

## Contribution à l'analyse de la volatilité du taux de change du dirham marocain : Modélisation économétrique à l'aide du modèle asymétrique TGARCH

Contribution to the analysis of the Moroccan dirham exchange rate volatility : Econometric modeling using the asymmetric TGARCH model

Auteur 1 : Khattab Ahmed,

Auteur 2 : Salmi Yahya,

**Khattab Ahmed** , (<https://orcid.org/0000-0003-4286-3464>, Professeur d'économie)

Université Abdelmalek Essaâdi / Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales- Maroc

akhattab@uae.ac.ma

**Salmi Yahya** , (<https://orcid.org/0000-0002-5734-1709> , Doctorant en sciences économiques)

Université Abdelmalek Essaâdi-Maroc / Faculté des sciences juridiques, économiques et sociales- Maroc

Email : yahia.salmi@etu.uae.ac.ma

**Déclaration de divulgation** : L'auteur n'a pas connaissance de quelconque financement qui pourrait affecter l'objectivité de cette étude.

**Conflit d'intérêts** : L'auteur ne signale aucun conflit d'intérêts.

**Pour citer cet article** : KHATTAB, A & SALMI ,Y (2021), « Contribution à l'analyse de la volatilité du taux de change du dirham marocain : Modélisation économétrique à l'aide du modèle asymétrique TGARCH », Revue African Scientific Journal, Volume 3, Numéro 4, pp : 460-476.

Date de soumission : Janvier 2021

Date de publication : Mars 2021



DOI : 10.5281/zenodo.5642815

Copyright © 2021 – ASJ



## Résumé

Le contexte générale de cette étude est lié directement à la réforme du régime de change appliqué au Maroc en passant vers la flexibilité graduelle basée sur l'élargissement des bandes de fluctuation du taux de change. L'objectif principal de ce travail est de modéliser les prévisions de la volatilité des taux de change bilatéraux du dirham marocain EUR/MAD et USD/MAD tout en se basant sur la méthodologie empirique des modèles économétriques de familles ARCH. L'analyse empirique a porté sur des données allant du 30/11/2001 au 30/11/2020, avec un échantillon de 4800 observations journalières. Les résultats ont montré que la série temporelle étudiée est caractérisée par le phénomène de volatilité, par des spécifications asymétriques et l'existence d'une kurtosis excessive. Ainsi, le critère de sélection *AKAIKE Information Critierrium* (AIC) nous a amené à choisir le modèle asymétrique AR(1)-TGARCH comme modèle adéquat pour la modélisation et la prévision de la volatilité du taux de change du dirham marocain.

**Mots clés :** Volatilité, taux de change, ARCH, modèles asymétriques TGARCH, Kurtosis, AKAIKE Information Critierrium.

**JEL :** C01, C24, C32, C58, E60, F31, F41.

## Abstract

The general context of this study is directly related to the reform of the exchange rate regime applied in Morocco by moving towards a gradual flexibility based on the widening of the exchange rate fluctuation bands. The objective of this work is modeling the volatility of the bilateral exchange rates of the Moroccan dirham EUR/MAD and USD/MAD while being based on the empirical methodology of the ARCH family econometric models. The empirical analysis covered a period from 30/11/2001 to 30/11/2020, with a sample of 4800 daily observations. The results showed that the time series studied is characterized by the phenomenon of volatility, asymmetric specifications and the existence of excessive kurtosis. Thus, the *AKAIKE Information Critierrium* (AIC) selection criterion led us to choose the asymmetric AR(1)-TGARCH model as an adequate model to forecast the volatility of the Moroccan dirham exchange rate.

