

## **La modélisation du taux de change USD/MAD : Quel modèle économétrique adaptable pour la prévision ?**

### **USD/MAD exchange rate modeling, which econometric model appropriate for forecasting**

**EL AMRI Youness**

Doctorant

Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Fès Université Sidi Mohamed Ben Abdellah  
Laboratoire de Recherche en Entrepreneuriat et Management des Organisations –LABEMO–

**EL BOUHADI Abdelhamid**

Professeur de l'enseignement supérieur

Ecole Nationale de Commerce et de Gestion de Fès Université Sidi Mohamed Ben Abdellah  
Laboratoire de Recherche en Entrepreneuriat et Management des Organisations –LABEMO–

**Date de soumission** : 25/08/2019

**Date d'acceptation** : 18/10/2019

**Pour citer cet article** :

EL AMRI Y. & EL BOUHADI A. (2019) «La modélisation du taux de change USD/MAD : Quel modèle économétrique adaptable pour la prévision ? » Revue Internationale des Sciences de Gestion « Numéro 5 : Octobre 2019 / Volume 2 : numéro 4 » p : 364 - 409

**Digital Object Identifier** : <https://doi.org/10.5281/zenodo.3522321>

## Résumé

L'article essaye de modéliser le taux de change USD/MAD à travers un modèle économétrique permettant de donner des valeurs-futures des cours de change du Dirham contre le dollar sur les trois mois à venir, nous essayerons de donner au terme de ce travail les valeurs prévisibles en se basant sur le modèle généré par l'étude, ces valeurs couvrent la période qui commence à partir du 20/04/2019 jusqu'au 18/07/2019, notre étude a montré que la série est caractérisée par le phénomène de volatilité, par des spécifications asymétriques et l'existence d'une kurtosis excessive. Nous avons effectué un test ARCH qui a rejeté l'hypothèse nulle d'homoscédasticité, nous avons donc déduit qu'un modèle ARMA non linéaire de type ARCH est adéquat, ensuite nous avons estimé quatre extensions du modèle ARCH susceptibles d'être les modèles de la prévision.

Le critère d'AIC (**AKAIKE INFORMATION CRITERIUM**), nous amène à choisir le modèle GJR GARCH comme modèle adéquat pour la prévision.

Mots clés : volatilité; modélisation; politique de change; prévision; séries temporelles

## Abstract

The article attempts to model the USD/MAD exchange rate through an econometric model will provide predicted values over the next three months, the article will finally give the predictable values based on the model generated by the study; these values concern the period which starts from 20/04/2019 to 18/07/2019.

Our study showed that our time series is characterized by the phenomenon of volatility, asymmetric specifications and the presence of excessive kurtosis. We performed an ARCH test that rejected the null hypothesis of homoscedasticity, so we inferred that a nonlinear type ARCH is adequate, and then we estimated four extensions of Arch model able to be used for forecasting.

The AIC criterion (**AKAIKE INFORMATION CRITERIUM**) leads us to choose the GJR GARCH model as the appropriate model for forecasting.

**Key words:** volatility; modeling; exchange rate policy; forecasting; time series

## Introduction

La littérature financière contemporaine traite abondamment du taux de change, ses fluctuations et ses effets sur l'économie, actuellement les économistes se sont penchés sur l'utilité d'un régime de change par rapport à l'autre régime, faut-il adapter le flottement pur, la flexibilité rigide ou bien se contenter sur des régimes intermédiaires, cette question de nature du régime du taux de change tant débattue dans les grandes instances internationales : le FMI, le G7 et le G20 est devenue la préoccupation majeure de tout choix des gouvernements et surtout ceux des pays en voie de développement, la question recherchée par ces derniers est de trouver un outil qui permet de remédier aux problèmes de désalignement de leurs monnaies domestiques, les taux de change varient actuellement de façon hostile et causent des problèmes néfastes pour les entreprises d'une part et pour l'économie d'une autre part. Depuis l'éclatement du système de change fixe issu des accords Breton-Woods, les grandes économies du monde évoluent dans un environnement à taux de change flottant. Selon **(Dornbusch, 1999)**, le passage au flottement n'est que l'évolution naturelle de la gestion, qui ne peut se justifier que transitoirement.

De ce fait, l'explication de l'évolution du taux de change devient très difficile dans un environnement de plus en plus incertain et volatile **(LAMZOURI, 2018)**.

Au Maroc, le taux de change est fixé par rapport à un panier de devises composé de 60% d'euro et 40 % de dollar, ce régime de fixité avec un ancrage est resté en vigueur jusqu'à 2018 où le gouvernement manifeste sa volonté de passer vers un système de change flexible avec des décisions de reports successives justifiées par le fait que le pays n'est pas encore prêt à supporter les variations hostiles du taux de change ce qui nécessite une étude bien fondée avant de bifurquer vers le flexible.

L'effort de modélisation du taux de change au Maroc requiert la nécessité de travailler sur les séries temporelles du taux de change lesquelles séries sont de nature financière.

Les séries financières présentent plusieurs propriétés qui ont été regroupées dans la théorie en faits stylisés. Parmi ceux-ci on peut notamment citer l'existence de queues de distributions épaisses (leptokurticité) et la présence de mémoire longue dans la volatilité, Depuis les études menées par (Mandelbrot, 1963) et (Fama, 1965), il est bien connu que les séries financières sont leptokurtiques, c'est-à-dire qu'elles présentent un fort coefficient d'aplatissement, Ainsi, les valeurs extrêmes ont une probabilité non négligeable d'apparaître.

L'article tente de trouver un modèle économétrique qui va modéliser les variations du taux de change du dirham par rapport au dollar à travers l'exploitation d'une base de données des cours de change journaliers depuis le 20/03/2010 jusqu'au 19/04/2019.

La question qui se pose avec acuité est de savoir lequel des modèles économétriques permettrait de prévoir les valeurs futures du taux de change marocain face au dollar américain de façon proche de la réalité ?, de cette question centrale découle plusieurs questions dérivées :

-comment peut-on prévoir les variations du taux de change dans un environnement assez volatil et incertain ?

-quelle est la réalité de la politique de change poursuivie au Maroc ?

-quel type d'interaction existe-il entre taux de change et indicateurs macroéconomiques du pays ?

Ce travail de recherche s'attachera à la présentation d'une revue de littérature à propos la volatilité du taux de change, ses auteurs, et ses approches théoriques notamment la théorie de l'efficience des marchés de change, et proposera une analyse théorique des liens existants entre le taux de change et les variables économiques, l'article permet de donner une idée sur le désalignement du taux de change et son impact sur l'économie.

Ce travail est décomposé en deux parties majeures, la première concerne un travail théorique sur la volatilité du taux de change, sur la théorie d'efficience des marchés et l'interdépendance entre les variations des cours et l'économie, tandis que le modèle économétrique approprié pour l'étude, l'analyse statistique de la série financière et finalement le traitement de la série chronologique via le logiciel R feront objet de la deuxième partie.

## **1. Volatilité du taux de change, revue de littérature théorique, et prévisibilité du taux de change.**

### **1.1 Les approches théoriques de la volatilité**

La volatilité renvoie toujours vers une situation certaine, elle traduit un doute d'une variation inattendue d'une situation d'un moment à un autre, la définition claire de la volatilité au sens du taux de change traduit l'ampleur de fluctuation que peut enregistrer une variable aléatoire telle que le cours de devise dans le temps.

Une autre définition de la volatilité<sup>1</sup>, et que cette dernière renvoie au caractère variable du taux de change aussi bien qu'à l'instabilité de son mouvement et à l'incertitude qui en caractérise, un taux de change volatile entrainera une augmentation des coûts, une déstabilisation des marchés et une mauvaise répartition des capitaux.

