

Anticipation des flux hospitaliers intégrant des données épidémiques et climatiques pour prévoir l'activité et la gestion des ressources Hospitalières

R. Spiga¹, M. Sarazin², V. Augusto³, T. Garaix⁴, F. Gailliègues⁵, M. Batton- Hubert⁶

¹ INSERM, U1136, F-75012 Paris. E-mail : radia.spiga@etu.univ-st-etienne.fr

² DIM, Centre Hospitalier, 2, rue Robert Plotton, 42 700 Firminy, France. INSERM, U1136, F-75012 Paris. Centre Ingénierie et Santé - ENMSE- 158 cours Fauriel - 42 023 St Etienne
E-mail : msarazin@u707.jussieu.fr

³ Centre Ingénierie et Santé - ENMSE- 158 cours Fauriel - 42 023 St Etienne. E-mail : augusto@emse.fr

⁴ Centre Ingénierie et Santé - ENMSE- 158 cours Fauriel - 42 023 St Etienne. E-mail : garaix@emse.fr

⁵ Institut H. Fayol- ENMSE- 158 cours Fauriel - 42 023 St Etienne. E-mail: florian.gailliege@etu.emse.fr

⁶ Institut H. Fayol- ENMSE- 158 cours Fauriel - 42 023 St Etienne. E-mail: Mireille.BATTON-HUBERT@emse.fr

RESUME

En France, les flux hospitaliers de patients dépendent principalement des entrées effectuées par les services d'urgence. Le caractère aléatoire de ces flux contraint fortement les hôpitaux obligés d'anticiper au maximum leur organisation pour adapter la prise en charge des patients en temps réel. Actuellement, cette anticipation se fait de façon contextuelle chaque jour s'appuyant sur des données empiriques construites à partir d'historiques. Parmi les hypothèses envisagées pour expliquer les fluctuations observées, le climat et les épidémies, semblent deux facteurs prépondérants, l'un et l'autre étant fortement liés : en effet un engorgement des hôpitaux est constaté aux moments des pics épidémiques de certaines infections virales. Ce phénomène est particulièrement constaté en cas de grippe qui survient de façon saisonnière avec un pic hivernal dans les régions tempérées [1–5]. Bien qu'elle soit bénigne en général et évoluant vers une guérison spontanée, elle reste néanmoins un problème majeur de santé publique avec une morbidité et mortalité importante chez les sujets à risque et une augmentation en conséquence des flux hospitaliers [6–10]. De nombreux travaux ont déjà été réalisés proposant des méthodes de modélisation à la fois descriptives et prédictives pour caractériser les épidémies en prenant en compte les facteurs climatiques [11–14]. D'autres travaux [15–19] se sont intéressés uniquement à l'influence des variations climatiques sur les flux hospitaliers. Cependant, le lien entre ces deux facteurs et les hospitalisations liées à la grippe restent encore non exploités. Cette étude a donc pour objectifs de mettre en évidence le lien existant entre ces trois paramètres et de proposer un modèle probabiliste adapté à l'hôpital et servant d'outil d'aide à une prise en charge anticipée des fluctuations d'entrée dans les services d'urgence. Cet outil permettrait d'adapter l'offre de soins aux nécessités de prise en charge.

Méthode

données sources : les données climatiques de Météo France, les données épidémiques du réseau Sentinelle, les données d'hospitalisation liées à la grippe du PMSI , et les données démographiques de l'INSEE, sont recueillies sur une période de 10 ans de 2004 à 2013 inclus.

Méthodes d'analyse : La première partie du travail a eu pour intérêt de mettre en évidence les liens entre les facteurs climatiques et épidémiques après transformation des variables afin d'ajuster et d'harmoniser les unités de temps imposées par les données épidémiques.

