

**ANALYSIS AND PROJECTION USING THE AGE-COHORT-PERIOD BAYESIEN
MODEL OF THE INCIDENCE OF LUNG CANCER IN ALGIERS 1995-2029.**

**ANALYSE ET PROJECTION A L'AIDE D'UN MODELE AGE-COHORTE-
PERIODE BAYESIEN DE L'INCIDENCE DU CANCER DU POUMON DANS LA
WILAYA D'ALGER DE 1995-2029.**

Fatiha TALBI*

*Faculté des Sciences Economiques, Sciences Commerciales et Sciences de la Gestion, Université
d'ALGER 3*

talbi.fatiha@hotmail.fr

Rachid BENAMIROUCHE

*Ecole Nationale Supérieure de Statistique et d'Economie Appliquée ENSSEA
rbena2002@hotmail.com*

Reçu le 2018-02-19 Accepté le 2018-04-05 Publié en ligne le 2018-06-01

ABSTRACT: The evolution of the frequency of new cases of lung cancer is explained according to three temporal variables; the age of the patient at the time of diagnostic, the diagnostic period and the birth cohort of the patient. For this, the Bayesian approach of the age-cohort-period model is used in this study because it makes it possible to ensure the stability of projections of incidence rates of lung cancer in Algiers. The age-period-cohort model represents the link between the data (incidence rate) and the risk factors approached by the three variables; age, period and cohort. The Bayesian estimation of the model predicted an increase in the incidence rate of lung cancer for men in Algiers.

Keywords: Incidence, lung cancer, cohort, prediction, Bayesian approach.

RESUME : L'évolution de la fréquence des nouveaux cas de cancer du poumon est expliquée en fonction de trois variables temporelles; l'âge du patient au moment du diagnostique, la période de diagnostique et la cohorte de naissance du patient. Pour ceci, l'approche bayésienne du modèle âge-cohorte-période est utilisée dans cette étude car elle permet d'assurer la stabilité des projections des taux d'incidence du cancer du poumon dans la wilaya d'Alger. Le modèle âge-période-cohorte représente le lien entre les données (taux d'incidence) et les facteurs de risque approchés par les trois variables; âge, période et cohorte. L'estimation bayésienne du modèle a permis de prédire une augmentation du taux d'incidence du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Alger.

Mots clés : Incidence, cancer du poumon, cohorte, prévision, approche bayésienne.

* Auteur correspondant

1. INTRODUCTION

Dans le monde, le cancer constitue la première cause de mortalité. Environ 13 millions de nouveaux cas de cancer et 8 millions de décès par cancer sont enregistrés chaque année, 70% de ces cas sont enregistrés dans les pays en développement.

Chaque année, l'OMS, aux côtés de l'Union internationale contre le cancer, met en avant des moyens susceptibles de faire reculer la charge de cette maladie partout dans le monde. Mais le combat est inégal. Les différentes régions du globe ne sont pas à égalité devant le cancer, et notre pays ne bénéficie pas de l'attention voulue.

Le cancer reste élevé dans les pays développés, en raison principalement d'une forte incidence de tumeurs associées au tabagisme et au mode de vie occidental (tumeurs du poumon, du colon rectum, du sein et de la prostate). Mais dans ces pays, les taux de mortalités par cancer ont commencé à décroître en raison d'une diminution de la prévalence du tabagisme, d'une amélioration de la détection précoce et des avancées dans le traitement du cancer.

En Algérie, au moment où on commence à enregistrer une diminution notable des maladies infectieuses, grâce aux différents programmes nationaux instaurés lors des dernières décennies, on assiste à une véritable transition épidémiologique démographique et d'un développement socio-économique très rapide traduisant une profonde mutation des modes de vie de nos concitoyens.

Le cancer et les autres maladies chroniques non transmissibles s'inscrivent aujourd'hui parmi les nouveaux besoins prioritaires en santé publique. L'incidence du cancer est en nette augmentation, actuellement, on comptabilise environ 45 000 nouveaux cas par an avec 24000 de décès. Dans la wilaya d'Alger, on enregistre chaque année 5 000 nouveaux cas de cancer dont les localisations des cancers les plus fréquents sont identiques à celles des pays industrialisés.