Si l'amplitude des variations est grande, la volatilité du taux de change s'accroît, les transactions à l'échelle internationale font intervenir plusieurs monnaies, l'opération de conversion des monnaies pour effectuer les paiements sera affectée par la volatilité des taux de change des pays,

La volatilité peut être appréciée selon que le régime de change soit fixe ou flottant :

-**En régime fixe** : la valeur de la monnaie par rapport à une monnaie étrangère est stable, ce système ne connaît pas de fluctuations majeures et donc le problème de volatilité est limité.

-**En régime flexible** : du fait que le taux de change est déterminé par le mécanisme de l'offre et la demande, les variations de cours sont un peu hostiles, dans ces régimes il est difficile de prévoir l'évolution des cours fluctuants avec précision.

### 1.1.1 L'efficacité du marché et prévisions du taux de change

(Mondeher, 2002) affirme que le marché de change est efficace lorsque le taux de change s'y forme sur la base de l'ensemble de l'information disponible. L'évolution future des taux de change ne dépend alors que de facteurs par définition imprévisibles, Nous distinguons avec FAMA trois formes de l'efficacité du marché de change.

-l'efficacité faible : lorsque les cours de change sont formés sur la base de l'information des cours passés.

-l'efficacité semi forte caractérisée par la propriété selon laquelle les cours de change englobent toutes les informations publiques disponibles appelées '**fondamentaux**'.

-l'efficacité forte lorsque toutes les informations publiques et privées y compris celles confidentielles sont reflétées dans les cours de change.

Selon FAMA (1970) l'efficacité des marchés de change implique le respect de ces quatre conditions :

- ❖ *La non corrélation des variations des cours successives dans le temps, les variations sont donc non corrélées sériellement,*

---

<sup>1</sup> La volatilité désigne les mouvements de court et de moyen terme qui font écarter le taux de change de sa tendance.

- ❖ L'impossibilité de surperformer et de battre le marché, aucun agent ne peut réaliser des profits excessifs (excess returns) par rapport au rendement normal du marché en se basant sur la seule information disponible.
- ❖ La troisième condition stipule que l'analyse technique n'est pas importante, ceci implique que certaines techniques de prévisions utilisées par les opérateurs sont caduques et donc n'ont pas de sens.
- ❖ La quatrième condition stipule que le cours à terme est un prédicteur non biaisé du cours futur anticipé.

## 1.2 De la prévisibilité du taux de change

(Lakhdar ADOUKA et al, 2014) ont signalé que la littérature empirique a montré à quel point il est difficile de prévoir et d'expliquer les fluctuations du taux de change :

(Meese & Rogoff, 1983) ont montré dans le cadre d'une analyse comparative du pouvoir explicatif des différents modèles structurels : (le modèle monétaire à prix flexible, le modèle à prix rigides et le modèle à prix rigide avec le compte courant) qu'aucun de ces modèles cités ne peut prévoir et bien expliquer le taux de change.

(Mark, 1995) a montré que les modèles monétaires peuvent prédire parfaitement l'évolution du taux de change à des horizons relativement longs.

(Chinn & Meese, 1995), en utilisant une version du modèle à correction d'erreurs, arrivent aussi à une conclusion de la prédictibilité du taux de change à long terme.

(Chen et Mark, 1996) évaluent les performances des prévisions hors échantillon des trois principes fondamentaux proposés dans la littérature à savoir : ceux anticipés par la parité du pouvoir d'achat (PPA), la parité non couverte du taux d'intérêt, et la flexibilité-prix du modèle monétaire. Ils concluent à travers leurs études que les fondamentaux monétaires ont le plus grand pouvoir prédictif.

(Christoffersen & Diebold, 1998) concluent que la prise en compte des relations de long terme, même dans une perspective de court terme accroît le pouvoir prédictif du taux de change.

(Amano & van Norden, 1998) ont établi que le prix du pétrole a un impact considérable sur le taux de change réel pour le Canada, même si la relation tient sur les horizons longs.

(Dupuis & Tessier, 2000), dans une étude réalisée sur le lien entre la productivité et le taux de change réel du Canada et des Etats-Unis, concluent qu'il existe un lien de causalité significatif entre la productivité et le taux de change dans un cadre bi-varié.

(Cheung et al. 2002) concluent qu'aucun modèle théorique ne semble prédominant. Les résultats varient beaucoup d'un taux de change à l'autre.

(Lalonde & Sabourin, 2003) ont trouvé que le taux de change effectif réel est co-intégré avec la productivité relative et le prix réel du pétrole.

(Engel & West, 2005) montrent que si les fondamentaux sont co-intégrés d'ordre 1(1) et le facteur d'actualisation est élevé, les taux de change devraient suivre approximativement une marche aléatoire.

(Wang, 2006) montre, dans le cadre du degré faible de persistance de changement des fondamentaux observés dans les données, que les régressions de court terme ont plus de pouvoir prédictif que les régressions de long terme.

(Molotsova & Papell, 2009), ont montré que le modèle de détermination du taux de change basé sur la Règle de Taylor est plus explicative et prédictible que les modèles basés sur les fondements du taux d'intérêt, les fondements monétaires et ceux de la Parité du pouvoir d'achat.

Afin de prévoir le taux de change d'une monnaie par rapport à une autre il est nécessaire de travailler sur les séries financières, de telles séries sont caractérisées par :

-une volatilité qui varie au cours du temps, d'une kurtosis élevée, d'une asymétrie et d'une persistance des chocs sur la volatilité (**Bresson & Pirotte, 1995**). La variance conditionnelle qui constitue une mesure de la volatilité d'une série n'est plus constante et la volatilité dépend de ces valeurs passées.

Afin de prendre compte de ce phénomène. (**Engle, 1982**) et (**Bollerselv, 1986**) ont développé les modèles appelés ARCH (Autorégressifs conditionnellement hétéroscédastiques les modèles GARCH (Autorégressifs Conditionnellement Hétéroscédastiques et Généralisés).

De telles modèles constituent une extension du modèle ARMA introduit par Box et Jenkins en 1971.

La modélisation ARCH / GARCH et ses extensions correspond à une :

-Représentation spécifique de la non linéarité.

-et à une modélisation simple de l'incertitude

Dans l'économétrie de séries temporelles uni-variées, les modèles GARCH sont les plus adéquats pour prévoir les séries financières, le choix de ces modèles est dicté par les propriétés qui caractérisent ces séries (**Christophe Hurlin, 2006**) : stationnarité, auto corrélations des carrés des variations de prix, queues de distribution épaisses,

clusters de volatilité, queues épaisses conditionnelles, effet de levier, saisonnalité, asymétrie).

### 1.2.1 De l'Analyse des séries temporelles:

L'analyse des séries temporelles est une méthode de prévision à court terme qui est basée généralement sur l'étude du comportement passé des taux de changes.

Plusieurs méthodes existent:

#### **-La méthode graphique:**

La méthode graphique (chartisme) consiste à observer et à lire les graphiques du fait qu'ils présentent une synthèse du marché.

Les chartistes déduisent des tendances haussières ou baissières, des zones de résistance ou encore des signaux d'achat et de vente à partir des graphiques et des figures caractéristiques (les têtes et les épaules ou le double bottom ... etc.) qui se reproduisent.

#### **-Les modèles statistiques uni-variés:**

Ils réunissent un ensemble de techniques mathématiques et statistiques assistées de l'outil informatique. Ces techniques font appel à l'historique de la série afin de prédire le futur de la variable étudiée

Parmi ces techniques des prévisions à court termes, il existe: la moyenne mobile, la moyenne mobile pondéré, les lissages exponentiels simples et doubles, les méthodes de Holt et la méthode de Hol-Winter, la méthode de Box et Jenkins et les modèles Autorégressifs Conditionnellement Hétéroscédastiques (ARCH) et ses extensions (Guy .M, 1990) .

Nous essaierons de développer ce dernier processus car il est le plus adéquat à la modélisation des volatilités des séries financières.

#### **-Processus ARCH et ses extensions:**

Le processus ARCH(q) est inspiré par **Engle en 1982** lors d'une étude sur la variance de l'inflation en Grande Bretagne. Le processus ARCH est basé sur paramétrage quadratique de la variance conditionnelle.

