvelle approche en projetant de façon probabiliste la population et en utilisant de plus le paradigme bayésien, afin de quantifier l'incertitude sur le niveau des populations futures sans recourir à des scénarios.

#### Méthode

Selon la méthode des composantes, on projette de manière indépendante et par sexe et âge les trois composantes qui déterminent l'évolution d'une population, à savoir le taux de mortalité, le taux de fécondité et le solde migratoire. Ces trois composantes sont modélisées en tenant compte des données d'état-civil (nombre de naissances et de décès) et des séries du solde migratoire.

On suppose que le nombre de naissances et le nombre de décès suivent une loi de Poisson. On projette en premier lieu l'indice conjoncturel de fécondité en utilisant un modèle autorégressif du premier ordre. Connaissant alors le niveau de fécondité projeté, on en déduit une projection des taux de fécondité par âge à l'aide du modèle de Lee-Carter étendu, en réalisant une estimation bayésienne des paramètres.

Les taux de mortalité par âge sont quant à eux projetés grâce à une méthode implémentée dans un package R par l'Institut de Statistiques de Nouvelle-Zélande qui utilise également une approche bayésienne.

Enfin, le solde migratoire est projeté à l'aide d'une série temporelle.

Les estimations bayésiennes des paramètres des différents modèles sont conduites à partir du logiciel libre Stan.

#### Résultats

Les résultats montrent que la population de la France continuera de croître pour atteindre un niveau compris entre 66,1 millions et 77,2 millions d'habitants en 2070 avec une probabilité de 95 %.

De plus, il y a une probabilité de 20 % que la population totale en France atteigne un pic en 2050 avant de décliner. Selon nos estimations, la structure globale de la population sera profondément transformée avec en particulier une augmentation significative de la part des personnes âgées de plus de 65 ans.

On souhaite montrer que les projections probabilistes bayésiennes permettent d'éclairer le futur et de quantifier l'incertain en se basant sur les connaissances actuelles. Si les projections probabilistes

peuvent au premier abord apparaître plus compliquées à appréhender que les projections déterministes, elles ont l'avantage de résumer toute l'information en une seule distribution de probabilité, alors que les projections déterministes produisent de nombreux indicateurs.

## **Bibliographie**

- [1] **Alkema, L, Raftery, A. E., Gerland, P., Clark, S. J., Pelletier, F. & Buettner, T. (2010).** Probabilistic projections of the total fertility rate for all countries. Center for statistics and the social sciences, University of Washington. *Working paper* n°97.
- [2] **Bijak, J. & Bryant, J. (2016).** Bayesian demography 250 years after Bayes. *Population Studies*, 70(1), 1-19.
- [3] **Blanpain, N. & Buisson, G. (2016a).** Projections de population 2013-2070 pour la France : méthode et principaux résultats. Direction des Statistiques Démographiques et Sociales, Insee. *Document de travail* n°F1606.
- [4] **Bryant, J. & Zhang, J. L. (2014).** Bayesian forecasting of demographics rates for small areas : emigration rates by age, sex and region in New Zeland. *Statistica Sinica Preprint* n° SS-14-200tR3.
- [5] **Gerland, P., Raftery, A. E., Ševčíková, H., Li, N., Gu, D., Spoorenberg, T., Alkema, L., Fosdick, B. Hyndman, R. J. & Booth, H. (2006).** Stochastic population forecasts using functional data models for mortality, fertility and migration. Demography and sociology program, the Australian National University. *Working papers* n°99.
- [6] **Lee, R. D. & Carter, L. R. (1992).** Modeling and forecasting U.S. mortality. *Journal of the American Statistical Association*, 87(419), 659-671.