

**Elaboration D'un Modele Previsionnel Pour L'evaluation Des Coûts Des Accidents De La Route A
L'horizon 2015 : Cas De La Wilaya De Bejaïa**

Younes HIDRA*¹, Pr. Nouara KAID TLILANE**²

ملخص

اصبحت السلامة على الطرقات ظاهرة من ظواهر العصر ، ومصدر قلق كبير في البلدان المتضررة نظرا للعدد الكبير من الحوادث المسجلة ، والعدد الرهيب من الإصابات والوفيات التي تتسبب فيها ، اضافة للمعاناة الناجمة ومدى الخسائر الاقتصادية المسجلة كل عام. وبالتالي فحوادث المرور تأخذ طابع الخطر الواجب مكافحته في مصلحة الصحة العمومية إن تحليل تطور المخاطر على الطرقات و وضع النماذج الاقتصادية لهذا النظام يسمح اولا ليكون أداة للمساعدة في اتخاذ القرار و الإفراج عن سياسات الوقاية في مجال السلامة على الطرق و الصحة العمومية و ثانيا تقليص التكاليف البشرية والمالية من سجل السلامة على الطرق

الهدف من هذا العمل هو أولى تحديد و تحليل الأسباب المباشرة لحوادث الطرق في ولاية بجاية. ثانيا ، تحديد التوقعات الشهرية لعدد الحوادث والإصابات (القتلى والجرحى) لسنة 2014 و 2015 في ولاية بجاية و التكلفة الإجمالية التي ستتكبدها وسوف نتابع لبناء النموذج الإطار المنهجي التالي:

وضع نموذج تنبؤي الى 2015 لثلاثة سلاسل زمنية (عدد الحوادث الوفيات والإصابات) باستخدام أسلوب بوكس و جنكيتز وذلك برصد و شرح تطور ماضيها من خلال استغلال المعلومات الإحصائية المتوفرة (2008-2013) حساب التكلفة الإجمالية للحوادث ، للوفيات وللإصابات الى أفق ديسمبر 2015
كلمات المفاتيح : ضحايا الحوادث ، نموذج بوكس جنكيتز ، توقعات ، تكلفة، بجاية

RESUME

Le phénomène de l'insécurité routière que nous étudions est d'actualité et représente la préoccupation majeure des pays touchés en raison du nombre de pertes humaines qu'il engendre, du nombre de blessés légers ou graves qu'il provoque, de la somme des souffrances qui en résultent et de l'ampleur des pertes économiques qu'il entraîne chaque année. Par conséquent, les accidents de la route prennent le caractère de danger à combattre et à prévenir dans l'intérêt de la santé publique.

L'analyse de l'évolution du risque routier et la modélisation économétrique de ce système permettra d'une part, d'avoir un outil d'aide à la décision afin de dégager des politiques de prévention dans le domaine de la sécurité routière et de la santé publique, d'autre part, d'optimiser les coûts financiers et humains du bilan routier.

L'objectif de ce travail est double : d'abord il s'agit de déterminer et d'analyser les causes directes des accidents de route dans la wilaya de Béjaïa, puis de déterminer les prévisions mensuelles du nombre d'accidents et de victimes (tués et blessés) pour les années 2014 et 2015 dans la wilaya ainsi que le coût global engendré.

Nous allons suivre, pour la construction du modèle, le cadrage méthodologique suivant :

- Développer un modèle prévisionnelle pour trois séries chronologiques (nombre d'accidents, de tués et de blessés) par la méthode de Box et Jenkins pour suivre et expliquer l'évolution de ses dernières en exploitant l'information statistique disponible (2008 à 2013).
- Calculer le coût global des accidents, de tués et de blessés à l'horizon décembre 2015.

Mots clés : Accident de la route, victimes, modèle de Box et Jenkins, prévisions, coût, Béjaïa.

* Maître Assistant, doctorant, Laboratoire d'Informatique Médicale (LIMED). Université Abderrahmane Mira de Béjaïa – Algérie. hidrayounes@gmail.com
**Professeure, Directrice de recherche, Laboratoire d'Informatique Médicale (LIMED). Université Abderrahmane Mira de Béjaïa – Algérie. kaid_n@yahoo.fr

ABSTRACT

The phenomenon of road safety that we study is actuality and represents the major concern of the affected country because of the number of human loss it causes, the number of victim (killed, wounded) it causes, the sum of suffering results and the extent of economic losses it causes each year. Therefore, accidents take on the character of danger to fight and prevent in the interest of public health.

The analysis of the evolution of road risk and econometric modeling of this system will allow one hand to have a tool for the decision to release prevention policies in the field of road safety and public health and secondly , optimizing human and financial costs of road safety record .

The objective of this work is first to identify and analyze the direct causes of road accidents in the province of Bejaia and secondly, to determine the monthly forecasts of the number of accidents and casualties (killed and injured) for 2014 and 2015 in the province and the total cost incurred. We will follow to construction of the model, the following methodology:

- Develop a predictive model for three time series (number of accidents, killed and injured) by the method of Box and Jenkins to explain the evolution of its past by exploiting the available statistical information (2008-2013).
- Calculate the total cost of accidents, killed and injured at December 2015 horizon.

Keywords: Accident, victims, Box-Jenkins model, forecast, cost, Bejaia.

INTRODUCTION

En Algérie, le nombre d'accidents de la route et celui des victimes ne cessent de croître depuis le début des années 1970. Le pays est confronté à un vrai problème de santé publique auquel est associé un coût économique élevé. Classé 3^{ème} dans le monde, notre pays a atteint, en Août 2011, le pic de 578 morts soit 19 décès par jour et 10 blessés toutes les 60 minutes. Malgré les moyens financiers considérables mis à la disposition des hôpitaux par l'Etat, la prise en charge des victimes demeure insuffisante (CNPSR, 2011).

Selon les données statistiques de l'année 2013 communiquées par le centre national de prévention et de sécurité routière, l'Algérie a enregistré 42.846 accidents de la circulation. Le nombre de personnes décédées a franchi la barre des 4.540 morts (soit plus de 12 tués par jour) et le nombre de blessés est estimé à 69.582 (soit plus de 191 blessés par jour), engendrant des handicaps à des milliers de personnes et ont coûté aux pouvoirs publics plus de 100 milliards de dinars (Ghoul, 2014). Les efforts consentis par les parties concernées n'ont pas réussi à mettre un terme à cette catastrophe.

En 44 ans (de 1970 à 2013), plus de 1.459.678 accidents ont été recensés, causant la mort à plus de 153.201 algériens et blessant 1.825.400 autres.³ Les causes des accidents de circulation en Algérie sont diverses et les facteurs qui contribuent à multiplier leur nombre ainsi que le nombre de victimes sont nombreux. Nous pouvons citer des causes liées au comportement humain (vitesse, non respect de la signalisation, dépassements dangereux...), des causes liées à l'état du véhicule (âge, entretien, maintenance,...) et des causes liées à l'environnement (état des routes, climat,...).

La wilaya de Béjaïa, comme toutes les wilayas du nord du pays, est aussi affectée par le fléau des accidents de la circulation. D'après les statistiques du ministère de transport, Béjaïa occupe la 17^{ème} place en termes d'accidents, la 16^{ème} place en termes de tués et la 22^{ème} place en termes de blessés en 2013.

L'environnement du risque routier nécessite une analyse spécifique. L'étude que nous nous proposons permettra de mieux comprendre le phénomène de l'insécurité routière (en prenant le cas de la wilaya de Béjaïa), en déterminant les caractéristiques les plus dominantes dans l'explication du phénomène et les facteurs qui l'amplifient. Une lecture du futur proche par élaboration des modèles de prévision permettra de prendre les mesures préventives nécessaires et de mettre les moyens pour réduire le nombre de victimes et les coûts engendrés.