**Keywords :** Volatility, exchange rates, ARCH, asymmetric models TGARCH, Kurtosis, AKAIKE Information Critierrium.

**JEL :** C01, C24, C32, C58, E60, F31, F41.

## Introduction

Le Maroc a initié une première étape vers l'adoption d'un régime de change flexible, en élargissant les bandes de fluctuations à  $\pm 2,5\%$  par rapport à un cours central déterminé par les autorités monétaires marocaines sur la base d'un panier de devises composé à hauteur de 60% de l'Euro et 40% du Dollar. Cette décision, qui a pris effet le 15 janvier 2018, constitue une première étape vers la rupture avec à un régime de change fixe adopté depuis l'indépendance. De plus en Mars 2020 a été appliquée la deuxième étape en passant vers  $\pm 5\%$ . Cette transition permettrait à l'économie marocaine de se doter, à terme, d'un instrument macroéconomique qui joue le rôle d'amortisseur de choc et qui favorise un ajustement rapide et à moindre coût.

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. De plus, les séries financières présentent plusieurs propriétés qui ont été regroupées dans la théorie en faits stylisés. Parmi celles-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.

Dans cette perspective et pour bien étudier la problématique de la prévision ainsi que la modélisation de la volatilité du taux de change au Maroc, nous avons soulevé la question suivante :

**Q<sub>1</sub>** : Quel est le modèle le plus approprié permettant de prévoir les fluctuations futures du taux de change du dirham marocain ?

Pour répondre à cette question de recherche, nous avons élaboré l'hypothèse suivante :

**H<sub>1</sub>** : Les modèles non linéaires asymétriques sont plus adéquats pour la prévision de la fluctuation du taux de change du dirham marocain.

Ainsi, pour atteindre notre objectif et apporter des éléments de réponses à cette problématique, cette étude empirique comprend les sections suivantes. Une revue de littérature théorique et empirique sur notre sujet de recherche, suivi d'une section présentant les données ainsi que méthodologie empirique adoptée, et finalement la présentation et la discussion des résultats obtenus avant la conclusion du travail.

## 1. Revue de littérature

S'agissant de la problématique de la prévision de la fluctuation du taux de change, plusieurs travaux ont l'objet d'études empiriques en la matière. Selon «Mandelbrot, 1963», les séries chronologiques financières présentent couramment une concentration de la volatilité et une leptokurtose. Une autre caractéristique stylisée populaire est l'effet de levier discuté dans «Black, 1976» qui explique que les changements de la volatilité sont négativement corrélés avec les changements de la valeur de l'actif financier. Ces constatations empiriques ont donc conduit à l'élaboration de divers modèles de variance variables pour la modélisation et la prévision des séries chronologiques financières.

Dans son étude fondatrice, «Engle, 1982» a développé les processus d'hétéroscédasticité conditionnelle autorégressive (ARCH) en utilisant des perturbations retardées pour modéliser la volatilité. Le modèle ARCH a cependant prouvé, par des études empiriques, qu'il nécessite un ordre ARCH élevé afin de saisir de manière significative le comportement dynamique de la volatilité. Le modèle ARCH généralisé (GARCH) permettant une structure de retard plus flexible a ensuite été développé par «Bollerslev, 1986». Ce modèle a permis de réduire considérablement le nombre de paramètres estimés. Les modèles ARCH et GARCH sont tous deux performants dans la capture de la concentration de la volatilité et de la lourdeur des rendements financiers, mais échouent dans la modélisation de l'effet de levier. Cette limitation des modèles symétriques a donc conduit au développement de modèles asymétriques.

Les modèles GARCH ont également la limite de ne pas pouvoir saisir pleinement la caractéristique leptokurtique des séries chronologiques financières à haute fréquence. Pour résoudre ce problème, «Bollerslev, 1987», «Baillie et Bollerslev, 1989», et «Beine et al, 2002» ont utilisé la distribution « t » de Student pour modéliser l'innovation de l'équation de variance, tandis que «Nelson, 1991» a utilisé la distribution généralisée des erreurs (DGE). La principale limite de ces dernières distributions est qu'elles sont symétriques et ne prennent donc pas compte de l'asymétrie de la distribution des erreurs.