### 1.3 Taux de change et l'économie, la réalité de politique de change au Maroc

#### 1.3.1 Interdépendance taux de change et économie

Les fluctuations du taux de change affectent largement tous les secteurs économiques d'un pays commençant par l'exportation, l'importation passant par le choix d'investissement, du pouvoir d'achat et arrivant finalement au secteur du tourisme, de même, au niveau international, le marché de change est réputé le marché le plus grand en termes de volume, valeur, volatilité d'échanges et gestion des risques, ce qui dit que les entreprises internationales ont besoin de faire face à la volatilité du taux de change aux niveaux : des importations ou des exportations des matières premières, des entrées et sorties de trésorerie de transactions commerciales.

#### 1.3.2 Le taux de change et le tourisme

Le tourisme est un facteur du développement durable (Jacint & Contavella-Jorda, 2000), un rattachement très étroit est constitué entre le tourisme et le taux de change. Le taux de change nominal<sup>2</sup> est utilisé comme un indicateur de prix relatifs entre pays qui indique le prix qui assure à moyen terme la réalisation simultanée de l'équilibre interne et de l'équilibre externe (Borowski et al. 1998). ce dernier tient une place primordiale dans le tourisme.

(Ghadban, 2015) Le tourisme et le taux de change sont très vulnérables à des facteurs exogènes comme les crises économiques, la structure de la zone économique des pays, l'instabilité politique et la nature et sévérité des politiques touristiques... ».

En parallèle des études réalisées dans le domaine des compagnies aériennes justifient clairement la nécessité de la gestion de leurs recettes tout en tenant compte des variations du taux de change, lors des périodes de réservation les préférences de ces compagnies envers les tarifs changent ce qui accroît le besoin de contrôler les inventaires afin de réduire le risque de fluctuation du taux de change (Chapuis, 2009), nous allons conclure notre analyse par la citation de (De La Rochefoucauld, 2007) « un taux de change favorable, ou un taux de change défavorable, peut inciter ou au contraire freiner les touristes nationaux dans leurs déplacements à l'étranger ». Pour les ressortissants d'un pays émetteur de tourisme, la variation du taux de change dans le pays d'accueil les amène à modifier leur choix de destination. La décision prise par les touristes internationaux prend en considération l'attractivité des prix quelle que soit la politique d'inflation qui est souvent moins connue.

---

<sup>2</sup> Le taux de change nominal est Le prix relatif des monnaies de deux pays Concrètement c'est le prix de cette devise par rapport à une autre



### 1.3.3 Le taux de change et la croissance économique

La théorie de la croissance et la littérature sur les régimes de change suggèrent que la nature du régime de change adopté par un pays donné peut avoir des conséquences sur sa croissance à moyen terme (Chaker Aloui et Haïthem Sassi, 2005).

Concernant la relation entre la croissance économique et le désalignement du taux de change, la majorité des articles concluent sur l'existence d'une corrélation négative (ELFATHAOUI, 2018). En effet des fluctuations du taux de change sur la croissance interviennent essentiellement sur la vitesse d'ajustement aux perturbations aléatoires affectant l'économie intérieure.<sup>3</sup>

Dans ce contexte les études de (friedman, 1953) et les travaux de (Mundell, 1960 et 1963) ont mis l'accent sur le caractère crucial du régime de change sur la politique économique, Freidman s'appuie sur un régime de change flexible en mettant l'accent sur les effets isolationnistes de ce système flexible face aux chocs éventuels, tandis que Mundell a développé entre 1960 et 1963 une idée selon laquelle les propriétés isolationnistes diminuent avec l'accroissement de la mobilité du capital.

Outre ses effets sur le processus d'ajustement aux chocs la théorie suggère que les taux de change influence la croissance économique via les autres aspects de la croissance économique à savoir : l'investissement, l'ouverture sur l'extérieur et le développement du secteur financier.

### 1.3.4 Taux de change et commerce international

De même, les régimes de change sont susceptibles d'affecter la croissance économique par les effets sur le volume du commerce international. Dans la littérature théorique, la relation entre la volatilité du taux de change et les échanges commerciaux est ambiguë. Selon la théorie traditionnelle du commerce, la relation négative entre la volatilité des taux de change et les échanges commerciaux repose sur l'aversion contre le risque (Clark, 1973); (Hooper & Kohlhagen, 1978). Cependant, en relâchant certaines hypothèses qui sous-tendent cette théorie, des modèles théoriques ont montré que la volatilité peut être bénéfique au commerce international. Ainsi, les auteurs expliquent la faiblesse du lien négatif de plusieurs façons. En effet, les techniques de couverture permettent aux entreprises de réduire considérablement le

---

<sup>3</sup> selon Aizenman (1994), une économie qui s'ajuste plus facilement aux chocs devrait jouir d'une croissance de la productivité plus élevée, compte tenu du fait qu'elle tourne en moyenne plus près des limites de sa capacité.

risque de change (Viaene & de Vries, 1992) et la volatilité des taux de change peut créer des conditions propices à des échanges commerciaux et à des investissements rentables (Franke, 1991) ; (De Grauwe, 1992).

#### 1.4 La politique d change au Maroc

Le Maroc s'est engagé dans un processus de stabilisation et d'ajustement en matière du taux de change, il y avait la mise en œuvre d'une multitude de réformes dont l'objectif final est la correction des déséquilibres macroéconomiques dont souffrait l'économie, ces réformes ont été mises en œuvre sous l'égide de FMI.

La balance commerciale ne connaît pas des variations si hostiles depuis de nombreuses années, dans les échanges commerciaux internationaux le dirham est resté longtemps lié à un panier de devises et donc le dirham est partiellement convertible, la banque centrale intervient notamment afin de fixer le taux de change dans une bande fixée autour de la parité centrale, le dirham est resté lié au franc français jusqu'au 13 mai 1973, A partir de cette date, nous avons un régime de flottement géré avec pour objectif de stabiliser le taux de change effectif vis-à-vis d'un panier de monnaies. La pondération de ces monnaies a été modifiée de manière significative en septembre 1980, afin de mieux tenir compte de l'influence des partenaires commerciaux ainsi que des monnaies utilisées dans les règlements externes (Domaç & Shabsigh, 1999).

(EL BOUHADI et al. 2008) Depuis le début des années 1980, le Maroc a opté pour une politique active de change dont le but est de remédier aux déséquilibres externes. Cette politique va aboutir en fin de compte à une convertibilité partielle du dirham (1993), à la création d'un marché de change ouvert aux banques (1996), à une libéralisation progressive (depuis 1983) et accélérée (depuis 2005). Mais avant cette époque, le Maroc a poursuivi une politique de change qui va de la stabilité à la dépréciation dans un premier temps, puis du contrôle à la libéralisation progressive dans un deuxième temps.

L'évolution de la politique de change au Maroc a été marquée par trois phases saillantes :

**-le passage de la stabilité à la dépréciation du Dirham.** : Cette période a été marquée par deux systèmes de change : le premier a concerné une cotation par référence à une monnaie d'intervention puis à un panier de devises et le deuxième a été marqué par des dévaluations à répétitions.

**-De la stabilité à la dévaluation à répétitions** : le Maroc a arrêté le système de la parité fixe du Dirham avec les monnaies étrangères et surtout le franc français, suite à l'intervention du

flottement du Dirham en 1973. La banque centrale a procédé à la cotation des monnaies étrangères chose qui a permis de donner une stabilité relative du Dirham.

**- L'adoption de taux de change glissant avec des dévaluations répétitives :** cette période a été marquée par des dévaluations importantes : la dévaluation de 16.4% entre 1983 et 1985 qui a visé à résorber les déséquilibres économiques et à restructurer l'économie et la dévaluation de 9.3 % de 1990.

**-La réglementation des changes : du contrôle à la libéralisation progressive :** le Maroc a dû contrôler ses changes via une politique volontariste des autorités monétaires.