1. DE L'INSECURITE ROUTIERE EN ALGERIE

1.1. Aperçu de la question dans le pays

Le réseau routier algérien est constitué principalement des flux de transport de voyageurs et ceux des marchandises. La demande de transport s'exprime par les déplacements de ces différents flux. Quant à l'offre de transport, elle est représentée par le parc de véhicules et le réseau routier. Le trafic routier étant l'expression de la confrontation entre l'offre et la demande de transport et constitue ainsi le système de circulation. La défaillance ou le dysfonctionnement de ce dernier par des facteurs humains et/ou matériels engendre l'insécurité routière qui, à son tour, cause des accidents corporels et matériels et génère des coûts très élevés (Himouri, S., 2005).

³ Calculé par nos soins à partir des données du CNPSR.

L'analyse de la situation actuelle de la sécurité routière en Algérie montre que le facteur humain constitue la principale cause des accidents. Les statistiques du CNPSR, de 2004 à 2013, indiquent qu'en moyenne, 89% de la totalité des accidents enregistrés au niveau national ont eu pour cause principale le facteur humain, 6% sont liées aux véhicules et 5% sont dus à l'environnement, à l'infrastructure et à la mauvaise conception des routes.

En 2012, le bilan de la Gendarmerie Nationale (GN) montre que les accidents ont été provoqués à 60% par des moins de 40 ans et représentent 35% au-delà de cet âge. Les accidents sont constatés à hauteur de 48,5% entre 15h et minuit, avec un pic de 30% les jeudis. Les personnes possédant un permis de conduire de moins de 5 ans sont à l'origine de 61% des accidents, dont 40% ont un permis datant de moins de 2 ans. Les taux calculés par la GN indiquent que 81% des accidents sont provoqués par les conducteurs, dont 30% par excès de vitesse (8.500 cas), près de 12% suite aux virages dangereux (3.547 cas) et 7,5% pour non-respect de la distance entre deux véhicules.

Pour leur part, les piétons ont été responsables de 7,5% des accidents. L'état vétuste des véhicules n'est pas en reste, puisqu'il est à l'origine de 6,5% des faits. Enfin, l'état déplorable des routes a provoqué 5% des accidents. Nous constatons que le plus grand nombre d'accidents survient durant les mois de juin, juillet et août, tout en soulignant qu'en septembre, octobre et novembre les données statistiques demeurent assez élevées.

1.2. Insécurité routière dans la wilaya de Béjaïa

La lecture du tableau 1 indique que le non respect de la vitesse réglementaire est la cause principale des accidents de circulation dans la wilaya de Béjaïa durant la période allant de 2008 à 2013 avec 30,64%, suivi de dépassements dangereux avec 14,18%, puis la perte de contrôle du véhicule avec 10,25%. Le comportement des conducteurs est ainsi la cause principale qui amplifie la survenue des accidents de la route et par conséquent leurs gravités.

Tableau 1 : Causes des accidents de la route dans la wilaya de Béjaïa

| Causes | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | Somme | Proportion % |
|---|------|------|------|------|------|------|-------|--------------|
| Excès de vitesse | 154 | 99 | 100 | 212 | 210 | 232 | 1007 | 30,64 |
| Conduite en état d'ivresse | 2 | 2 | 1 | 1 | 9 | 30 | 45 | 1,37 |
| Perte de contrôle | 104 | 89 | 51 | 51 | 16 | 26 | 337 | 10,25 |
| Dépassement dangereux | 91 | 75 | 68 | 68 | 105 | 59 | 466 | 14,18 |
| Rouler en sens inverse | 49 | 35 | 35 | 35 | 40 | 25 | 219 | 6,66 |
| Non respect de la distance de sécurité | 34 | 30 | 36 | 36 | 28 | 41 | 205 | 6,24 |
| Non réduction de la vitesse aux virages | 73 | 35 | 76 | 39 | 28 | 13 | 264 | 8,03 |
| Traverser la route sans prudence | 66 | 32 | 39 | 8 | 10 | 14 | 169 | 5,14 |
| Non respect de la priorité | 10 | 7 | 8 | 19 | 12 | 0 | 56 | 1,70 |
| Déviations de la direction sans prudence | 27 | 30 | 19 | 0 | 5 | 34 | 115 | 3,50 |
| Passage des voies ferrées hors passage à niveau | 0 | 3 | 0 | 17 | 14 | 13 | 47 | 1,43 |
| Prise de risque | 0 | 2 | 17 | 30 | 59 | 0 | 108 | 3,29 |
| Autres causes | 32 | 87 | 30 | 30 | 20 | 23 | 222 | 6,75 |
| Total | 632 | 526 | 480 | 516 | 536 | 597 | 3287 | 100,00 |

Source : Tableau réalisé par nos soins à partir des rapports de la gendarmerie nationale

Par catégorie socio professionnelle, la majorité des conducteurs impliqués dans les accidents de la route au niveau de la wilaya de Béjaïa sont des chauffeurs de professions (24,42%). L'exposition de cette catégorie aux dangers de la route est permanente. Par ailleurs, 15,60% et 14,46% sont respectivement des chômeurs et des fonctionnaires. Le faible taux d'accidents encouru par les artisans et les ouvriers est dû par leur faible pouvoir d'achat dans l'acquisition d'un véhicule et la nécessité de son utilisation pour les déplacements, ce qui les incite à la prudence sur la route.

La catégorie de véhicule "poids légers" est la plus impliquée dans les accidents avec 65,75% par ce que la part de cette catégorie de véhicule dans le parc automobile est plus importante, suivi de celle "des poids lourds" avec 15,03%, puis des motocyclettes avec 5,48%.

Tableau 2 : Répartition des conducteurs impliqués dans les accidents dans la wilaya de Béjaïa

| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | Somme | Proportion % |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------|--------------|
| Chauffeurs | 261 | 229 | 186 | 174 | 207 | 08 | 1265 | 24,42 |
| Commerçants | 115 | 94 | 94 | 90 | 111 | 93 | 597 | 11,53 |
| Fonctionnaires | 159 | 138 | 87 | 106 | 112 | 147 | 749 | 14,46 |
| Sans profession | 141 | 131 | 105 | 136 | 150 | 145 | 808 | 15,60 |
| Agriculteurs | 48 | 33 | 25 | 30 | 20 | 29 | 185 | 3,57 |
| Fonctions libérales | 20 | 18 | 54 | 8 | 35 | 13 | 148 | 2,86 |
| Etudiants | 20 | 20 | 20 | 32 | 13 | 35 | 140 | 2,70 |
| Chauffeurs de taxis | 3 | 1 | 3 | 5 | 3 | 3 | 18 | 0,35 |
| Artisans | 5 | 7 | 8 | 34 | 27 | 15 | 96 | 1,85 |
| Ouvriers | 54 | 35 | 95 | 90 | 79 | 129 | 482 | 9,31 |
| Retraités | 27 | 19 | 44 | 51 | 42 | 65 | 248 | 4,79 |
| Autres | 131 | 133 | 10 | 51 | 34 | 85 | 444 | 8,57 |

Source : Tableau réalisé par nos soins à partir des rapports de la gendarmerie nationale

Selon l'âge, le bilan de la Gendarmerie Nationale montre qu'en 2013, la majorité des accidents a été provoquée par la catégorie âgée de plus de 20 ans et moins de 40 ans. Cette tranche d'âge constitue la catégorie la plus active et/ou la plus mobile, par conséquent se déplacent de manière plus intense.

Selon le sexe, la majorité des conducteurs impliqués dans les accidents de la route est de sexe masculin avec 96,68% en 2013. Du fait que la majorité des conducteurs étant de sexe masculin, les longs trajets sont effectués par cette catégorie et la profession est accaparée par les hommes (il est rare de trouver une femme chauffeur).

La fréquence des accidents est plus importante entre 14h et minuit, avec un maximum les journées de jeudi. La circulation est intense durant les heures de pointe (15h à 18 h), sorties des travailleurs, des jeunes scolarisés et des étudiants, ainsi qu'à la tombée de la nuit, ce qui rend la conduite et la maîtrise du véhicule de plus en plus compliquées.