Une première analyse a été réalisée par des tests de corrélation (coefficient de Pearson) consolidés par une analyse de variance (ANOVA) par année, et en décalant les séries chronologiques de façon à prendre en compte l'influence latente des facteurs climatiques sur les épidémies. La saisonnalité a été testée par méthodes d'analyse factorielle (ACP) et de classification (K means, méthode de Ward). Une deuxième analyse a consisté à construire un modèle probabiliste permettant de définir la capacité des données climatiques à intervenir dans la prévision épidémique et secondairement les flux hospitaliers. Elle a utilisé les séries chronologiques intégrant les données Sentinelles et climatiques avec une modélisation de type ARIMA. Le modèle de Serfling utilisé comme référentiel dans la prévision du passage en épidémie par le réseau Sentinelles a été pris en considération pour servir de seuil dans notre modèle.

Afin de consolider cette approche, une deuxième construction s'appuiera sur un modèle de type markovien intégrant les données climatiques pour définir le passage à un état épidémique ou non, état également défini selon le modèle Serfling utilisé par le réseau Sentinelles. Il permettra de qualifier pour chaque semaine un état épidémique ou un état non épidémique. Le nombre d'état épidémique pourra servir de support pour définir l'intensité d'une épidémie chaque année. Les données hospitalières seront ensuite intégrées dans ce modèle : leur lien avec le climat et les épidémies sera ensuite testé selon les mêmes principes que précédemment : par utilisation de méthode d'analyse de variance et de méthodes prédictives soit en utilisant des séries chronologiques soit également des modèles Markoviens associés au flux hospitalier.

Résultats préliminaires

Les premiers résultats concernant les liens entre climat et épidémie [20] confirment les données de la littérature soit : de bonnes corrélations entre les variables climatiques et les variables épidémiques transformées . En effet, cette corrélation est mieux ajustée lorsque les données initiales sont projetées (racine carré de la valeur par exemple) et un laps de temps de décalage entre données climatiques et épidémiques est appliquée ; un décalage d'une demie semaine semble pertinent.

Les variables climatiques retenues sont : l'humidité relative, l'ensoleillement, la température. En effet, les méthodes ACP et K- Means confirment la proximité entre ces variables et les données de la littérature concernant l'influence du climat et les épidémies en y associant les variables hospitalières.

A ce stade, les prévisions hospitalières sont possibles à une semaine mais nécessitent davantage d'antériorité de données pour les séries chronologiques épidémiques et surtout d'améliorer le premier modèle proposé. Enfin l'intégration d'informations sur le climat, et des données d'état devraient permettre d'améliorer la prévision de données Sentinelles

Perspectives

Cette étude ouvre de nouvelles perspectives en terme d'organisation de la prise en charge hospitalière en proposant des méthodes d'analyse permettant d'optimiser la prise en charge des patients par une meilleure connaissance de la variance des flux jusqu'alors uniquement quantifiée et anticipée empiriquement.

Mots clés: grippe, climat, séries chronologiques.

ABSTRACT

In France hospitalization flows depend especially on admission in emergency. The random nature of these flows constrain hospitals to anticipate their organization and adapt their management on real-time patient entrance. This adaptation is usually daily based depending on empirical data. Among hypothesis proposed to explain these flows, climate and epidemics are the most relevant, as they are being strongly linked to each other. This is particularly observed during epidemic influenza that occurs seasonally with a winter peak in temperate regions [1–5]. Despite being a minor illness with a spontaneous recover, it remains a significant public health problem, resulting in considerable global morbidity and mortality particularly among elderly associated with an increased hospital flow [6–10]. Several studies have proposed different models including climate factors to describe or predict influenza epidemics [11–14]. Other studies [15–19] have assessed the influence of climate changes on hospital flows. However, correlation between this two factors and hospitalizations for influenza has never been studied. Our objective is to highlight the relationship between these three parameters and propose a probabilistic model fitted to hospitals, which would serve as a tool for an early management. This tool would allow to adapt the care provision to the healthcare necessity.