«Pagan et Schwert, 1990»; «Lee, 1991»; «Cao et Tsay, 1992» et «Balaban, 2004» ont évalué la capacité prédictive de divers modèles GARCH pour la volatilité des rendements des taux de change. Ils ont conclu que le modèle EGARCH asymétrique est le plus performant grâce à sa capacité à capter les effets de levier.

Diverses études ont été réalisées au cours des dernières décennies dans le monde entier sur la mise en œuvre de modèles de type GARCH pour la modélisation de la volatilité et la prévision des séries chronologiques financières. «Bailie et Bollerslev, 1989» ont prouvé l'utilité des modèles GARCH pour effectuer des analyses sur le marché du Forex. L'étude de «Akgraly, 1989» a également démontré que le modèle GARCH surpasse les modèles ARIMA et ARCH sur la base de divers critères d'évaluation. La même conclusion a été atteinte par «Hansen et Lunde, 2005» dans leur étude visant à modéliser et à prévoir la volatilité des taux de change. Lorsque le modèle GARCH(1,1) a été utilisé en utilisant des distributions d'erreurs à queue grasse, «Wilhelmsson, 2006» a conclu que la précision des prévisions de volatilité était améliorée par rapport à une distribution d'erreurs gaussienne sous-jacente.

L'étude de «Cheong Vee et al, 2011» sur la modélisation et la prévision de la volatilité du taux de change USD/MUR a révélé qu'un GARCH(1,1) avec une distribution d'erreurs GED sous-jacente surpasse son homologue avec une distribution d'erreurs Student's-t avec un léger avantage. Les performances du modèle symétrique GARCH et de quatre modèles asymétriques (EGARCH, TGARCH, PGARCH et GJR-GARCH) sont étudiées dans cette étude. Les distributions de Student's-t, de l'erreur généralisée (GED) et de Johnson SU (JSU) reparamétrées sont utilisées pour modéliser l'innovation sous-jacente de l'équation de variance.

«Narsoo, 2015» mène une analyse empirique de la volatilité du taux de change du dollar américain / roupie mauricienne (USD/MUR) à l'aide de différents modèles de type GARCH. La capacité prédictive du modèle symétrique GARCH est comparée aux modèles asymétriques EGARCH, TGARCH, PGARCH et GJR-GARCH. L'innovation de l'équation de variance est modélisée en utilisant le Student's-t, la distribution d'erreurs généralisées (GED) et la distribution de Johnson SU reparamétrée (JSU). En utilisant des données quotidiennes sur la période de janvier 2004 à juin 2015, un ensemble de données en échantillon et un ensemble de données hors échantillon sont respectivement composés pour l'évaluation de l'ajustement et de la précision prédictive des modèles. Les résultats indiquent que les données présentent une persistance de la volatilité ainsi que des caractéristiques stylisées, un regroupement de la volatilité et des effets de levier, ce qui soutient la mise en œuvre des modèles asymétriques. Les résultats montrent également l'adéquation des modèles asymétriques de type GARCH pour la prévision de la volatilité des taux de change USD/MUR. Sur la base des performances à la fois en échantillon et hors échantillon, la distribution leptokurtique et asymétrique de l'innovation JSU surpasse les distributions Student's-t et GED dans toutes les spécifications GARCH.

Pour «Miletic, 2015» l'objectif principal de son étude est de tester l'hypothèse selon laquelle les taux de change des pays émergents sont plus sensibles aux chocs négatifs qu'aux chocs positifs, et que les pays développés ne présentent pas ce même schéma. Afin de mesurer le risque encouru, des modèles GARCH symétriques et asymétriques sont appliqués. La précision des prévisions de la volatilité des taux de change est évaluée à l'aide du test de Mincer-Zarnowitz basé sur la régression et du test de Diebold et Mariano (test DM). Les résultats des estimations ont confirmé la supériorité du modèle GARCH par rapport aux modèles GARCH asymétriques. Les résultats de la prévisibilité de la variance conditionnelle indiquent que le modèle GARCH offre des performances de prévision supérieures dans les pays développés. Ce n'est que dans le cas de la Roumanie que le modèle TGARCH a surpassé le modèle GARCH.