Selon le milieu, en 2013, les accidents ont été enregistrés avec une cadence plus importante en zone rurale (59%) qu'en zone urbaine (41%). Cependant, durant l'été (les mois de juin, juillet et août), qui est la période des vacances, la répartition du nombre d'accidents par zone est presque homogène. En outre, en zone urbaine, un nombre important d'accidents a été enregistré au mois d'octobre (rentrée sociale et rentrée scolaire).

2. ELABORATION DES MODELES PREVISIONNELS

La nature des données dont nous disposons nous conduit au choix de la méthode de Box & Jenkins. Cette étude prévisionnelle a pour but d'estimer le nombre d'accidents de la circulation, de tués et de blessés. Ces estimations seront utilisées par la suite, pour calculer les coûts engendrés par ses derniers à l'horizon 2015. Pour cela, et en raison de l'importance de ces estimations, nous avons besoin d'une méthode qui fournit des prévisions plus proches que possible des données réelles. Celle qui répond le mieux à nos exigences est la méthode de Box & Jenkins. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel R (version 2.4.1) dans les différents calculs statistiques et représentations graphiques.

2.1. Elaboration du modèle prévisionnel pour le nombre d'accidents

2.1.1. Identification du modèle

La figure 1 représente l'évolution mensuelle du nombre d'accidents y_t dans la wilaya de Béjaïa sur la période 2008-2013, soit 72 observations mensuelles.

La série chronologique révèle trois phénomènes : d'une part une tendance, en moyenne, non stationnaire, une évolution croissante en moyenne des observations au cours des années 2008, 2009 et 2013 et décroissante pendant 2011 et 2012, ce qui fait que la série est non homogène au cours du temps. D'autre part, la variance asymptotiquement croissante puis décroissante au cours du temps implique une non-stationnarité en variance. Enfin, nous constatons une importante saisonnalité marquée par des pics aux mois de juillet de toutes les années, excepté 2013 car le mois de juillet de cette année a coïncidé avec le mois de ramadan où les algériens, dans leur quasi-totalité, restent chez eux. Par conséquent les déplacements et les vacances durant ce mois ont été faible (modeste saison estivale). Ce qui laisse supposer qu'une différenciation saisonnière est nécessaire.

La série est non stationnaire en moyenne et est confirmé par la faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards (Cf. figure 2). En conséquence, il est nécessaire d'utiliser la transformation logarithmique⁴ pour rendre la variance stationnaire. Nous avons calculé les logarithmes de la série originale : $\log y_t$ et déterminé pour cette série, les autocorrélations et les autocorrélations partielles. La faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards confirme la non-stationnarité de la moyenne. Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences premières (1-D) $\log y_t$, confirment que la part non-stationnaire de la série qui est maintenant stationnaire puisque l'autocorrélation s'annule à partir du second retard.

⁴ Nous avons utilisé le logarithme népérien et nous l'avons noté "log".

Il reste à procéder à la différentiation saisonnière (cf. figure 3) afin d'éliminer l'effet saisonnier. Les fonctions d'autocorrélations des différences premières non saisonnières et saisonnières $(1-D)(1-D^{12}) \log y_t$ (figure 3) montrent que le pic au retard 1 suggère un processus MA (1) non saisonnier et celui du retard 12, un processus MA(1) saisonnier. La fonction d'autocorrélation partielle confirme la nature MA du processus. Ainsi, le modèle proposé est un SARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ pour la série en logarithme qui s'écrit :

$$(1-D)(1-D^{12}) \log y_t = (1-\theta_1 D^1)(1-\beta_{12} D^{12})\xi_t$$

A l'aide du logiciel R, nous avons estimé le modèle et obtenu les résultats suivants :

$$(1-D)(1-D^{12}) \log y_t = (1-0.7618 D^1)(1-0.9966 D^{12})\xi_t$$

$$Q^* = 25.2971 \quad \hat{\sigma}(\hat{\theta}_1) = 0.0814, \quad \hat{\sigma}(\hat{\beta}_{12}) = 0.9515.$$

Où $\hat{\sigma}$ désigne l'écart type estimé et Q^* la statistique de Ljung-Box. Le t théorique de Student au niveau de signification $\alpha = 0.05$, lu dans la table de Student à $n-k$ degrés de liberté où $n=72$ désigne le nombre d'observations et $k=2$ le nombre de paramètres, est égal à

$$t_{n-k}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = t_{72-2}(0.025) = 1.9944$$

Les coefficients estimés $\hat{\theta}_1 = 0.7618$, $\hat{\beta}_{12} = 0.9966$ respectent les conditions d'inversibilité :

$$|\hat{\theta}_1| < 1 \text{ et } |\hat{\beta}_{12}| < 1.$$

$\hat{\theta}_1 = 0.7618$ est significatif au seuil de signification $\alpha = 0.05$ car le ratio de Student $t_{\hat{\theta}_1}^* = \frac{|\hat{\theta}_1|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta}_1)} = 9.3587$ est

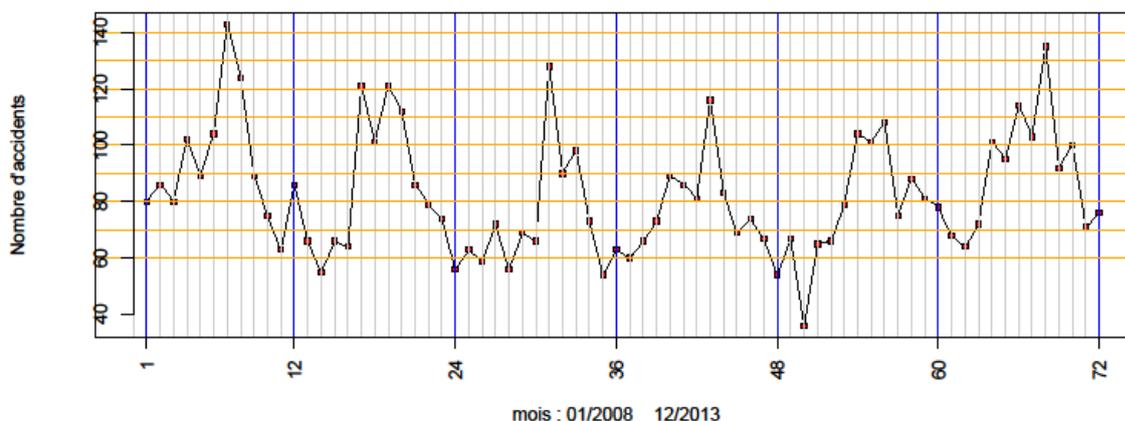
supérieur au t théorique de Student ($t_{70}(0.025) = 1.9944$) et que $\hat{\beta}_{12} = 0.9966$ est considéré comme nul au seuil de

signification $\alpha = 0.05$ car $t_{\hat{\beta}_{12}}^* = \frac{|\hat{\beta}_{12}|}{\hat{\sigma}(\hat{\beta}_{12})} = 1.0473$ est inférieur au t théorique de Student.

Comme la statistique de Lyung-Box $Q^* = 25.2971$ est inférieure à la valeur théorique du Khi-deux $\chi^2_{(23,0.05)} = 35.1725$, les résidus peuvent alors être considérés comme un bruit blanc. Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation des résidus qui ne fait apparaître aucun pic significatif au niveau de signification $\alpha = 0.05$ (cf. figure 4).

Etant donné que le modèle est correctement estimé, nous calculerons les prévisions de la série à l'horizon 2015 en prenant des exponentielles puisque nous avons transformé la série d'origine en logarithme.