**-La politique de change récente au Maroc : encore plus de réformes et de libéralisation :** Le Maroc a entrepris un certain nombre de réformes en l'an 2000 touchant le fonctionnement du marché de change et la gestion du risque de change, il y avait à titre d'exemple la circulaire du 03/08/2005 relative aux opérations d'options de change, en 2007 l'introduction d'une mesure libératoire sur le plan de négociation de change manuel s'appliquant aux intermédiaires de change et l'entrée en vigueur en Août 2007 du huit mesures de libéralisation des changes afin d'introduire plus de souplesse dans les moyens de change internationaux.

(Bouoiyour et al, 2004) En adhérant, depuis janvier 1993, aux obligations de l'article VIII du FMI, le Maroc a instauré la convertibilité du dirham pour les opérations courantes' de par-là plusieurs mesures d'une importance significatives ont été prises afin de dynamiser le marché de change et contribuer à l'entrée des capitaux étrangers, parmi ces mesures on cite :

-possibilité de conférer aux entreprises de négocier le dénouement de ses opérations internationales tout en se couvrant contre le risque de change, le transfert de l'ensemble des revenus du capital investi en devises, n'est pas soumis à l'autorisation de l'office des changes en matière de la politique monétaire, certaines mesures ont vu le jour, le désencadrement des crédits, libéralisation des taux<sup>4</sup>, les nouvelles règles prudentielles

Entre 1990 et 2000, le dirham s'est apprécié de 17 % (et 22,5 % vis-à-vis des pays de l'UE chose qui a mis en péril la compétitivité du secteur exposé, c'est ainsi que le manque de compétitivité dont souffraient les produits marocains aurait dû pousser les autorités à

---

<sup>4</sup> Cette libéralisation a été déclenchée progressivement en touchant d'abord les taux d'intérêts créditeurs (le 1er juillet 1990) avant d'être étendue aux taux d'intérêt débiteurs appliqués, respectivement, aux crédits à moyen et long terme (le 1er octobre 1990) et aux crédits à court terme (le 1er janvier 1991).

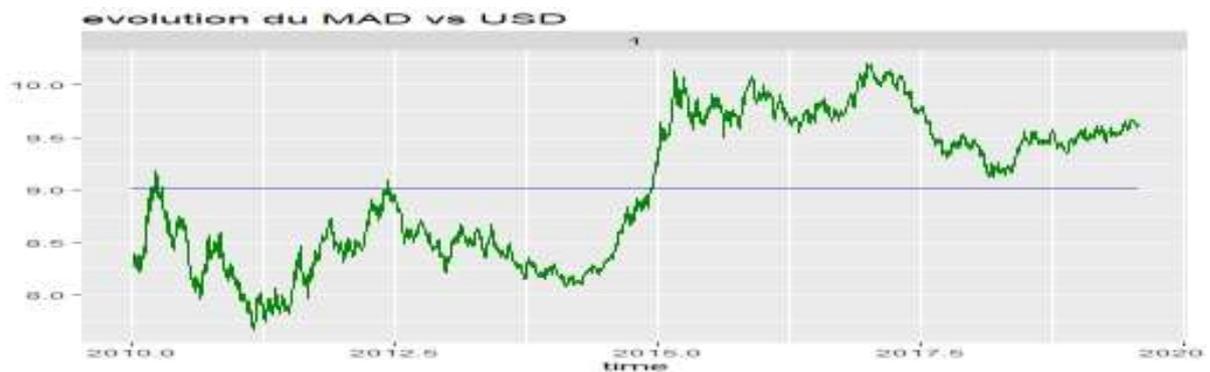
dévaluer le DH depuis plusieurs années, ces dernières ont préféré d'accentuer leurs efforts sur la consolidation du système financier et l'allègement du fardeau de la dette.

## 2. Analyse statistique de la série du taux de change (MDH/dollar):

Nous souhaitons prévoir le taux de change de Dirham marocain contre le dollar américain par un modèle de prévision uni-varié sur un échantillon de données journalières de 2412 observations portant sur la période du 22/03/2010 au 19/04/2019.

Les données sont tirées du site internet [yahoo.finance.com](http://yahoo.finance.com).

### 2.1 Représentation de la série du taux de change.



L'examen visuel de ce graphe montre clairement et à première vue l'existence d'une tendance. Ce qui atteste que notre série n'est pas stationnaire, nous observons que la représentation de l'évolution du cours du Dirham par rapport au dollar est une série financière volatile et donc le taux de change USD/MAD n'est pas stationnaire, ceci marche très bien avec les propriétés du taux de change, pour tout ce qui est tendance, le taux de change USD/MAD suit des tendances baissières et haussières, ce qui nous donne une idée préconçue sur l'utilité du modèle ARCH concernant la modélisation, les processus de type GARCH sont réputés plus adaptables en finance.

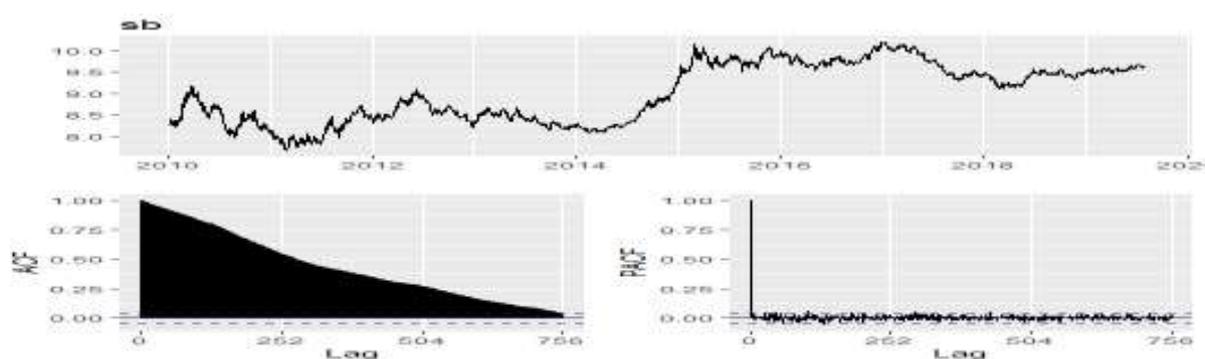
Le graphe de l'évolution du taux de change qui est donné ci-dessus montre la présence d'une tendance, la lecture visuelle de ce graphe exhibe une non stationnarité en moyenne et en variance. Cela nous ramène à l'utilisation d'une transformation logarithmique pour le rendre linéaire et nous avons nommé notre série évolution MAD vs USD.

Ce même graphe montre que cette série est volatile même si **le taux de change ne fluctue pas dans une bande élargie**. Néanmoins On observe des regroupements de volatilité. Nous remarquons aussi que cette volatilité évolue au cours du temps. Cela, nous permet de dire qu'un processus de type GARCH pourrait être adapté à la modélisation de la série de taux de change.

Du point de vue économétrique, le graphique de la série temporelle apparaît par groupes, élevé à certaines périodes et bas à certaines périodes. Il évolue de manière continue dans le temps et est donc volatile.

### 2.1.1 La fonction d'autocorrélation

Figure1 : la série brute du taux de change USD/MAD



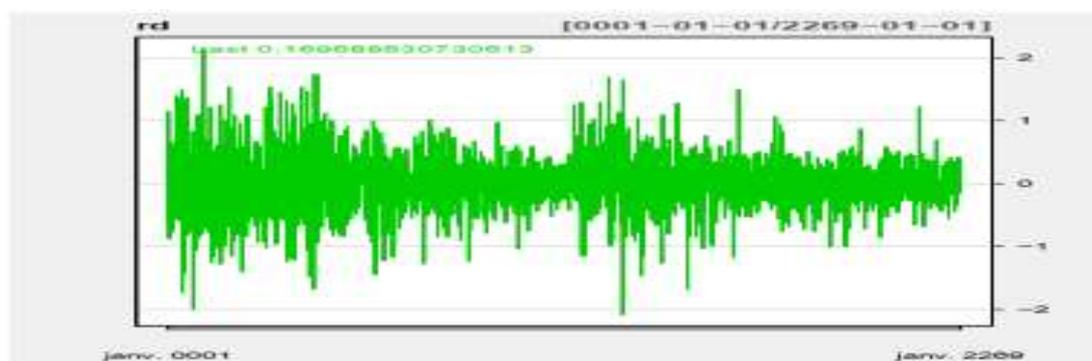
Source : sortie du logiciel R.