Selon «Mia et Rahman, 2019», la modélisation de la volatilité des taux de change peut jouer un rôle important dans la gestion macroéconomique pour la stabilité et la croissance. Son travail a examiné la précision des prévisions des modèles de la famille ARCH pour les données mensuelles du taux de change BDT/USD de la Bangladesh Bank sur la période allant d'août 2004 à avril 2019. Pour trouver un modèle approprié, plusieurs critères de sélection des modèles : Les critères d'information d'Akaike (AIC) et de Schwarz (SIC) et pour mesurer la précision, l'erreur quadratique moyenne (RMSE), l'erreur absolue moyenne (MAE), l'erreur absolue moyenne en pourcentage (MAPE) et l'inégalité de Theil (TI) sont utilisés. L'évaluation des modèles au moyen de ces critères suggère que le modèle GARCH (1,1) est le meilleur modèle pour prévoir la volatilité mensuelle du taux de change du Bangladesh et surmonter avec succès l'effet de levier du taux de change.

«Djaballah, 2020» avance dans son article la modélisation du phénomène de dépendance de la volatilité des taux de change à court et à long terme par une approche fondée sur le processus de la mémoire longue. L'étude empirique avait porté sur un échantillon couvrant les prix moyens en GBP, USD et EUR pendant la période globale de fonctionnement du marché des taux de change interbancaires algériens (mars 2008- mars 2018). Les résultats obtenus témoignent de la présence d'un certain phénomène de persistance à long terme de la volatilité du taux de change. Des processus de type FIGARCH semblent expliquer ce phénomène.

## **2. Données et méthodologie**

Cette section permet de présenter les données ainsi la présentation de la démarche qui sera suivie dans cet article.

## 2.1. Données et variables

Dans le cadre de notre étude, nous allons utiliser des données des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD, pour pouvoir bien étudier la volatilité du taux de change. Les statistiques couvrant la période allant du 30/11/2001 jusqu'au 30/11/2020 ont été utilisées, d'où un nombre total d'observations journalières de l'ordre de 4800.

**Tableau N°1 :** Statistiques descriptives des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD

	EUR/MAD	USD/MAD
Moyenne	11.01877	8.982205
Médiane	11.06720	8.883600
Mode	11.51050	11.83640
Ecart-type	0.252741	0.860956
Coefficient de Skewness	-0.888971	0.631328
Coefficient de Kurtosis	3.961427	3.556039
Jarque-Bera	817.5951	380.9337
Probabilité	0.000000	0.000000
Observations	4800	4800

Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

Concernant les indicateurs de position, on constate que la moyenne du taux de change EUR/MAD est de 11.01877 et de 8.982205 pour le taux de change USD/MAD. De plus, la médiane du taux de change EUR/MAD est de 11.06720. Enfin, les modes des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD sont respectivement 11.51050 et 11.83640. Par ailleurs, en ce qui concerne les indicateurs de dispersion, nous allons utiliser l'écart type comme moyen pour mesurer cette dernière. Ainsi, l'écart type du taux de change EUR/MAD est de 0.252741, les observations s'éloignent en moyenne de 0.252741 du centre de la distribution. Alors que, l'écart type du taux de change USD/MAD est de 0.860956, les observations s'éloignent donc en moyenne de 0.860956 du centre de la distribution.

Enfin les indicateurs de forme sont mesurés par les coefficients suivants : tout d'abord, le coefficient de Skewness du taux de change EUR/MAD est (-0.888971), signifiant ainsi l'asymétrie à gauche de la distribution. Tandis que le coefficient de Skewness du taux de change USD/MAD est 0.631328, montrant ainsi l'asymétrie à droite de la distribution.