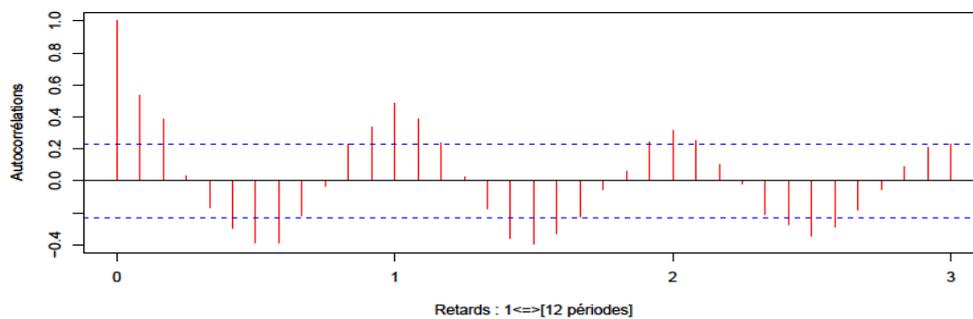
Figure 1 : Evolution mensuelle du nombre d'accidents 2008-2013



Source :

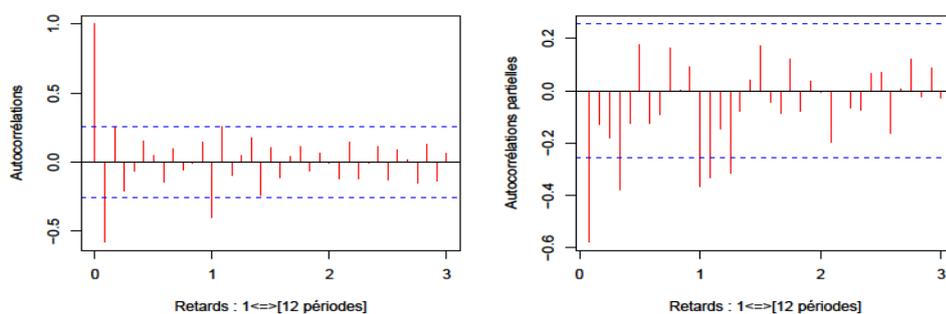
Graphique réalisé par nos soins à partir des données de la Gendarmerie et de la Sureté Nationale (logiciel R).

Figure 2 : Corrélogramme des autocorrelations de la série nombre d'accidents



Source : Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

Figure 3 : Autocorrelations et autocorrelations partielles saisonnières de la série nombre d'accidents



Source : Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

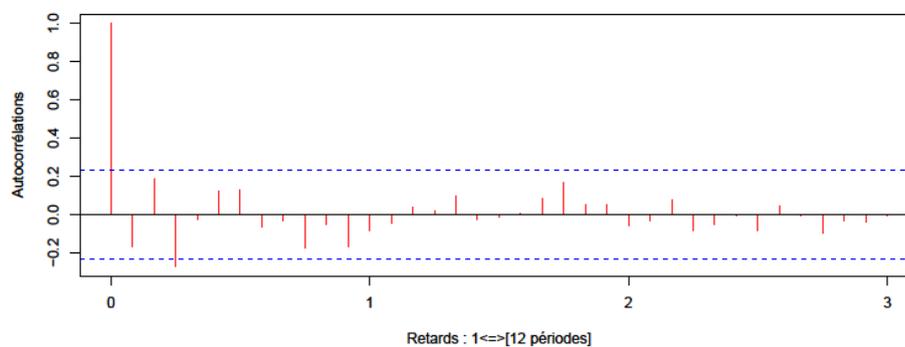
2.1.2. Prédiction

Les valeurs prévues sont données par :

$$\hat{y}_T = \exp(\hat{z}_T(\tau)), T=2014, 2015 \quad \tau = 1, \dots, 12 \quad \text{avec } z_t = \log y_t$$

Ces prévisions sont calculées et sont représentées dans le tableau 3.

Figure 4 : Autocorrelations des résidus



Source : Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

2.2. Elaboration du modèle prévisionnel pour le nombre de tués par accident

2.2.1. Identification du modèle

La figure 5 représente l'évolution mensuelle du nombre de tués y_t dans la wilaya de Béjaïa sur la période 2008-2013, soit 72 observations mensuelles.

La série chronologique révèle trois phénomènes : d'une part une tendance en moyenne non stationnaire, une évolution croissante en moyenne des observations au cours des années 2008, 2009 et 2013 et décroissante pendant 2011 et 2012, ce qui fait que la série est non homogène au cours du temps. D'autre part, la variance croissante au cours du temps implique une non-stationnarité en variance. Et enfin, nous constatons une importante saisonnalité marquée par des pics aux mois d'Août de toutes les années excepté 2010 en raison de la coïncidence du mois de ramadan de l'année 2010 avec le mois d'Août, ce qui a entraîné moins de déplacements et une modeste saison estivale. Ainsi, une différenciation saisonnière est semble-t-il nécessaire.

L'évolution en moyenne de la série qui reste stable autour de la moyenne (8) sur toute la période considérée (2008-2013) laisse supposer que la transformation logarithmique n'est pas nécessaire malgré la faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards (cf. figure 6). Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences premières $(1-D)y_t$, confirmant que la part non-stationnaire de la série est maintenant stationnaire puisque l'autocorrélation s'annule à partir du second retard.

Il reste à procéder à la différenciation saisonnière (Cf. figure 7) afin d'éliminer l'effet saisonnier. Les fonctions d'autocorrélations des différences premières non saisonnières et saisonnières $(1-D)(1-D^{12})y_t$ (figure 7) montrent que, le pic au retard 1 suggère un processus MA (1) non saisonnier. La fonction d'autocorrélation partielle confirme la nature MA du processus. Ainsi, le modèle proposé est un SARIMA (0,1,1)(0,1,0)₁₂ pour la série originale.

Malgré que la statistique de Lyung-Box $Q^* = 18.7868$ est inférieure à la valeur théorique du Khi-deux $\chi^2_{(24,0.05)} = 36.4150$ le correlogramme des fonctions d'autocorrélations des résidus (figure 8) fait apparaître un pic significatif au retard 12, un processus MA(1) saisonnier sera donc adéquat, ce qui nous conduit à une respécification du modèle initial et proposer un modèle SARIMA (0,1,1)(0,1,1)₁₂. Le modèle sera alors :

$$(1-D)(1-D^{12})y_t = (1-\theta_1 D^1)(1-\beta_{12} D^{12})\xi_t$$

A l'aide du logiciel R, nous avons estimé le modèle et obtenu les résultats suivants :

$$(1-D)(1-D^{12})y_t = (1-0.8956 D^1)(1-0.5193D^{12})\xi_t$$

$$Q^* = 9.8149 \quad \hat{\sigma}(\hat{\theta}_1) = 0.0995, \quad \hat{\sigma}(\hat{\beta}_{12}) = 0.1708.$$

Où $\hat{\sigma}$ désigne l'écart type estimé et Q^* la statistique de Ljung-Box. Le t théorique de Student au niveau de signification $\alpha = 0.05$, lu dans la table de Student à $n-k$ degrés de liberté, où $n=72$ désigne le nombre d'observations et $k=2$ le nombre de paramètres, est égal à :

$$t_{n-k}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = t_{72-2}(0.025) = 1.9944$$

Les coefficients estimés

$\hat{\theta}_1 = 0.8956$, $\hat{\beta}_{12} = 0.5193$ respectent les conditions d'inversibilité $|\hat{\theta}_1| < 1$ et $|\hat{\beta}_{12}| < 1$. Ils sont significatifs au seuil de