En Algérie comme dans le monde, le cancer du poumon est le premier cancer chez l'homme, il représente environ 15% des cancers masculins depuis l'année 2000. Dans la wilaya d'Alger, une progression constante du cancer du poumon chez l'homme, l'incidence augmente de 0.12% par an, et la tendance de la mortalité suit celle de l'incidence de façon relativement fidèle. De façon générale, les auteurs s'accordent pour mettre en relation les tendances des taux d'incidence et de mortalité par le cancer du poumon avec l'augmentation de la consommation de tabac.

En raison de la gravité de la maladie, le cancer du poumon devient un objet de préoccupation pour le milieu médical et les acteurs de politiques en santé publique. Aussi, il est apparu nécessaire de connaître la tendance de l'incidence du cancer du poumon et d'estimer des cas incidents futurs en répondants à la demande des pouvoirs publics dont la mission est de prévoir les infrastructures (hospitalisations, traitements) nécessaires à la prise en charge de cette maladie.

L'objectif de cette étude était d'analyser la tendance de l'incidence du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Alger à partir des données du Registre des tumeurs d'Alger de 1995 2014 puis de prédire son évolution jusqu'en 2029. La prévision s'est basée sur l'analyse bayésienne d'un modèle âge-cohorte-période. Le principe du calcul est fondé sur l'échantillonnage de Gibbs qui est un cas particulier des méthodes de Monte Carlo par Chaîne de Markov (MCMC).

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Données

Les données nécessaires à l'analyse sont le nombre de cas incidents du cancer du poumon selon l'âge et la période chez les hommes, pour la wilaya d'Alger, ainsi que la population correspondante. Le nombre de cas incidents du cancer du poumon, par âge et par année a été extrait du registre des tumeurs de la wilaya d'Alger. Ce dernier dispose de données exhaustives sur la base d'un enregistrement actif des cas (auprès de l'ensemble des services hospitaliers publics et privés ainsi que des laboratoires d'anatomie pathologique) depuis l'année 1993. L'office national des statistiques (ONS) offre une estimation des effectifs de population de la wilaya d'Alger (passés et futurs) par âge et par année dans un Table âge-période par tranches de cinq ans.

La période d'étude 1995-2024 est composée de deux sous périodes: la période de base de projection de 1995 à 2014 (20 ans), soit 4 périodes quinquennales, où l'incidence est observée, et la période de prévision de 2015 à 2029 (15 ans) soit trois périodes quinquennales. La période de base de la prédiction a été choisie en fonction de la disponibilité des données d'incidence et de population concernée.

La population étudiée était constituée des hommes dont les âges sont compris entre 20 et 75 ans. Ces limites ont été choisies car en dessous de 20 ans, le nombre de cas incidents est très faible et au dessus de 75 ans la connaissance de l'incidence est moins fiable.

Le Table 1 présente des taux spécifiques par âge d'incidence du cancer du poumon pour les hommes de la wilaya d'Alger sur une période de 1995 à 2014, en fonction de l'âge du patient au moment du diagnostique et de la date de ce dernier. Le taux spécifique est défini par le nombre de cas incidents du cancer du poumon rapporté à la population de la wilaya d'Alger pour chaque tranche d'âge. Une troisième variable explicative est prise en compte dans l'évolution du cancer du poumon : la cohorte de naissance, qui identifie les patients ayant la même année de naissance.

2.2. Méthodes

Le modèle utilisé pour la prévision des incidences du cancer du poumon est le modèle âge-période-cohorte (ACP), ce modèle est largement utilisé par les épidémiologistes pour analyser les tendances de l'incidence de certaines maladies.

Le modèle ACP est une régression de poisson et il s'écrit de la façon suivante:

$$Y_{ijk} \sim P(m_{ijk}\lambda_{ijk}) \quad \text{et} \quad m_{ijk}\lambda_{ijk} = E[Y_{ijk}]$$
$$\ln(\lambda_{ijk}) = a_k + p_j + c_k$$

Y_{ijk} Représente la variable "nombre de cas incidents" pour l'âge i (i de 1 à 16), la période j (j de 1 à 4), et de la cohorte k (k de 1 à 19), M_{ijk} Le nombre de personnes-années correspondant, λ_{ijk} le taux d'incidence spécifique. Les paramètres a_k , p_j et c_k Sont respectivement les effets de l'âge i , de la période j et de la cohorte k . Le nombre de cas incidents du cancer du poumon suit une loi de poisson de paramètres M_{ijk} , λ_{ijk} et le

logarithme du taux spécifique d'incidence est une combinaison linéaire des effets âge, période et cohorte.