Le coefficient de Kurtosis, du taux de change EUR/MAD est de 3.961427. Il est largement supérieur à 3 ce qui explique que notre distribution est dite moins aplatie par rapport à une distribution normale (leptokurtique). La même chose pour le coefficient de Kurtosis du taux de change USD/MAD qui est égal à 3.556039.

D'après la Figure 1 en annexes, l'allure des graphiques met en évidence la non-stationnarité des données puisqu'elle semble présenter une tendance non régulière. L'évolution de la variable étudiée fluctue autour de plusieurs moyennes et une volatilité qui varie dans du temps.

Par ailleurs, dans la figure 2 en annexes, Nous avons étudié les corrélogrammes de la série pour plus de précision. A ce niveau, nous nous sommes intéressés aux fonctions d'autocorrélations ACF et d'autocorrélations partielles PACF dans le but d'en tirer des résultats pouvant nous guider à choisir le bon modèle. Etant donné, qu'il existe des racines unitaires, les processus ne sont pas stationnaires en niveau, ils sont stationnaires intégrés d'ordre 1.

## 2.2. Méthodologie économétrique

Avant d'estimer les paramètres de notre modèle, il s'avère important de présenter brièvement les modèles de famille ARCH linéaires et non linéaires.

Les modèles ARCH (AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity) sont utilisés pour caractériser et modéliser des séries chronologiques. Ces modèles sont souvent appelés les modèles ARCH «Engle, 1982», bien qu'une variété d'autres acronymes sont appliqués à des structures particulières du modèle qui ont une base similaire. Ces derniers sont appliqués couramment dans la modélisation de séries temporelles financières, qui comportent des volatilités.

### 2.2.1. Processus ARCH linéaires :

L'hypothèse fondamentale sous-tendant les processus ARCH linéaires est la symétrie des spécifications quadratiques de la variance conditionnelles des erreurs.

#### ❖ Modèle ARCH Generalised (GARCh(p,q))

Il s'agit d'un modèle ARCH généralisé car, dans ce type des modèles, l'information plus éloignée dans le passé sur la variance conditionnelle des erreurs est prise en compte dans la spécification de celle-ci en y incluant les valeurs des variances décalées. Selon «Bollerslev,1986», le modèle GARCh(p,q) s'écrit :

$$h_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i e_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p b_i h_{t-i}^2 \dots$$

$$\text{Où : } a(L) + b(L) = \sum_{i=1}^q a_i L^i + \sum_{i=1}^p b_i L^i ,$$

$$\text{et } a(1) + b(1) = \sum_{i=1}^q a_i + \sum_{i=1}^p b_i < 1 : \text{conditions de stationnarité.}$$

#### ❖ Modèle GARCh integrated (IGARCh(p,q))

Le modèle GARCH intégré ou IGARCH est une spécification GARCH pour des processus non stationnaires en niveau «Engle et Bollerslev, 1986». L'on suppose donc que

«  $\sum_{i=1}^q a_i + \sum_{i=1}^p b_i > 1$  », tel enseigne qu'un choc sur «  $h_t^2$  » se répercute sur les valeurs de  $h_{t+m}^2$  (m : horizon de prévision) de façon explosive, sans s'estomper dans le temps. Ce phénomène est appelé « persistance ». Il va sans dire que dans le modèle IGARCH, l'effet de persistance dans la variance des erreurs – caractéristiques des processus non stationnaires – est pris en compte. En effet, les variances conditionnelles prévues jusqu'à l'horizon « m » s'expriment comme suit :

$$E(h_{t+m}^2 / I_t) = (a + b)^m h_t^2 + a_0 \left[ \sum_{i=0}^{m-1} (a + b)^i \right] \dots$$

### 2.2.2. Processus ARCH non linéaires

L'hypothèse de base des processus ARCH non linéaires est la prise en compte de l'asymétrie de l'information ou effet de levier dans les spécifications quadratiques de la variance conditionnelle des erreurs.