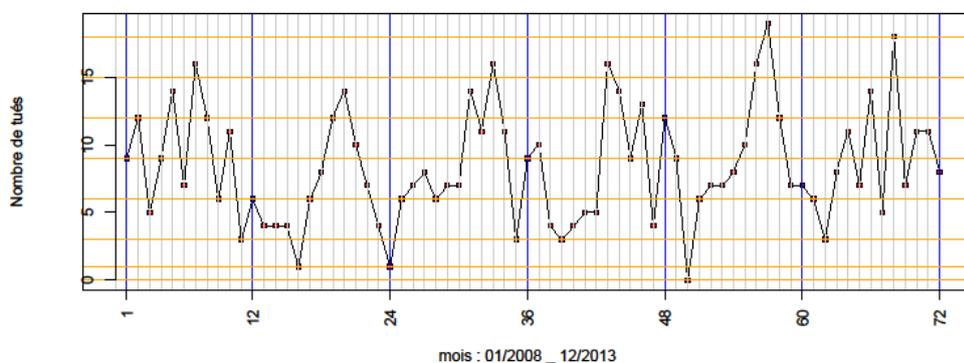
signification $\alpha = 0.05$ car leurs ratios de student sont supérieurs au t théorique de student $t_{\hat{\theta}_1}^* = \frac{|\hat{\theta}_1|}{\hat{\sigma}(\hat{\theta}_1)} = 9.001$

$$t_{\hat{\beta}_{12}}^* = \frac{|\hat{\beta}_{12}|}{\hat{\sigma}(\hat{\beta}_{12})} = 3.0403.$$

Comme la statistique de Lyung-Box $Q^* = 8.8149$ est inférieure à la valeur théorique du Khi-deux $\chi^2_{(23,0.05)} = 35.1725$, les résidus peuvent être alors considérés comme un bruit blanc. Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation des résidus qui ne fait apparaître aucun pic significatif au niveau de signification $\alpha = 0.05$ (figure 9).

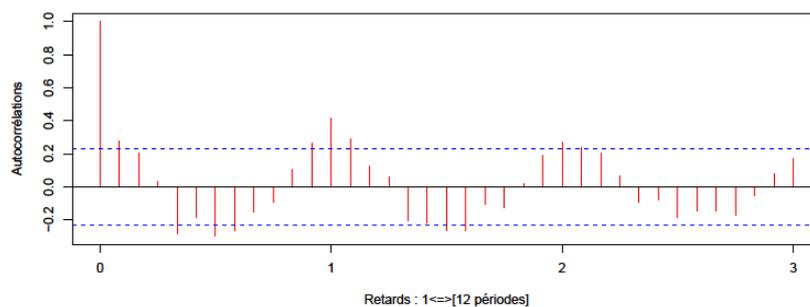
Comme le modèle est correctement estimé, nous calculerons les prévisions de la série à l'horizon 2015.

Figure 5 : Evolution mensuelle du nombre de tués 2008-2013



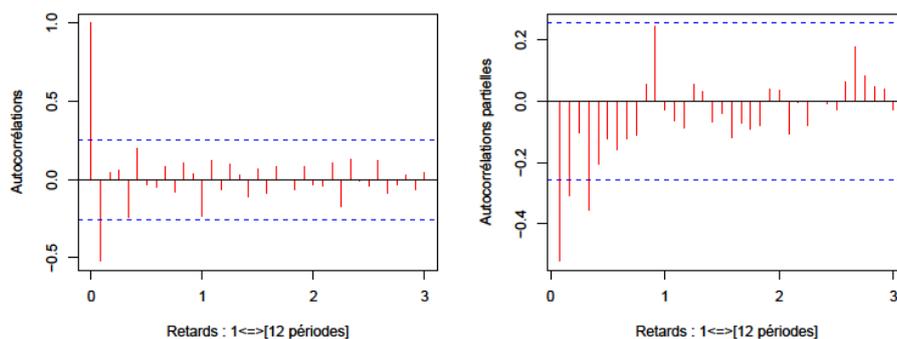
Source : Graphique réalisé par nos soins à partir des données de la Gendarmerie Nationale et la Sureté Nationale (logiciel R)

Figure 6 : Corrélogramme des autocorrélations de la série nombre de tués



Source : Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

Figure 7 : Autocorrélations et autocorrélations partielles saisonnières de la série nombre de tués

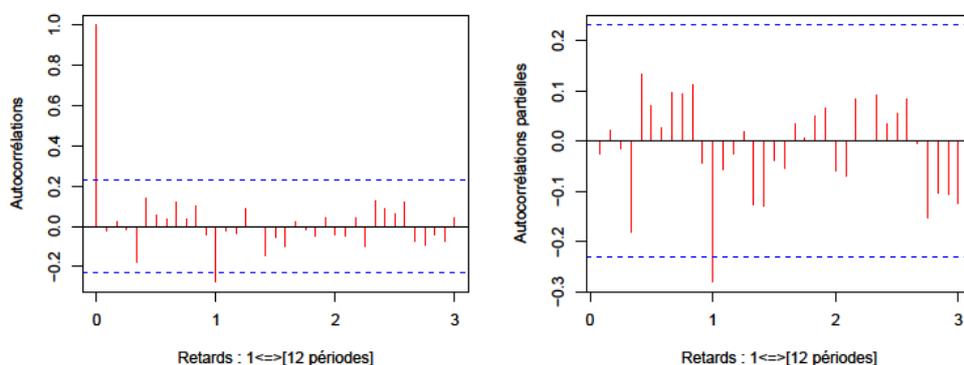


Source : Graphique réalisé par nos soins(logiciel R)

2.2.2. Prédiction

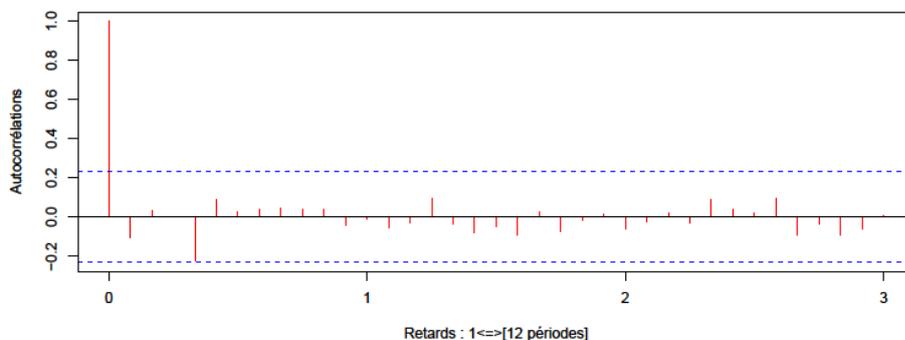
Ces prévisions sont calculées et représentées dans le tableau 3.

Figure 8 : Autocorrélations et Autocorrélations partielles des résidus du modèle SARIMA (0,1,1)(0,1,0)



Source : Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

Figure 9 : Autocorrélations des résidus du modèle SARIMA (0,1,1)(0,1,1)



Source : Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

2.3. Elaboration du modèle prévisionnel pour le nombre de blessés par accident

2.3.1. Identification du modèle

La figure 10 représente l'évolution mensuelle du nombre de blessés y_t dans la wilaya de Béjaïa sur la période 2008-2013, soit 72 observations mensuelles.

La série chronologique révèle trois phénomènes : d'une part une tendance en moyenne non stationnaire, une évolution croissante en moyenne des observations au cours des années 2008, 2009 et 2013 et décroissante pendant 2010, 2011 et 2012, ce qui fait de la série non homogène au cours du temps. D'autre part, la variance croissante au cours du temps implique une non-stationnarité en variance. Et enfin, nous constatons une importante saisonnalité marquée par les pics aux mois de juillet de toutes les années. Cela nous laisse supposer qu'une différenciation saisonnière est nécessaire.

L'évolution en moyenne de la série qui reste stable autour de la moyenne (120) sur toute la période considérée (2008-2013) nous laisse supposer que la transformation logarithmique n'est pas nécessaire malgré la faible décroissance des autocorrélations sur les premiers retards (cf. figure 11). Les autocorrélations et les autocorrélations partielles des différences premières $(1-D)y_t$, confirment que la part non stationnaire de la série est maintenant stationnaire puisque l'autocorrélation s'annule à partir du second retard.

Il reste à procéder à la différenciation saisonnière (cf. figure 12) afin d'éliminer l'effet saisonnier.