La méthode utilisée pour réaliser les projections se fonde sur une approche bayésienne sur le modèle ACP. Le principe est d'attribuer des distributions a priori aux effets âge, période et cohorte et d'en déduire des distribution a posteriori

2.3. Principe de l'approche bayésienne:

Soit Y une variable aléatoire, y une réalisation de Y et Θ , le paramètre de la distribution de probabilité de Y . Le paramètre Θ est supposé inconnu mais distribue selon une loi de probabilité dont la densité est $f(\theta)$, cette loi est dite loi a priori.

Soit $g(y/\theta)$, la densité de probabilité de Y conditionnellement à Θ , si $f(\theta/y)$ est la densité de probabilité de Θ conditionnellement à Y , le théorème de Bayes s'écrit:

$$f(\theta / y) = \frac{g(y/\theta)f(\theta)}{\int g(y/\theta)f(\theta)d\theta}$$

$f(\theta / y)$ est la densité de la loi a posteriori de Θ , et $h(\theta,y)$ est la densité de la loi jointe de (Θ, Y) :

$$h(\theta, y) = g(y/\theta)f(\theta)$$

La densité de la loi marginale (loi prédictive) de Y est:

$$g(y) = \int h(\theta, y)d\theta = \int g(y/\theta)f(\theta)d\theta$$

Si y_p Représente les valeurs passées de Y (donc les données de l'incidence) et y_f représente les valeurs futures de Y . Si, de plus, le modèle est base sur une régression avec variable explicative Z (représente les effectifs de population définies par tranches d'âge et par la période), soit $z = (z_p \cup z_f)$ l'ensemble des valeurs passées et futures de Z .

Le modèle bayésien exprime la distribution de probabilité prédictive a posteriori des valeurs futures de Y comme suit:

$$g(y_F/y_P, z) = \int f(\theta/y_P, z)g(\theta/y_P, z, \theta)d\theta$$

Le modèle impose , de plus, des contraintes entre les paramètres successifs des trois covariables "âge", "période" et "cohorte", se sont des relations autorégressifs déduites des travaux de Breslow et Clayton(1993) et de Berzuini et Clayton (1994). Ces relations, déduites intuitivement des dépendances probables entre les niveaux consécutifs de chacun des paramètres, traduisant l'hypothèse que les effets de deux âges, de deux périodes ou de deux cohortes de naissance successifs sont a priori proportionnellement proches dans la réalité. Ces relations permettent de prédire les effets des périodes et des cohortes futures à partir des effets des périodes et des cohortes passées.

Pour l'âge, la relation de dépendance générale entre les effets successifs est exprimée par la distribution conditionnelle des paramètres relatifs à l'âge, cette distribution s'écrit de la façon suivante:

$$a_i / a_i, i \neq i \sim N\left(\mu_{a_i}, \frac{1}{\omega\tau_a}\right) \text{ et } \mu_{a_i} = E(a_i / a_i, i \neq i)$$

De plus la précision τ_a est supposée suivre une loi de Gamma, un choix classique en approche bayésienne:

$$\tau_a \sim \text{Gamma} \left(10^{-4} + \frac{1}{2}, 10^{-4} + 3 \sum_{i=1}^I a_i (a_i - \mu_i) \right)$$

La relation entre l'espérance de a_i et les valeurs prises par a_{i-1} , a_{i+1} , a_{i-2} , a_{i+2} est :

$$\mu_{a_i} = \frac{4a_{i-1} + 4a_{i+1} - a_{i-2} - a_{i+2}}{6}$$

Pour la période:

$$p_j / p_j, j < \hat{j} \sim N \left(\mu_{p_j}, \frac{1}{\omega \tau_p} \right) \text{ et } \mu_{p_j} = E(p_j / p_j, j < \hat{j})$$

$$\mu_{p_j} = 2p_j - p_{j-2}$$

Pour la cohorte:

$$c_k / c_{\hat{k}}, k < \hat{k} \sim N \left(\mu_{c_k}, \frac{1}{\omega \tau_c} \right) \text{ et } \mu_{c_k} = E(c_k / c_{\hat{k}}, k < \hat{k})$$

$$\mu_{c_k} = 2c_k - c_{k-2}$$

τ_p et τ_c sont les précisions respectivement des p_j et des c_k , elles sont supposées suivre des lois Gamma, comme pour l'âge:

$$\tau_p \sim \text{Gamma}(10^{-3}, 10^{-3}) \text{ et } \tau_c \sim \text{Gamma}(10^{-3}, 10^{-3}).$$