Sur le graphique ACF, nous observons que le graphique décroît lentement à zéro ce qui signifie que le choc affecte le processus de manière permanente. Nous pouvons en conclure que nous devons effectuer une analyse de série chronologique sur le rendement quotidien (rendement journalier) des cours des deux monnaies.

Sur le graphe ci-dessus, la diminution est trop lente, ce qui confirme que la série est d'une mémoire longue.

### 2.2 Calcul et présentation graphique des rendements

Figure2 : la série des rendements du taux de change en logarithme



Source : sortie du logiciel R

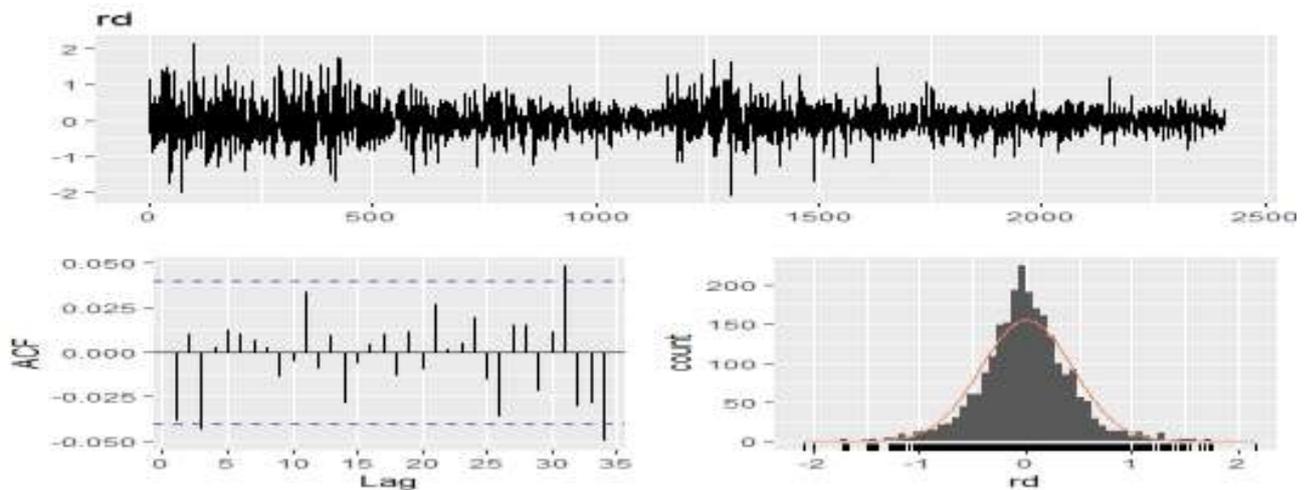
Il s'agit à ce stade de calculer les rendements du taux de change à travers la formule suivante :

Diff (log)=  $\log(ob_t) - \log(ob_{t-1})$ . La série USD/MAD sera transformée par le logarithmique pour la rendre linéaire et nous avons nommé la nouvelle série « rd ».

Le travail par la suite va porter sur la modélisation des séries des rendements, nous allons étudier la stationnarité de la série dans les prochains développements.

A partir des statistiques de base des rendements des cours de change, nous observons que la moyenne est 0 et que la distribution des rendements présente une kurtosis importante. Nous l'observons plus loin en utilisant un histogramme et un Q-Q plot.

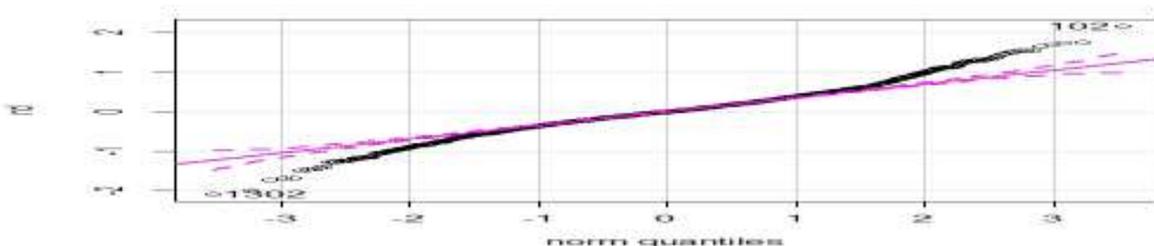
Figure3 : série des rendements du taux de change USD/MAD et sa fonction d'autocorrélation



Source : sortie du logiciel R

La série des rendements semblent être stationnaire avec une autocorrélation faible, le processus est centré sur 0, c'est une propriété fondamentale des rendements, en ce qui concerne le graphe relatif au 35<sup>ème</sup> retard, nous observons qu'il n'y'a pas d'autocorrélation des rendements tandis que l'histogramme des rendements prend forme d'une loi normale.

### 2.2.1 Les tests de normalité du processus

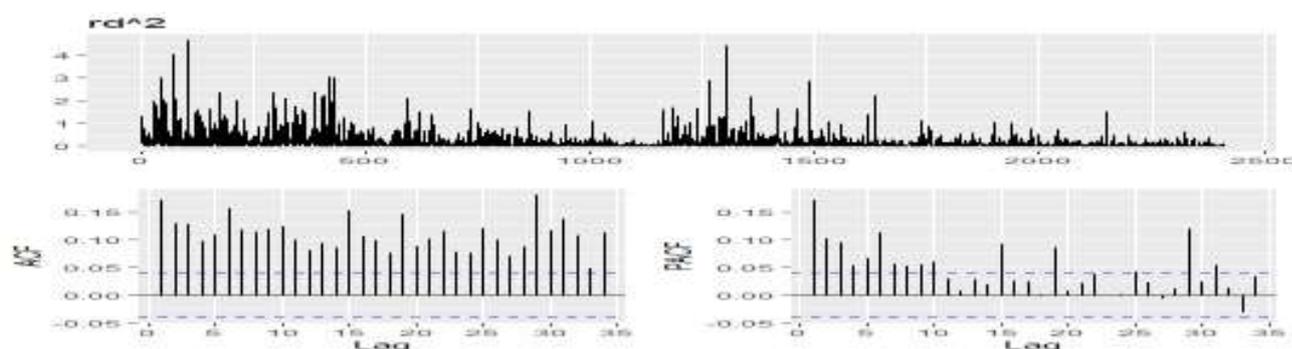


A partir de ce graphe il apparait clairement que la représentation des rendements des cours de change traverse une droite ce qui atteste la normalité de la série, la distribution des rendements suit une loi normale.

Comme le montrent l'histogramme et le graphique la série présente une distribution quelque peu normale avec des queues épaisses aux deux extrémités.

## 2.2.2 La série des rendements du taux de change USD/MAD au carré

Figure 4 : la série des rendements du taux de change USD/MAD au carré



Source : sortie du logiciel R

Le passage de la série des rendements vers les rendements au carré accroît l'autocorrélation de la série ce qui vérifie la propriété principale de la série financière (autocorrélation des rendements forte).

La série  $r^2$  associée aux carrés des rendements présente généralement de fortes autocorrélations tandis que les autocorrélations de la série  $r_t$  sont souvent très faibles (hypothèse de bruit blanc).

Les statistiques ont montré que la moyenne était constante et proche de 0, cela est confirmé par le graphique de la série chronologique. Le graphique ACF montre en outre que puisque les rendements ne sont pas corrélés, la moyenne est constante pour la série chronologique. Cependant, la corrélation est élevée pour les valeurs des rendements au carré du cours des monnaies. Nous pouvons donc en conclure que le processus de rendement a une forte dépendance non linéaire.