#### ❖ Modèles Exponential GARCH (EGARCH)

Le modèle GARCH exponentiel, difficile à manier ou à interpréter, est une spécification adaptée au modèle GARCH où «  $a_i$  et  $b_i$  » sont négatifs, levant ainsi les contraintes de non négativité imposées aux paramètres. Ce type des modèles s'expriment comme suit :

$$\log(h_t^2) = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i \left\{ \gamma V_{t-i} + \lambda \left[ |V_{t-i}| + E|V_{t-i}| \right] \right\} + \sum_{i=1}^p b_i \log(h_{t-i}^2) \dots$$

#### ❖ Modèles Threshold (TARCH) et (TGARCH)

La modélisation ARCH ou GARCH à seuils, consiste à intégrer l'effet d'asymétrie dans les spécifications quadratiques de la variance conditionnelle des erreurs, si bien que le signe et l'amplitude d'un choc dans les erreurs décalées soient déterminants quant à ses effets sur la variance conditionnelle au temps t. Le modèle ARCH à seuils (TARCH(q)) s'écrit :

$$h_t^2 = a_0 + a_1 e_{t-1}^2 + \lambda e_{t-1}^2 D_{t-1} \dots$$

$$D_{t-1} = \begin{cases} 1 & \text{si } e_{t-1} \\ 0 & \text{ailleurs} \end{cases} \quad \text{variable dichotomique permettant de capter l'effet de levier ou d'asymétrie.}$$

Le modèle GARCH à seuils (TGARCH(p,q)) s'écrit :

$$h_t^2 = a_0 + \sum_{i=1}^q a_i e_{t-i}^2 + \lambda e_{t-1}^2 D_{t-1} + \sum_{i=1}^p b_i h_{t-i}^2$$

### 3. Résultats et discussions

Cette section est réservée à l'estimation des paramètres du modèle le mieux adapté à cette problématique, ainsi que la discussion des principaux résultats de cette étude.

#### 3.1. Test de stationnarité et sélection du modèle ARMA

**Tableau N°2 : Tests de stationnarité ADF et PP**

Variable	ADF (% 5)		Phillips-Perron (% 5)		Niveau
	Niveau (Intercept)	1ère. Différence (Intercept)	Niveau (Intercept)	1ère. Différence (Intercept)	
EUR/MAD	-2.283346 (-3.410741)	-80.94434 (-3.410741)	-2.170844 (-3.410740)	-82.35412 (-3.410741)	I (1)
USD/MAD	-2.028326 (-3.410740)	-70.88342 (-3.410741)	-2.020045 (-3.410740)	-70.89107 (-3.410741)	I (1)

Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

D'après ce test on constate que les variables des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD sont stationnaire en première différence, autrement dit, ils sont intégrés d'ordre 1.

**Tableau N°3 : Résultats des estimations du modèle ARMA(1,0)**

	EUR/MAD	USD/MAD
Constante (P-value)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)
AR(1) (P-value)	0.79 (0.00)	0.56 (0.00)

Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

Par ailleurs, en se basant sur la sélection automatique des modèles ARMA, nous avons trouvé que ARMA(1,0) est le modèle retenu pour la variation des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD. Ainsi, après avoir sélectionné les modèles ARMA, nous allons estimer dans un premier temps ce modèle retenu, par la suite nous allons sélectionner le modèle adéquat tout en comparant les différents modèles ARMA-GARCH pour capturer l'asymétrie de la volatilité du taux de change.

Dans ce qui suit on va essayer de bien présenter les résultats du test ARCH pour pouvoir vérifier l'effet et l'existence de la volatilité.