Les calculs sont effectués avec le logiciel BUGS (Bayesian inference Using Gibbs Sampling), outil dédié à l'analyse bayésienne, ce programme se base sur l'échantillonnage de Gibbs qui est un cas particulier des méthodes de Monte Carlo par Chaîne de Markov (MCMC).

Cette méthode d'échantillonnage est utilisée dans ce type d'étude car les distributions a priori des paramètres sont Normale, et la distribution de la variables " nombre de cas incidents" est une loi de Poisson qui ne sont pas conjuguées. De plus, le paramètre à estimer a une dimension élevée, ce qui nécessite une intégration compliquée.

3. RESULTATS

Les résultats sont présentés séparément pour les deux périodes d'études. La période de disponibilité des données d'incidence, base de prédiction (1995 - 2014) a été analysé d'un point de vu descriptive, la période (2015 - 2029) est la période de prédiction.

3.1. Analyse descriptive de la période 1995-2014 base de prédiction

Entre 1995-1999 et 2010-2014, l'effectif de la population masculine étudiée dans la wilaya d'Alger (population tronquée, limitée aux âges de 20 ans et plus) est augmentée de 18 % . En 2015-2029, d'après les estimations de l'ONS, l'effectif devrait atteindre une augmentation de plus de 25%.

L'incidence du cancer du poumon est proche de zéro pour la tranche d'âge de 20 à 24 ans, elle augmente avec l'âge jusqu'à atteindre un maximum pour la tranche d'âge 70 à 74, avec une incidence de 216.44 pour 100 000 habitants, puis elle décroît pour le reste des tranches d'âge.

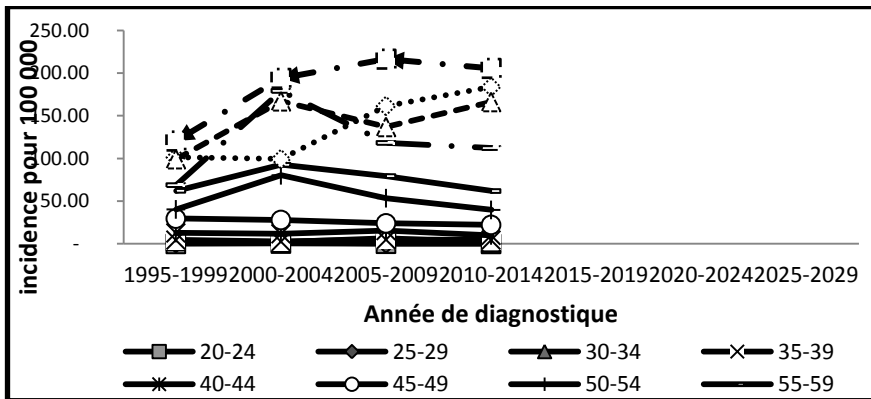
Quand on s'intéresse à l'ensemble des classes d'âges, les incidences ont été exprimées sous forme de taux standardisés sur la population mondiale. Pour les hommes de la wilaya d'Alger, de 1995 à 2014, l'incidence du cancer du poumon standardisée sur la population mondiale, augmente de 5% par période.

Table 1: Incidences spécifiques et nombre de cas incidents du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Alger 1995-2014

âge/période	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
20-24	0.00(0)	0.41(3)	0.24(2)	0.00(0)
25-29	0.83 (4)	1.35 (8)	0.37 (3)	0.65 (6)
30-34	3.58 (13)	2.21 (14)	6.46 (45)	1.59 (14)
35-39	4.50 (14)	2.70 (12)	4.95 (27)	4.48 (32)
40-44	12.81 (30)	11.79 (41)	15.57 (68)	9.99 (60)
45-49	29.63 (62)	28.04 (87)	24.08 (87)	22.27 (95)
50-54	40.45 (66)	80.40 (134)	53.55 (148)	39.83 (155)
55-59	62.21 (78)	92.66 (156)	79.45 (186)	61.93 (196)
60-64	68.84 (80)	179.20 (192)	118.28 (203)	112.28 (261)
65-69	101.42 (92)	99.39 (139)	161.57 (229)	183.91 (284)
70-74	120.50 (70)	193.90 (169)	216.44 (221)	205.59 (256)
75+	99.30 (74)	167.13 (169)	137.02 (173)	166.27 (273)
20-75	583(17.83)	1 124(20.54)	1 393(23.57)	1 631(25.56)