## 2.3 Les tests économétriques sur les séries et choix de modèle

### 2.3.1 Test de BOX et Ljung Box test on return

L'hypothèse nulle serait qu'il n'existe pas d'autocorrélation. Nous effectuons le test de la **Ljung Box** pour vérifier l'indépendance des rendements. D'après les tests de **Ljung Box** ci-dessus, nous observons que les rendements journaliers ne sont pas corrélés car les valeurs  $p > 0,05$  et que nous ne pourrions pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation automatique. Cependant, il montre des signes d'effet ARCH sur les rendements des cours d'après le test de **Ljung Box** sur les valeurs au carré des rendements qui sont significatives.

La valeur de la plus-value du test sur l'autocorrélation des rendements au carré  $p < 5\%$  (comme niveau du risque) ce qui montre le rejet de  $H_0$ , la série des rendements est alors fortement auto corrélée.

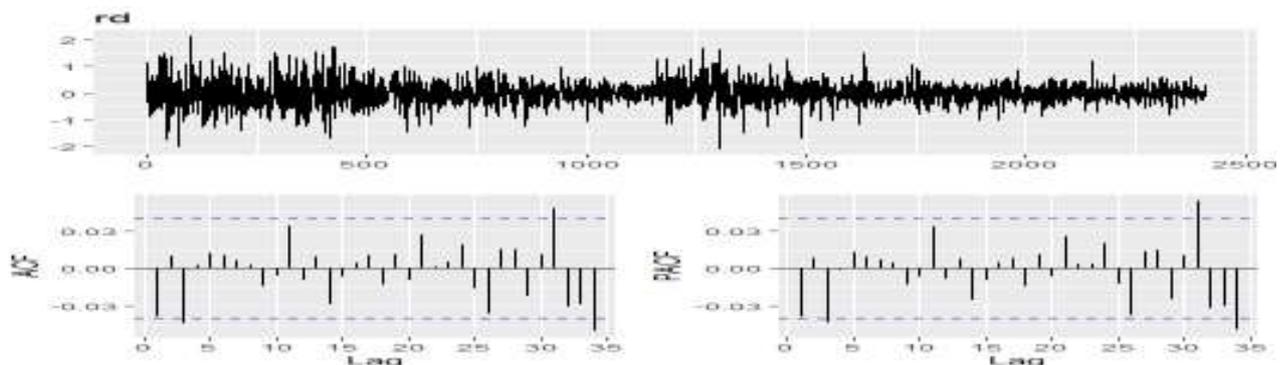
### 2.3.2 ARCH test

ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects; Chi-squared = 170.11, df = 12, p-value < 2.2 e-16 ; L'hypothèse nulle serait qu'il n'existe pas d'effet ARCH car p.value < 2.2e-16 : le rejet de L'hypothèse nulle nous indique l'existence d'effet ARCH. A partir de tout ce qui précède nous constatons que la modélisation se ferait via le modèle GARCH, il s'agit de chercher le type de processus GARCH à utiliser, chose que nous allons essayer de faire dans les développements à venir.

### 2.4 Le modèle ARIMA des rendements

Pour identifier l'ordre p et q d'un processus ARIMA, nous utilisons le corrélogramme de la fonction d'autocorrélation et la fonction d'autocorrélation partielle de la série logarithmique de taux de change.

Figure 5 : fonction d'autocorrélation et la fonction d'autocorrélation partielle de la série logarithmique de taux de change.

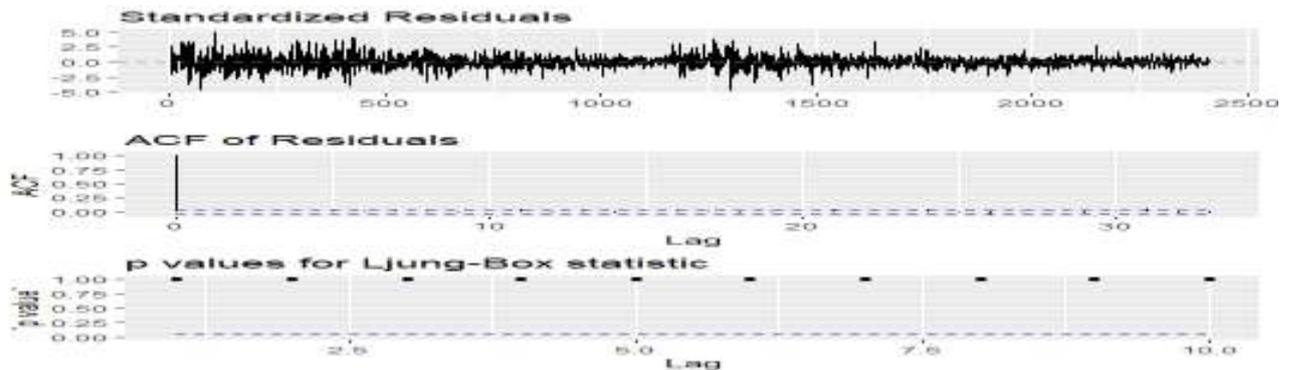


Source : sortie du logiciel R

ARMA est d'un ordre précis qu'on va détecter par le critère de minimisation AIC **AKAIKE INFORMATION CRITERION**, d'après les valeurs d'AKAIKE, on retient l'ordre ARMA (3.0) qui donne une valeur de AIC = 2730.3 (résultat du logiciel R)

La modélisation de la série par un ARIMA ne permet pas d'enlever l'autocorrélation des résidus des rendements aux carrés.

Figure7 :visualisation de la série des résidus et fonctions d'autocorrélation



Source : sortie du logiciel R

D'après l'examen visuel du graphe de la FAC des processus ARMA (3.0) il n'y pas d'autocorrélation car la plupart des dents sont à l'intérieur de l'intervalle de confiance de 95% d'où la nécessité de retenir ARMA (3.0).

La modélisation de la série par un ARIMA ne permet pas d'enlever l'autocorrélation des résidus des rendements aux carrés. Or il existe certains modèles plus efficaces en matière de modélisation, nous nous contentons de retenir quelques extensions des modèles GARCH.

## 2.5 La modélisation via le modèle GARCH

Les extensions du GARCH qui peuvent être des modèles adaptables pour la prévision sont réunies dans le tableau ci-après avec les critères d'information, nous retiendrons le critère d'AKAIKE réputé le plus crédible dans la détermination des modèles.

	sGARCH	fGARCH	eGARCH	gjrGARCH	iGARCH
Akaike	1.010676	1.016742	1.011567	1.008494	1.010166
Bayes	1.030869	1.039458	1.034283	1.031211	1.027834
Shibata	1.010652	1.016710	1.011536	1.008463	1.010147
Hannan-Quinn	1.018043	1.025029	1.019855	1.016782	1.016612

Le modèle retenu qui minimise le critère de l'information AKAIKE est le GJR GARCH.

Le modèle "gjr GARCH" présente les plus faibles valeurs des critères d'informations.

Les sorties du logiciel R ci-dessus affiche un modèle standard de gjr GARCH(1,2) pour la variance avec la distribution t. Les paramètres du modèle Gjr-GARCH (1.2) sont tous significatifs, le paramètre gamma semble significatif et, puisque  $\gamma < 0$  l'effet de levier est significatif et nous pouvons conclure que la volatilité réagit plus aux chocs positifs qu'aux chocs négatifs.

Un paramètre de levier négatif indique une réponse asymétrique aux rendements positifs dans l'équation de la variance conditionnelle.

-En cas de persistance de la volatilité, le modèle ajusté:  $U_t = z \cdot h_t$  avec  $h_t = \sqrt{H_t}$  ;  $z$ : Bruit blanc BB suit une loi normale(0,1) ;  $H_t$ : variance conditionnelle.