Methods:

Data sources: climatic data from *Météo France*, influenza epidemic data from *French Sentinelles network*, demographic data from INSEE and hospitalization for influenza data from PMSI data. Those data will be analyzed from 2004 to 2013.

Analytical methods: relationship between climate factors and epidemiologic factors will be assessed using the Pearson correlation coefficient after transformations of these variables in the same unit as French Sentinelles network epidemic data.

These results were consolidated with analysis of variance (ANOVA) shifting the time series in order to take into account the latent influence of climatic factors on epidemics. Seasonality was tested by factor analysis (PCA) and classification (K means clustering, Ward's method) methods. Second, a probabilistic model was developed to assess whether climate factors can modulate and predict influenza epidemics and secondarily hospitalization flows. Time series using ARIMA method was used including meteorological and epidemiologic data. Model of Serfling used by French Sentinelles network as a reference to forecast influenza epidemics, was considered to determine epidemic thresholds in our model.

To consolidate this approach, a second time series model based on a Markov model will be developed. Markov model includes meteorological data will help to define an epidemic or non epidemic state for every week. Number of epidemic weeks will be calculated for each year to define the intensity of influenza epidemic. The number of epidemic state may provide support to define the intensity of an epidemic every year. Hospital data will be incorporated in this model: their links with climate and epidemics will be tested according to the same principles as above: analysis of variance and predictive methods or using time series and also Markov models associated with hospital flow.

First results:

As found in literature, the first results [20] confirm good correlation between transformed climate and epidemic data. In fact, this correlation is better adjusted when the initial data are projected (square root of the value, for example) and a time lag between climate and epidemic data is applied, a delay of half a week seems relevant. Square root of epidemic data and lag of a half-week of meteorological data are the most relevant. Climate variables considered were: relative humidity, temperature and solar radiation. Indeed, the PCA and K-Means methods confirm the proximity between these variables and data from the literature regarding the influence of climate and epidemics involving hospital variables.

At this stage, hospital forecast are available for one week but they require more annual data for epidemic time series and specially to improve the first proposed model. Finally the integration of climate information, and status data should improve the prediction of French Sentinelles network data.

Perspectives:

This study offers new perspectives in terms of healthcare proposing analysis methods to allow the optimization of management of patients with a better knowledge of flows variance which is until now quantified and anticipated empirically.

Keywords: influenza, climate, time series

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bresee, J and Hayden, F G (2013). Epidemic Influenza—Responding to the Expected but Unpredictable. *N. Engl. J. Med.* **368** 589–92
- [2] Cannell, J J, Zaslhoff, M, Garland, C F, Scragg, R and Giovannucci, E (2008). On the epidemiology of influenza. *Viol. J.* **5** 29
- [3] Cox, N J and Subbarao, K (2000). Global epidemiology of influenza: past and present. *Annu. Rev. Med.* **51** 407–21
- [4] Fouchier, R A M, Munster, V, Wallensten, A, Bestebroer, T M, Herfst, S, Smith, D, Rimmelzwaan, G F, Olsen, B and Osterhaus, A D M E (2005). Characterization of a Novel Influenza A Virus Hemagglutinin Subtype (H16) Obtained from Black-Headed Gulls. *J. Virol.* **79** 2814–22
- [5] Tong, S, Li, Y, Rivaille, P, Conrardy, C, Castillo, D A A, Chen, L-M, Recuenco, S, Ellison, J A, Davis, C T, York, I A, Turmelle, A S, Moran, D, Rogers, S, Shi, M, Tao, Y, Weil, M R, Tang, K, Rowe, L A, Sammons, S, Xu, X, Frace, M, Lindblade, K A, Cox, N J, Anderson, L J, Rupprecht, C E and Donis, R O (2012). A distinct lineage of influenza A virus from bats. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **109** 4269–74
- [6] Zhou, H, Thompson, W W, Viboud, C G, Ringholz, C M, Cheng, P-Y, Steiner, C, Abedi, G R, Anderson, L J, Brammer, L and Shay, D K (2012). Hospitalizations Associated With Influenza and Respiratory Syncytial Virus in the United States, 1993-2008. *Clin. Infect. Dis.* **54** 1427–36
- [7] Jung, M A, D’Mello, T, Pérez, A, Aragon, D, Bennett, N M, Cooper, T, Farley, M M, Fowler, B, Grube, S M, Hancock, E B, Lynfield, R, Morin, C, Reingold, A, Ryan, P, Schaffner, W, Sharangpani, R, Tengelsen, L, Thomas, A, Thurston, D, Yousey-Hindes, K, Zansky, S, Finelli, L and Chaves, S S (2013). Hospital-onset influenza hospitalizations—United States, 2010-2011. *Am. J. Infect. Control.* <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0196655313010985>
- [8] Fleming, D M and Elliot, A J (2007). Lessons from 40 years’ surveillance of influenza in England and Wales. *Epidemiol. Infect.* **136**.
http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0950268807009910
- [9] Mertz, D, Kim, T H, Johnstone, J, Lam, P-P, Science, M, Kuster, S P, Fadel, S A, Tran, D, Fernandez, E, Bhatnagar, N and Loeb, M (2013). Populations at risk for severe or complicated influenza illness: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* **347** f5061–f5061
- [10] OMS | Grippe (saisonnière). *WHO.* <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs211/fr/index.html>