L'incidence est exprimée en nombre de cas pour 100 000. Entre parenthèses, figurent les nombre de cas incidents. Dans la dernière ligne figurent les incidences pour toute la population, standardisée selon la population mondiale, et entre parenthèse, le nombre total des cas incidents pour la période 1995-1999 à 2010-2014.

Figure 1: Incidences spécifiques du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Alger 1995-2014



3.2. Pr evision:

Le nombre de cas incidents du cancer du poumon dans la wilaya d'Algier est croissant quelle que soit la tranche d'âge, avec une augmentation relative de 12% tous les 5 ans. Les taux d'incidences spécifiques pour l'âge étaient le plus souvent décroissants, les taux croissant menacent les classe d'âge; 65-69, 70-74 et plus de 75(Table 2) , elles présentent des augmentations relatives respectivement: 0.7%, 1.6%, et 2.5%.

Table 2: Incidences spécifiques du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Algier 1995-2029

�ge/période	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	2020-2024	2025-2029
20-24	-	0.41	0.24	-	1.99	2.76	5.72
25-29	0.83	1.35	0.37	0.65	4.95	12.90	13.99
30-34	3.58	2.21	6.46	1.59	14.07	21.65	28.63
35-39	4.50	2.70	4.95	4.48	27.42	29.87	31.24
40-44	12.81	11.79	15.57	9.99	45.81	42.71	39.98
45-49	29.63	28.04	24.08	22.27	85.72	78.96	78.74
50-54	40.45	80.40	53.55	39.83	175.90	174.01	166.96
55-59	62.21	92.66	79.45	61.93	274.76	254.43	226.12
60-64	68.84	179.20	118.28	112.28	388.62	320.05	269.74
65-69	101.42	99.39	161.57	183.91	804.75	756.12	733.06
70-74	120.50	193.90	216.44	205.59	686.56	556.48	459.73
75	99.30	167.13	137.02	166.27	418.91	324.90	248.31
20-75	64.65	72.13	87.69	92.51	98.77	103.82	116.73

Pour la période 2015-2029, les incidences du cancer du poumon sont projetées par le modèle âge-cohorte-période bayésien. Pour les périodes 1995- 2014, les incidences sont produites par le registre des tumeurs d'Algier

Figure 2: Incidences spécifiques du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Algier 1995-2029

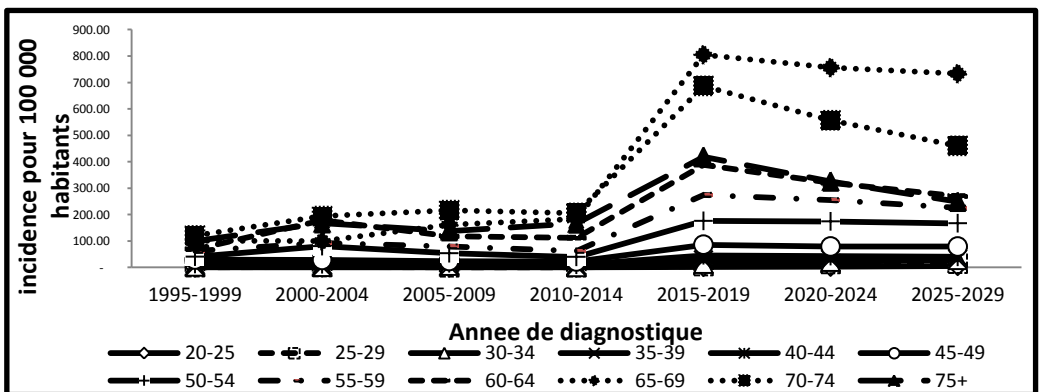
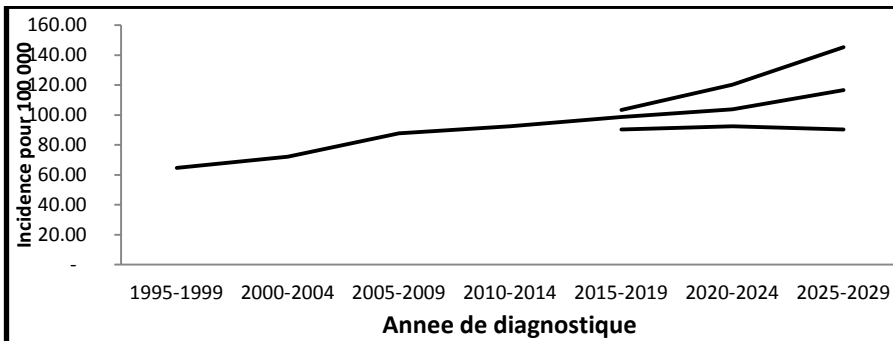