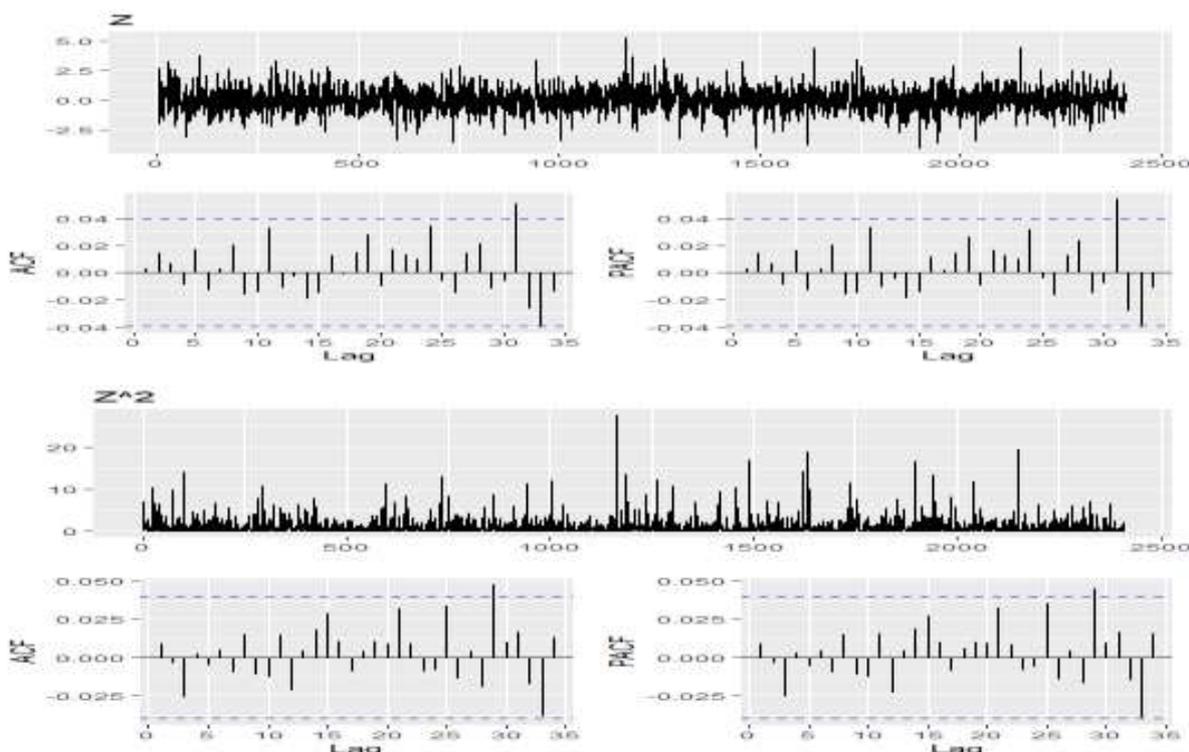
$$H_t = \omega + \alpha_1 \cdot U^2(t-1) + \beta_1 \cdot H_{t-1} + \beta_2 \cdot H_{t-2} + \gamma_1 \cdot I(U_{t-1} < 0) \cdot U^2(t-1) ;$$

-Le paramètre de sharpe est significatif car la valeur  $p < 0,05$  indique que la distribution  $t$  est un bon choix.

-pour ce qui est diagnostic des résidus: toutes les valeurs  $p$  du test de Ljung Box sont supérieures à 0,05, ce qui indique qu'il n'y a aucune preuve de corrélation en série dans les résidus au carré et qu'elles se comportent donc comme un processus de bruit blanc. En examinant le test de qualité de l'ajustement, étant donné que toutes les valeurs  $p > 0,05$ , nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle, et nous pouvons donc conclure que le modèle de Gjr GARCH avec la distribution  $t$  est un bon choix.

-une fois le modèle estimé, on peut tester sa validité en vérifiant si la série des rendements standardisés au carré est non auto-corrélée, c'est-à-dire si le modèle de volatilité a purgé la volatilité conditionnelle. Pour ce faire, on peut appliquer le test de Ljung-Box au carré des rendements standardisés  $z_t = U_t / \sqrt{H_t}$  (voir annexe 1 : les tests économétriques : ARCH et BOX TEST page 23).

Figure 8 : la représentation des carrés des rendements standardisés  $z_t = U_t / \sqrt{H_t}$



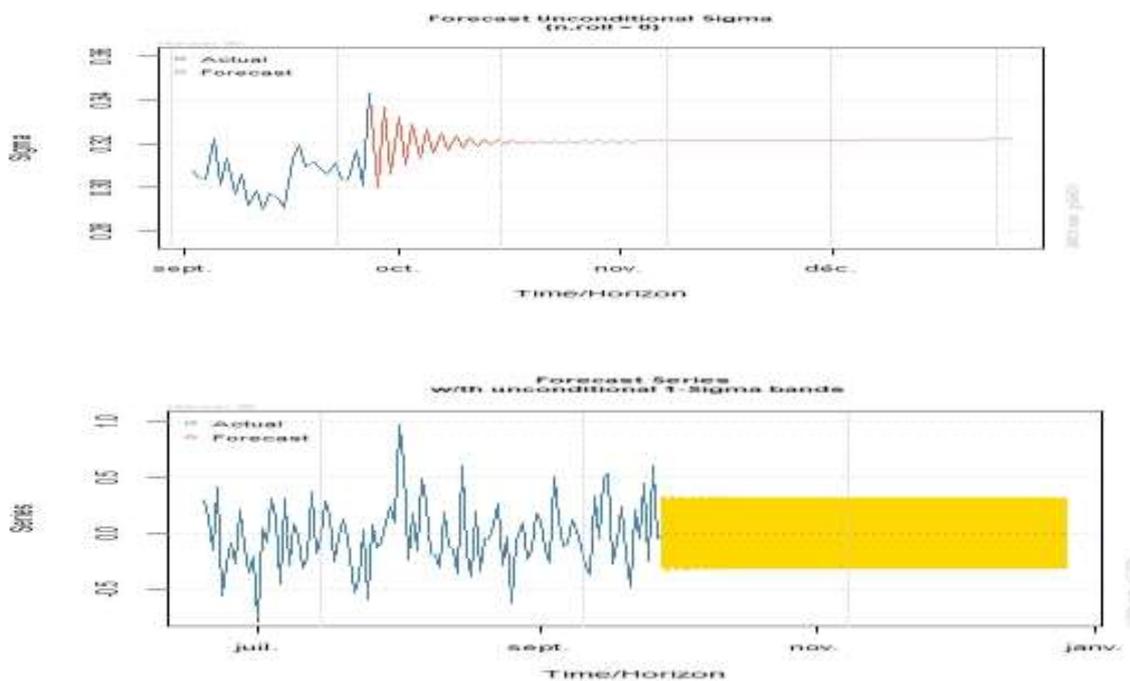
Source : sortie du logiciel R

A partie de la visualisation de la représentation graphique des carrés des rendements standardisés  $z_t = U_t/\sqrt{H_t}$  L'hypothèse de bruit blanc semble tenir

## 2.6 Prédiction des valeurs des taux de change sur 3 mois

Les valeurs futures du taux de change USD/MAD à travers l'utilisation du modèle GJR GARCH donnera les résultats suivants.

Figure 9 :le graphe des valeurs futures du taux de change USD/MAD sur trois mois.



Source : sortie du logiciel R

D'après les graphiques ci-dessus, les valeurs futures sur les trois mois sont à l'intérieur de l'intervalle de confiance de 95% donc cela atteste que le modèle choisi GJR GARCH ajuste bien les données étudiées USD/MAD en terme de rendements. Les résultats donnés par le logiciel R quant à la prévision sont à l'annexe 2 intitulé : « rendements prévisionnels du taux de change USD/MAD »et sont en rendements logarithmiques.