Les fonctions d'autocorrélation partielles des différences premières non saisonnières et saisonnières $(1-D)(1-D^{12})y_t$ (figure 12) montrent que les pics aux retards 1, 2 et 3 suggèrent un processus AR (3) non saisonnier. La fonction d'autocorrélation confirme la nature AR du processus. Ainsi, le modèle proposé est un SARIMA $(3,1,0)(0,1,0)_{12}$ pour la série originale.

La statistique de Lyung-Box $Q^* = 34.181$ est supérieure à la valeur théorique du Khi-deux $\chi^2_{(22,0.05)} = 33.9244$. Le corrélogramme des fonctions d'autocorrélations partielles des résidus (figure 13) fait apparaître un pic significatif au retard 12, par conséquent un processus AR(1) saisonnier sera adéquat, ce qui nous conduit à une respécification du modèle initial et proposer un modèle SARIMA (3,1,0)(1,1,0)₁₂. Le modèle sera alors :

$$(1-\Phi_1D)(1-\Phi_2D^2)(1-\Phi_3D^3)(1-\alpha_{12}D^{12})(1-D)(1-D^2)(1-D^3)(1-D^{12})y_t = \xi_t$$

A l'aide du logiciel R, nous avons estimé le modèle et obtenu les résultats suivants :

$$(1+0.7446D)(1+0.4318D^2)(1+0.3717D^3)(1+0.5044D^{12})(1-D)(1-D^2)(1-D^3)(1-D^{12})y_t = \xi_t$$

$$Q^* = 28.279, \hat{\sigma}(\hat{\phi}_1) = 0.1285, \hat{\sigma}(\hat{\phi}_2) = 0.1461, \hat{\sigma}(\hat{\phi}_3) = 0.1210, \hat{\sigma}(\hat{\alpha}_{12}) = 0.1213,$$

Où $\hat{\sigma}$ désigne l'écart type estimé et Q^* la statistique de Ljung-Box. Le t théorique de student au niveau de signification $\alpha = 0.05$, lu dans la table de student à $n-k$ degrés de liberté où $n=72$ désigne le nombre d'observations et $k=4$ le nombre de paramètres, est égal à :

$$t_{n-k}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = t_{72-4}(0.025) = 1.9944$$

Les coefficients estimés

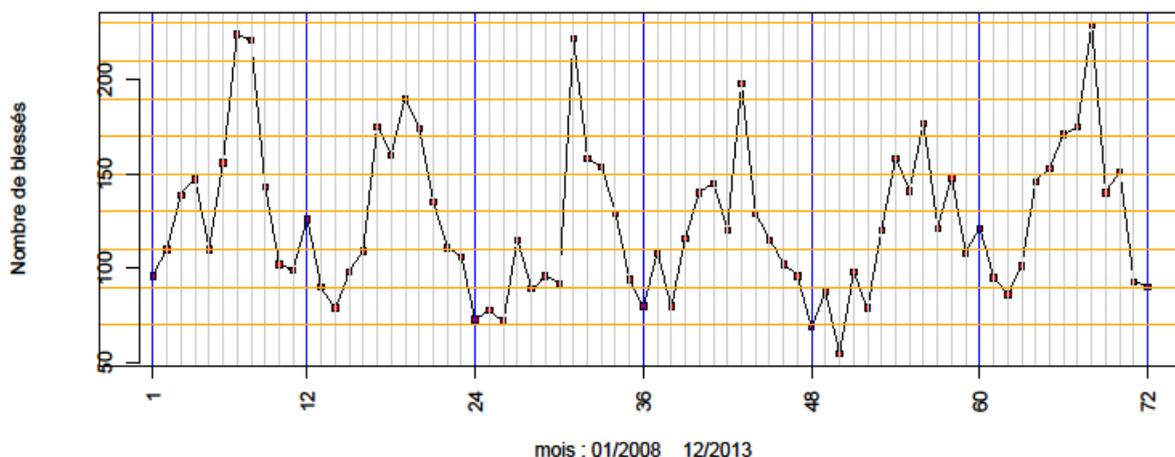
$\hat{\phi}_1 = -0.7446$, $\hat{\phi}_2 = -0.4318$, $\hat{\phi}_3 = -0.3717$, $\hat{\alpha}_{12} = -0.5044$ respectent les conditions d'inversibilité $|\hat{\phi}_1| < 1$, $|\hat{\phi}_2| < 1$, $|\hat{\phi}_3| < 1$, $|\hat{\alpha}_{12}| < 1$. Ils sont significatifs au seuil de signification $\alpha = 0.05$ car leurs ratios de Student

$t_{\hat{\phi}_1}^* = \frac{|\hat{\phi}_1|}{\hat{\sigma}(\hat{\phi}_1)} = 5.7945$, $t_{\hat{\phi}_2}^* = \frac{|\hat{\phi}_2|}{\hat{\sigma}(\hat{\phi}_2)} = 2.9555$, $t_{\hat{\phi}_3}^* = \frac{|\hat{\phi}_3|}{\hat{\sigma}(\hat{\phi}_3)} = 3.0719$, $t_{\hat{\alpha}_{12}}^* = \frac{|\hat{\alpha}_{12}|}{\hat{\sigma}(\hat{\alpha}_{12})} = 4.1582$ sont supérieurs au t théorique de Student.

Comme la statistique de Lyung-Box $Q^* = 28.279$ est inférieure à la valeur théorique du Khi-deux $\chi^2_{(21,0.05)} = 32.6706$, les résidus peuvent être alors considérés comme un bruit blanc. Cette hypothèse est confirmée par le calcul de l'autocorrélation des résidus qui ne fait apparaître aucun pic significatif au niveau de signification $\alpha = 0.05$ (figure 14).

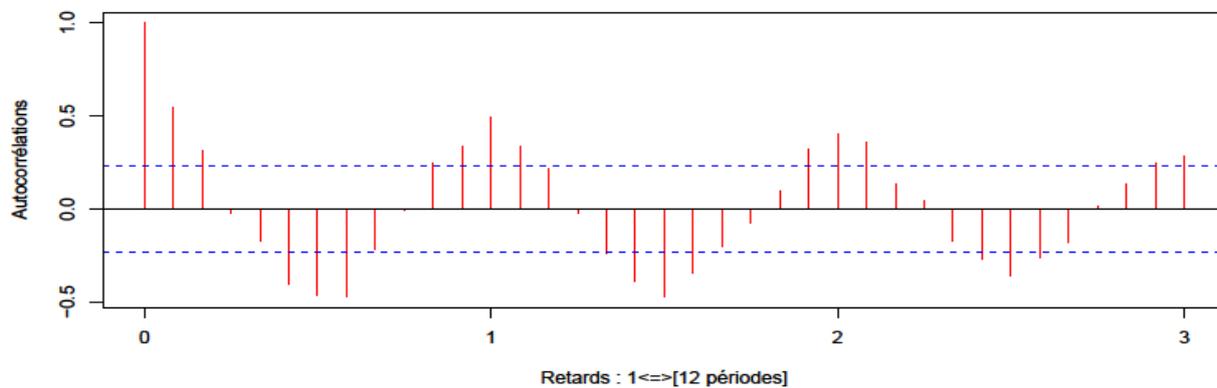
Comme le modèle est correctement estimé, nous calculerons les prévisions de la série à l'horizon 2015.