Table 3 : Nombre de cas incidents du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Alger et intervalle de prévision à 95% pour la période 2015-2029

Age/année	2015-2019*	2020-2024*	2025-2029*
20-24	2(1-4)	2(1-4)	3(1-8)
25-29	6(3-8)	12(7-18)	10(3-21)
30-34	22(18-25)	32(22-41)	40(26-59)
35-39	44(40-51)	52(44-65)	59(41-72)
40-44	71(68-78)	78(69-82)	86(48-119)
45-49	105(98-114)	114(101-125)	134(91-188)
50-54	162(154-171)	180(122-248)	194(138-272)
55-59	222(186-264)	240(812-298)	249(211-318)
60-64	280(238-352)	305(229-372)	340(279-469)
65-69	320(286-381)	350(340-421)	395(215-485)
70-74	280(222-369)	302(244-391)	332(198-48)
75+	260(205-324)	286(220-356)	310(216-421)
20-75	1 774(1711-1806)	1 953(1764-2184)	2 152(1912-3215)

Les taux d'incidences standardisés selon la population mondiale ont été estimés pour les périodes 2015-2019, 2020-2024 et 2025-2029. Le modèle prévoit pour ces trois périodes des taux de: 98.77, 103.82 et 116.73 pour 100 000 habitants. La variation relative par période est de + 1.2% chez les hommes de la wilaya d'Alger.

Figure 3 : Incidences du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Alger standardisée sur la population mondiale et intervalle de prévision à 95% pour la période 1995-2029.



Les taux d'incidences spécifiques par âge estimés par le modèle ont été représentés dans la figure 2. Les taux augmentent avec l'âge, avec un maximum atteint pour la classe d'âge 65-

69 ans et diminue légèrement pour les dernière classes d'âge 70-74 ans et 75ans et plus. Les taux spécifiques observés et prédits augmentent tous au cours du temps, avec une dynamique différente selon l'âge (figure 2). Les taux des classes d'âge de 20-24 ans à les tranches d'âge 50-54 ans présentent un ralentissement de la croissance autour de la période de prévision, Celles ci reste néanmoins importante pour la classe 50-54 ans. A l'inverse, pour le reste des tranches d'âge , les taux spécifiques présentent une accélération de la croissance.

La figure 3 représente le taux d'incidence du cancer du poumon standardisé selon la population mondiale, ainsi que l'intervalle de confiance à 95%. Les taux sont observés sur la période 1995-2014 et prédits par le modèle sur la période 2015-2029. Le taux standardisé présente une forte augmentation sur l'ensemble de la période, qui s'accélère au cours du temps

4. DISCUSSION

Le modèle âge-cohorte-période bayésien a permis de prédire une augmentation du taux d'incidence et du nombre de cas incidents du cancer du poumon chez les hommes dans la wilaya d'Alger jusqu' à 2029, pour tous les tranches d'âge. Le modèle âge-cohorte-période bayésien se suffit à lui même pour réaliser des projections mais il repose sur le principe que les tendances passées se perpétuent. La connaissance de l'exposition actuelle aux facteurs environnementaux (tabac) et de l'évolution future de celle-ci est indispensable pour donner plus de consistance à la relation entre la prévalence tabagique et les tendances des taux d'incidence du cancer du poumon. Plusieurs travaux internationaux ont analysé et parfois prédit les tendance de l'incidence du cancer du poumon, en relation ou non avec l'exposition au tabac. En ce qui concerne la consommation de tabac, n'a pas pu être mis en pratique dans le travail en raison de l'inexistence des données de consommation tabagique. Il faudrait au minimum disposer de l'estimation de la prévalence tabagique selon l'âge et la période pour perfectionner le modèle par l'adjonction d'une composante témoignant de la consommation tabagique.