Les résultats de la prévision faite dans le cadre de cette présente étude sont regroupés dans un tableau qui nous a donné les valeurs prévisibles du taux de change sur les trois prochains mois, nous contentons à les afficher sous la forme ci-après :



date	Les rendements prévisionnels	Le cours USD/MAD
20/04/2019	-0,01178563	9,49740492
21/04/2019	-0,00281962	9,47066356
22/04/2019	-0,00979012	9,37839702
23/04/2019	0,04768435	9,8364336
24/04/2019	0,01865450	10,0216495
25/04/2019	0,00662395	10,0882528
26/04/2019	0,00236478	10,1121375
27/04/2019	-0,00934237	10,0181062
28/04/2019	-0,03115988	9,71075648
29/04/2019	-0,03541016	9,37291389
30/04/2019	0,00020416	9,37482763
01/05/2019	-0,00770923	9,30283279
02/05/2019	0,00321318	9,33277257
03/05/2019	0,01976518	9,51907153
04/05/2019	0,01410770	9,65431545
05/05/2019	0,01830890	9,83270344
06/05/2019	0,00597322	9,89161212
07/05/2019	-0,00963581	9,79675619
08/05/2019	0,02115946	10,0062589
09/05/2019	0,02227665	10,2316662
10/05/2019	0,00715418	10,3051279
11/05/2019	0,01806663	10,4929988
12/05/2019	0,00166575	10,510492
13/05/2019	-0,00568404	10,4509194
14/05/2019	0,00507966	10,5041416
15/05/2019	0,00664043	10,5741257
16/05/2019	-0,00063699	10,5673922
17/05/2019	-0,01463834	10,4138298
18/05/2019	-0,00497475	10,3621523
19/05/2019	0,03023179	10,6802021
20/05/2019	-0,00576684	10,6187883
21/05/2019	-0,00494891	10,5663667
22/05/2019	-0,00497928	10,5138846
23/05/2019	0,03546097	10,8934065
24/05/2019	0,02842204	11,2074612
25/05/2019	-0,00113414	11,1947576
26/05/2019	0,00772097	11,2815265

27/05/2019	0,01612506	11,4649164
28/05/2019	-0,00218576	11,4398842
29/05/2019	0,00580352	11,5064688
30/05/2019	0,01583638	11,6901401
31/05/2019	0,00695302	11,7717051
01/06/2019	-0,02650101	11,4638404
02/06/2019	-0,04172656	10,9953363
03/06/2019	-0,00363508	10,9554399
04/06/2019	0,00106430	10,9671059

### Conclusion

L'objectif de ce papier a été de modéliser la volatilité du taux de change de MAD contre le Dollar américain (MAD/US Dollar) et de prévoir ce taux pour trois mois de l'année 2019.

Cette étude a montré que notre série est caractérisée par le phénomène de volatilité, par des spécifications asymétriques et d'une présence de kurtosis excessive. Nous avons effectué un test ARCH qui a rejeté l'hypothèse nulle d'homoscédasticité.

De cela, nous avons déduit qu'un modèle ARMA non linéaire de type ARCH est adéquat.

Ensuite nous avons estimé 5 modèles :

GARCH(1,2),EGARCH(1,2),TGARCH(1,2),IGARCH(1,2) et GJR-GARCH(1,2).

Selon les critères; de LLH (la valeur de la log-vraisemblance à l'optimum) et d'informations; nous avons choisi le modèle GJR-GARCH(1,1), comme étant le modèle le plus adéquat pour la prévision et puis les valeurs futures des cours de change de dollar contre le dirham ont été regroupés dans un tableau détaillant le jour concerné, le taux de change et la rendement journalier.

### Bibliographie

*Bouoiyour, J & Velayoudom, M et Serge, R. Taux De Change Réel D'équilibre Et Politique De Change Au Maroc : Une Approche Non Paramétrique, Économie internationale 97 (2004), p. 81-104.*

*Chaker A & Sassi H, Régime De Change Et Croissance Économique : Une Investigation Empirique, La Documentation française | « Économie internationale » 2005/4 no 104 | pages 97 à 134.*

*Dornbusch R., 1997: The Folly, The Crash And Beyond: Economic Policies And Crisis In Mexico 1994: Anatomy Of An Emerging Market Crash, Carnegie Endowment.*

Friedman, M. (1953). *The Case for Flexible Exchange Rates. In Essays in Positive Economics. University of Chicago Press.*

Eugene, F.F. (1970). *Efficient Capital Markets: A Review of Empirical Work. Journal of Finance. May 25:2, pp.383–417.*

El Bouhadi, A & Elkhider, A & El Mustapha, Kchirid & El Abbassi, I, (2008), *Les Déterminants Du Taux De Change Au Maroc : Une Etude Empirique, Munich Personal RePEc Archive. p 3.*

ELFATHAOUI H. (2018) , *Désalignement Du Taux De Change D'équilibre Et Balance Des Paiements: Cas Du Maroc, Revue du Contrôle de la Comptabilité et de l'Audit Numéro 7 : Décembre 2018.*

Ghadban, S 2015, *Taux de Change et Politique Touristique Durable, Management & Avenir pages 169 à 188.*

Lakhdar A. & Chenini & A, Bengana I, (2014), *Peut-On Modéliser La Volatilité Du Taux De Change De Dinar Algérien Par Un Processus GARCH ?* مجلة أداء المؤسسات الجزائرية – العدد 460.

Lamzouri A.A(2018) *Déterminants Non-Fondamentaux Du Taux De Change : Survol De La Littérature Micro-Economique, Revue Du Contrôle De La Comptabilité Et De l'Audit, (7)p 3.*

Meese, R., & Rogoff, K. (1983). *Empirical exchange rate models of the seventies. Journal of International Economics, 14: 3-24*

Mondeher. C, (2002), *Les Taux De Change, Revue banque, édition, 18, rue La Fayette, 75009.*

## Annexes

### -Annexe 1 : les tests économétriques : Arch. test et box test

Z=model.list[[4]]@fit\$z

ArchTest(Z)

ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects

data: Z

Chi-squared = 6.0434, df = 12, p-value = 0.9139

Box.test(Z)

Box-Pierce test

data: Z

X-squared = 0.036772, df = 1, p-value = 0.8479

ArchTest(Z\*\*2)

*ARCH LM-test; Null hypothesis: no ARCH effects*

*data: Z^2*

*Chi-squared = 2.9043, df = 12, p-value = 0.9962*

*Box.test(Z\*\*2)*

*Box-Pierce test*

*data: Z^2*

*X-squared = 0.038274, df = 1, p-value = 0.8449*

*jb.norm.test(Z)*

*Jarque-Bera test for normality*

*data: Z*

*JB = 131.67, p-value < 2.2e-16*

-Annexe 2; les rendements prévisionnels du taux de change USD/MAD

## [1]	0.3030731	0.3417336	0.3090347	0.3374204	0.3133920	0.3342541	0.3166027	0.3319477
## [9]	0.3189872	0.3302828	0.3207727	0.3290947	0.3221223	0.3282597	0.3231537	0.3276857
## [17]	0.3239522	0.3273043	0.3245799	0.3270647	0.3250822	0.3269294	0.3254922	0.3268707
## [25]	0.3258344	0.3268681	0.3261264	0.3269066	0.3263815	0.3269751	0.3266091	0.3270655
## [33]	0.3268163	0.3271717	0.3270084	0.3272894	0.3271890	0.3274153	0.3273611	0.3275470
## [41]	0.3275266	0.3276827	0.3276872	0.3278213	0.3278438	0.3279616	0.3279973	0.3281031
## [49]	0.3281484	0.3282452	0.3282975	0.3283875	0.3284448	0.3285298	0.3285907	0.3286719
## [57]	0.3287353	0.3288136	0.3288788	0.3289549	0.3290212	0.3290956	0.3291627	0.3292356
## [65]	0.3293033	0.3293751	0.3294429	0.3295138	0.3295818	0.3296519	0.3297198	0.3297893
## [73]	0.3298570	0.3299259	0.3299935	0.3300618	0.3301292	0.3301970	0.3302641	0.3303315
## [81]	0.3303983	0.3304653	0.3305318	0.3305983	0.3306645	0.3307306	0.3307964	0.3308622
## [89]	0.3309277	0.3309931						