Figure 10 : Evolution mensuelle du nombre de blessés 2008-2013



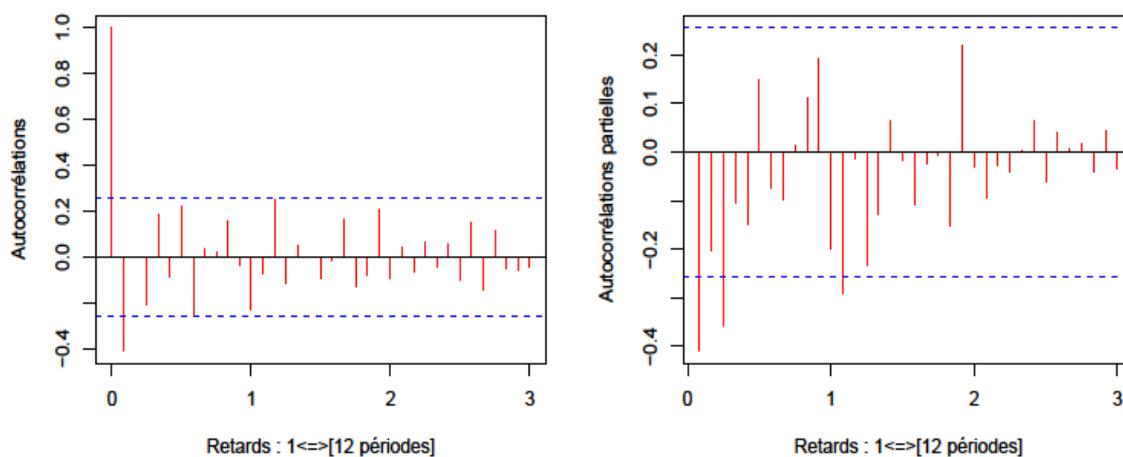
Source : Graphique réalisé par nos soins à partir des données de la Gendarmerie Nationale et la Sureté Nationale (logiciel R)

Figure 11 : Corrélogramme des autocorrélations de la série nombre de blessés



Source : Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

Figure 12 : Autocorrélations et autocorrélations partielles saisonnières SARIMA (3,1,0)(0,1,0) de la série nombre de blessés



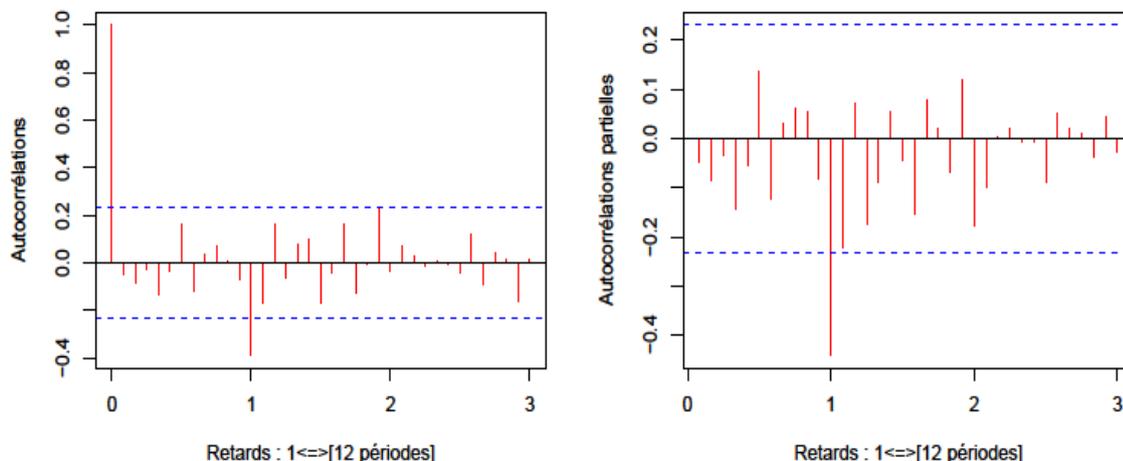
Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

Source :

2.3.2. Prévission

Ces prévisions sont calculées et représentées dans le tableau 3.

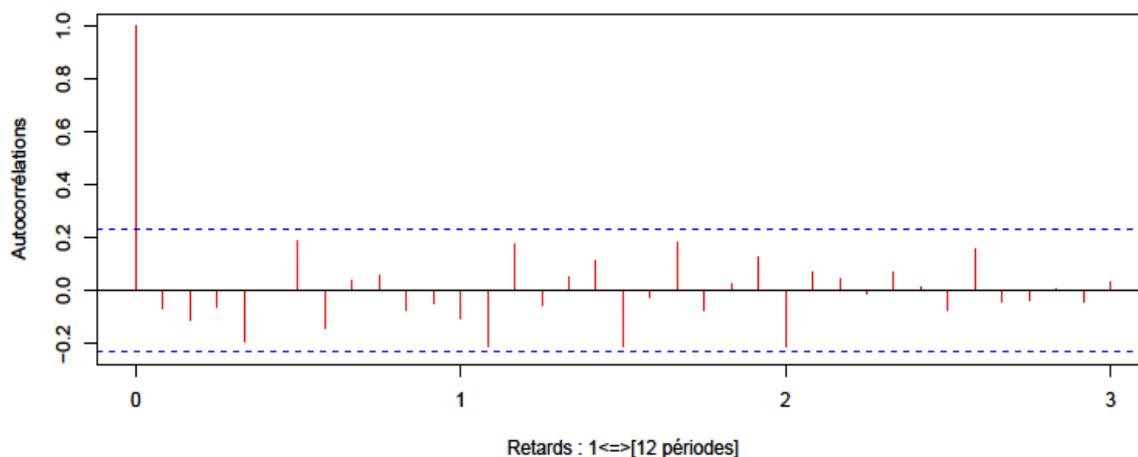
Figure 13 : Autocorrélations et Autocorrélations partielles des résidus du modèle SARIMA (3,1,0)(0,1,0)



Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

Source :

Figure 14: Autocorrélations des résidus du modèle SARIMA (3,1,0)(1,1,0)



Graphique réalisé par nos soins (logiciel R)

Source :

3. ESTIMATION DES COÛTS DES ACCIDENTS, DE TUES ET DE BLESSES A L'HORIZON 2015

Les accidents de la circulation coûtent très chers à l'Etat et aux collectivités locales. L'économie nationale subit des dépenses et des pertes considérables d'environ 100 milliards de dinars en 2013 (Ghoul, 2014).

Le tableau 3 suivant représente les prévisions mensuelles calculées par les modèles développés ci-dessus. Les légères variations du nombre d'accidents, de tués et de blessés pour les années 2014 et 2015 par rapport à 2013 peuvent être expliquées par la saturation du parc auto. Il est supposé que le consommateur ne sera plus intéressé par l'achat de véhicule étant donné le lancement du programme de logement AADL2.

Tableau 3 : Prévisions de nombre d'accidents, de tués et de blessés

| Mois | Nombre d'accidents | | Nombre de tués | | Nombre de blessés | |
|--------------|--------------------|-------------|----------------|------------|-------------------|-------------|
| | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| JAN | 73 | 72 | 7 | 8 | 97 | 99 |
| FEV | 65 | 64 | 3 | 4 | 79 | 86 |
| MAR | 78 | 77 | 7 | 7 | 100 | 103 |
| AVR | 85 | 83 | 8 | 9 | 114 | 133 |
| MAI | 97 | 95 | 7 | 7 | 139 | 149 |
| JUIN | 102 | 101 | 11 | 11 | 169 | 173 |
| JUIL | 129 | 127 | 9 | 10 | 160 | 171 |
| AOUT | 117 | 115 | 16 | 17 | 205 | 220 |
| SEPT | 92 | 91 | 11 | 12 | 133 | 140 |
| OCT | 88 | 87 | 12 | 12 | 153 | 155 |
| NOV | 74 | 73 | 8 | 9 | 103 | 101 |
| DEC | 74 | 73 | 8 | 9 | 109 | 102 |
| TOTAL | 1074 | 1058 | 107 | 115 | 1561 | 1632 |

Source : Tableau réalisé par nos soins

En 2005, le Ministère des Transports a réalisé une étude pour évaluer les coûts des accidents survenus durant la même année (**Larbi O, 2011**). Pour l'estimation du **coût moyen** engendré par **un accident** de circulation, le ministère avait pris en considération les éléments suivants dans le calcul : dégâts véhicules, dégâts causés à l'infrastructure, frais d'intervention de la protection civile, frais d'intervention des services de sécurité. Le ministère avait prévu (sans comptabiliser) d'autres éléments comme : dégâts causés à l'environnement, frais de justice et coût des embouteillages (congestion), le coût unitaire était, en 2005, de **85.022 DA**.