5. CONCLUSION

Ce travail avait pour but d'expliquer l'évolution de l'incidence du cancer du poumon chez l'homme dans la wilaya d'Alger. Trois variables temporelles ont été utilisées: l'âge, la période de diagnostique et la cohorte de naissance. Les paramètres estimés par l'approche bayésienne ont permis de conclure que le nombre de nouveaux cas du cancer du poumon rapporté à la population augmente régulièrement avec les périodes de diagnostique, et de plus en plus rapidement avec l'âge des patients.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **BASHIR SA, ESTÈVE J.** Projecting cancer incidence and mortality using Bayesian age-period-cohort models. *J Epidemiol Biostatist* 2001.
- [2] **BERZUINI C, CLAYTON D.** Bayesian analysis of survival on multiple time scales. *Statist Med* 1994.
- [3] **BOREUX J-J, PARENT E ET BERNIER J** Pratique du calcul Bayésien. Springer-Verlag France, Paris, 2010.

- [4] **BRAY I.** Application of Markov Chain Monte Carlo methods to projecting cancer incidence and mortality. *J R Statist Soc* 2002.
- [5] **BRESLOW NE, CLAYTON DG.** Approximate inference in generalized linear mixed models. *J Am Stat Ass* 1993.
- [6] **CHRISTIAN P. ROBERT.** *Le Choix Bayésien - Principes et pratique.* Springer, 2006.
- [7] **CLAYTON D, SCHIFFLERS E.** Models for temporal variation in cancer rates. I. Age-period and age-cohort models. *Stat Med* 1987.
- [8] **CLAYTON D, SCHIFFLERS E.** Models for temporal variation in cancer rates. II. Age-period and age-cohort models. *Stat Med* 1987.
- [9] **Daniel Eilstein, Zoé Uhry, Laurence Chérié-Challine, Juliette Bloch, Hubert Isnard.** Mortalité par cancer du poumon en France métropolitaine: Analyse de tendance et projection De 1975 à 2014; Institut de veille sanitaire. Département maladies chroniques et traumatismes. Septembre 2005.
- [10] **EILSTEIN D, HEDELIN G, SCHAFFER P.** Incidence du cancer colorectal dans le Bas-Rhin : tendance et projection jusqu'en 2009. *Bull Cancer* 2000.
- [11] **EILSTEIN D, UHRY Z, CHERIE-CHALLINE L, ISNARD H :** Mortalité par cancer du poumon chez les femmes françaises. Analyse de tendance et projection à l'aide d'un modèle âge-cohorte bayésien, de 1975 à 2014. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2005.
- [12] **GILKS WR, THOMAS A, SPIEGELHALTER DJ.** A language and program for complex Bayesian modelling. *Statistician* 1994.
- [13] **HAMMOUDA D.** Institut national de sante publique, registre des tumeurs d'Alger. Rapport d'activites 1995-2015.
- [14] **MEYER N., S. VINZIO, B. GOICHOT ,** La statistique bayésienne : une approche des statistiques adaptée à la clinique, *Bayesian statistic: An approach fitted to clinic, La Revue de médecine interne* 30 (2009).
- [15] **PARENT, E. ET BERNIER, J.** Le raisonnement Bayésien: Modélisation et Inférence. Springer-Verlag France, Paris 2007.
- [16] Plan national cancer 2015-2019, nouvelle vision stratégique centrée sur la maladie, October 2014. [Http://www.sante.dz](http://www.sante.dz) .
- [17] **REMONTET L, ESTEVE J, BOUVIER AM ET AL.** Cancer incidence and mortality in France over the period 1978-2000. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2003.
- [18] **SPIEGELHALTER D, THOMAS A, BEST N, GILKS W.** BUGS 0.5 Bayesian inference using Gibbs Sampling Manual (version ii). 1996.
- [19] **SPIEGELHALTER D, THOMAS A, BEST N, GILKS W.** Ice: non-parametric smoothing in an age cohort model. In: *BUGS 0.5 Examples Volume 2 (version ii)*, 1996.