- [11] Serfling, R E (1963). Methods for current statistical analysis of excess pneumonia-influenza deaths. *Public Health Rep.* **78** 494
- [12] Yaari, R, Katriel, G, Huppert, A, Axelsen, J B and Stone, L (2013). Modelling seasonal influenza: the role of weather and punctuated antigenic drift. *J. R. Soc. Interface.* **10** 20130298–20130298
- [13] Boyle, J R, Sparks, R S, Keijzers, G B, Crilly, J L, Lind, J F and Ryan, L M (2011). Prediction and surveillance of influenza epidemics. *Med. J. Aust.* **194**.
<https://www.mja.com.au/journal/2011/194/4/prediction-and-surveillance-influenza-epidemics>
- [14] Truscott, J, Fraser, C, Cauchemez, S, Meeyai, A, Hinsley, W, Donnelly, C A, Ghani, A and Ferguson, N (2011). Essential epidemiological mechanisms underpinning the transmission dynamics of seasonal influenza. *J. R. Soc. Interface.* **9** 304–12
- [15] Schanzer, D L and Schwartz, B (2013). Impact of Seasonal and Pandemic Influenza on Emergency Department Visits, 2003-2010, Ontario, Canada. *Acad. Emerg. Med.* **20** 388–97
- [16] Damien Hériveaux, El-Rifai, O and Thierry, Garaix (2013). *Modèles Épidémiologiques Pour Les Urgences Cas de La Grippe Saisonnière*. Ecole des mines, Saint Etienne
- [17] Saiful Islam, M and Chausalet, T Impact of Climate Change on COPD Hospital Admission: a case study for Greater London
- [18] Atkinson, R W, Ross Anderson, H, Sunyer, J, Ayres, J O N, BACCINI, M, VONK, J M, BOUMGHAR, A, FORASTIERE, F, FORSBERG, B and TOULOUMI, G (2001). Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **164** 1860–6
- [19] Green, R, Basu, R, Malig, B, Broadwin, R, Kim, J and Bart Ostro (2009). THE EFFECT OF TEMPERATURE ON HOSPITAL ADMISSIONS IN NINE CALIFORNIA COUNTIES. *Calif. Clim. Change Cent. CEC-500-2009-037-F*
- [20] Gaillègue, F (2013). *Méthodes Statistiques Avancées Sur Les Données Épidémiologiques et Météorologiques Pour La Prévision de La Fluctuation Des Flux Hospitaliers*. école des mines; Saint Etienne