Pour l'estimation du **coût moyen** engendré par **un tué** dans un accident de circulation, le ministère avait pris les éléments suivants dans le calcul: perte de capacité de production, perte de scolarité, coûts médicaux, capital décès et coût des funérailles. Ainsi, le coût unitaire était, en 2005, de **5.650.581DA**.

Pour l'estimation du **coût moyen** engendré par **un blessé** dans un accident de circulation, le ministère avait pris les éléments de calcul suivants : perte de capacité de production, perte de production des parents, coûts médicaux, coûts des visites à l'hôpital, incapacité de travail, préjudice esthétique et préjudice douloureux (sans les comptabiliser). Le coût unitaire, en 2005, était de **169.707 DA**.

Sur le tableau 4, en faisant une pondération des différents coûts de 2005, le coût des accidents représente 9,76% du coût total enregistré en 2005, le coût des tués représente 61,38% et celui des blessés 28,85%.

Connaissant le coût total de l'année 2013 qui est de l'ordre de 100 milliards de dinars, nous calculerons le coût unitaire d'un accident, de tué et de blessé pour l'année 2013 et nous estimerons ainsi le coût total qui sera engendré pour les années 2014 et 2015.

Tableau 4 : Calcul des coûts engendrés pour les années 2014 et 2015

| | Prévision 2014 | Prévision 2015 | Coût unitaire 2013 | Coût total en DA 2014 | Coût total en DA 2015 |
|------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Accidents | 1.074 | 1.058 | 227.797,0891 | 244.654.073 | 241.009.320 |
| Tués | 107 | 115 | 13.520.297,18 | 1.446.671.798 | 1.554.834.176 |
| Blessés | 1.561 | 1.632 | 414.669,8337 | 647.299.604 | 676.741.162 |
| Coût total | | | | 2.338.625.475 | 2.472.584.658 |

Source : Tableau réalisé par nos soins

Comme le précise le tableau 4 (en prenant comme coût unitaire ceux estimés pour l'année 2013), le nombre d'accidents en 2014 sera de 1.074 cas et engendrera un coût total de 244.654.073 DA. Le nombre de tués sera de 107 victimes et engendrera un coût de 1.446.671.798 DA et le nombre de blessés sera de 1.561 personnes et va générer un coût total de 647.299.604 DA. Ainsi, les accidents de circulation coûteront plus de **2,33 Milliards de Dinars** en 2014 à Béjaïa.

Le nombre d'accidents en 2015 sera de 1.058 cas et entrainera un coût total de 241.009.320 DA. Le nombre de tués sera de 115 cas et engendrera un coût de 1.554.834.176 DA et le nombre de blessés sera de 1.632 victimes et coûtera total de 676.741.162 DA. Les accidents de circulation coûteront ainsi plus de **2,47 Milliards de Dinars** en 2015 à Béjaïa. Sur le plan économique, les accidents de la circulation routière constituent un fléau dramatique par les coûts qu'ils engendrent.

CONCLUSION

A l'examen des accidents de la route au niveau de la wilaya de Béjaïa (2008-2013), nous avons observé, à l'instar de tout le pays, que les accidents de la route ont comme origine le facteur humain qui est dû principalement au non respect du code de la route de la part des conducteurs. En outre la vétusté du parc automobile et du réseau routier constituent les principaux stimulants d'aggravation des accidents de la route.

Les statistiques présentées et les coûts calculés traduisent la gravité du phénomène et nécessitent des efforts soutenus de toutes les parties concernées en matière de prévention routière à l'effet d'atténuer le nombre d'accidents et des victimes. La conjugaison des efforts de tous les intervenants pour préserver les vies et les biens des citoyens, est impérative et nécessite l'apport des forces influentes dans le domaine. La responsabilité première incombe par ailleurs à l'utilisateur du véhicule, c'est pourquoi le durcissement de la réglementation et des sanctions relatives à la non-application de cette dernière doivent être engagés pour obliger celui-ci s'imprégner des règles et usages de la conduite et du comportement afin de le protéger contre lui-même, ses passagers et les piétons (Kaïd Tlilane N. 2011).

Il reste beaucoup à faire pour améliorer la sécurité routière en Algérie (notamment à Béjaïa). Pour cela, nous avançons quelques propositions (Kaïd Tlilane N. 2011, Hidra Y., Kaïd Tlilane N. 2013) à savoir :

- Orienter et développer la recherche dans le domaine de l'insécurité routière.
- Sanctionner par :
 1. la tolérance zéro dans le cas d'infraction au code de la route ;
 2. l'installation des tribunaux de la route avec des magistrats spécialisés dans la circulation routière (Dermel, 2008).
 3. Instaurer le permis de conduire à points.
 4. Application stricte de la réglementation.
 5. Mettre une indication (signe sur matricule) aux véhicules des conducteurs récidivistes.
- Améliorer la prévention en développant l'éducation à la sécurité routière notamment en insérant dans les programmes scolaires des cours relatifs au thème.
- Lutter contre la corruption de tous les intervenants dans les accidents de circulation.
- Renouveler le parc auto et instaurer plus de contrôle et de rigueur concernant les pièces détachées importées.
- Développer et améliorer le réseau de transport en commun et inciter la population à en prendre.
- Revoir la formation dans les auto-écoles et les conditions de passage des examens pour l'obtention du permis de conduire.
- Accélérer la réalisation de l'autoroute Est-Ouest et l'aménagement des routes nationales bidirectionnelles les plus chargées en routes express avec au moins doubles voies à doubles sens séparés par un terre-plein, ainsi que la pénétrante autoroutière reliant Béjaïa à l'autoroute Est-Ouest.
- Améliorer l'état des routes et enlever les points noirs sur lesquelles se produisent plus d'accidents.
- Appeler les transporteurs en commun et les transporteurs des poids lourds à disposer d'un chauffeur suppléant pour assurer le relais durant les longs trajets.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Centre National de Prévention et de Sécurité Routière (CNPSR) 2004-2013. *Etude statistique des accidents de circulation en Algérie*, Editions 2004 à 2013.
- Dermel A, 2008. *Essai d'évaluation des coûts des accidents de la route en Algérie : cas de la wilaya de Béjaïa*. Mémoire de Magister. Université de Béjaïa, avril 2008.
- Gendarmerie Nationale, 2012. *Bilan 2012*. Département Sécurité Routière.
- Gendarmerie Nationale, Groupement de la wilaya de Béjaïa. *Bilan Wilaya 2008- 2013*.
- Ghoul A, 2014. Ministre de transport. *La politique de la sécurité routière*. Journée d'étude Hôtel Hilton Alger, le 09 Février 2014.
- Hidra Y, Kaïd Tlilane N, 2013. *Caractéristiques des accidents de la route en Algérie 1970-2012*. Séminaire National sur « L'Evaluation Economique en Santé », Université Mentouri Constantine, 16 – 17 avril 2013.
- Himouri S, 2005. *Modèle théorique de suivi de l'insécurité routière en Algérie 1970-2002*. Thèse de Doctorat. USTO Oran, 2005.
- Kaïd Tlilane N. 2011. *Essai d'évaluation de l'ampleur et des coûts des accidents de la circulation dans la wilaya de Béjaïa*. Projet de projet de recherche MESRS (CNEPRU). Code : M00620080024. Projet achevé en 2011.
- Larbi O, 2011. *Etude analytique et économétrique du phénomène des accidents de la circulation routière en Algérie*. Mémoire d'ingénieur, Ecole Nationale Supérieure de la Statistique et d'Economie Appliquée, 2011.
- Ministère de transports, 2005. Etude pour évaluer les coûts des accidents survenus durant l'année 2005.
- Office National des Statistiques ONS, 2010. *L'Algérie en quelques chiffres, résultats 2007-2009*, Edition 2010.
- Sureté Nationale, Département de la wilaya de Béjaïa. *Bilan Wilaya 2008- 2013*.