**Tableau N°4 : Résultats du test ARCH de Lagrange Multiplicateur**

	EUR/MAD	USD/MAD
F-statistic (Prob. F(1,52))	63.69 (0.00)	11.43 (0.00)
Obs*R-squared (Prob. Chi-Square(1))	47.66 (0.00)	47.81 (0.00)

Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

Comme le témoigne le tableau 4 ci-dessus, les valeurs de probabilité sont égales à 0.00. Ces résultats du test ARCH LM sont jugés significatifs au niveau de 5%. Ces résultats indiquent que l'hypothèse nulle  $H_0$  doit être rejetée, autrement dit, on rejette donc l'hypothèse nulle d'homoscédasticité en faveur de l'alternative d'hétéroscédasticité conditionnelle. Ce qui confirme la présence d'un effet ARCH.

### **3.2. Analyse et comparaisons des modèles de la famille ARCH**

Pour évaluer empiriquement la volatilité des taux de change bilatéraux au Maroc, Nous allons étudier la volatilité du taux de change bilatéraux à l'aide des résultats de critère de sélection AIC des modèles AR(1)-GARCH(1.1) et ses extensions AR(1)-TGARCH(1.1) ; AR(1)-EGARCH(1.1) et AR(1)-IGARCH(1.1).

**Tableau N°5** : Résultats de critère de sélection AIC du modèle GARCH (p,q) optimal des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD

		EUR/MAD	USD/MAD
AR(1)-GARCH(1.1)	Student's-t distribution	-5.097859	-3.642767
	Generalised Error Distribution (GED)	-5.136342	-3.740214
	Johnson's SU (JSU)	-5.128655	-3.720127
AR(1)-TGARCH(1.1)	Student's-t distribution	<b>-5.146347*</b>	-3.651832
	Generalised Error Distribution (GED)	-5.098250	<b>-3.759807*</b>
	Johnson's SU (JSU)	-5.128702	-3.720148
AR(1)-EGARCH(1.1)	Student's-t distribution	-5.094899	-3.649595
	Generalised Error Distribution (GED)	-5.135739	-3.744427
	Johnson's SU (JSU)	-5.127369	-3.724309
AR(1)-IGARCH(1.1)	Student's-t distribution	-5.087083	-3.634924
	Generalised Error Distribution (GED)	-5.128794	-3.737488
	Johnson's SU (JSU)	-5.121270	-3.716572

Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

La comparaison des différents modèles retenus, ci-dessous selon le critère d'information AIC qui ont des valeurs les plus petites, nous conduit à choisir le processus AR(1)-TGARCH(1.1) pour la modélisation et la prévision de la volatilité du taux de change, ce résultat affirme l'existence des effets asymétriques sur la volatilité des taux de change bilatéraux.

Ci-dessous l'estimation des paramètres du modèle retenu.

**Tableau N°6 :** Résultats de l'estimation du AR(1)-TGARCH(1.1) des taux de change bilatéraux

	<b>EUR/MAD</b>	<b>USD/MAD</b>
<b>Variable</b>	Coefficient  (P-value)	Coefficient  (P-value)
<b>AR(1)</b>	0.187055  (0.00)	0.041994  (0.00)
$\omega$	5.09E-06  (0.00)	6.52E-06  (0.00)
$\alpha$	0.041559  (0.00)	0.042615  (0.00)
$\beta$	-0.013973  (0.00)	-0.001726  (0.00)
$\gamma$	0.938602  (0.00)	0.953104  (0.00)

Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

La lecture des paramètres du modèle estimé des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD montre que tous les coefficients de l'équation de la moyenne et celle de la variance sont significativement différents de zéro. De plus ils sont statistiquement significatifs au seuil de 5% et par conséquent, nous pouvons conclure l'existence d'un phénomène d'asymétrie.

D'après la figure 3 en annexes, nous constatons qu'il existe une forte volatilité des taux de changes bilatéraux étudiés.

### 3.3. Comparaison de la précision des prévisions

D'après les résultats obtenus dans le tableau 8 ci-dessous nous constatons que le modèle optimal permettant de prévoir l'évolution futur des taux de change bilatéraux du dirham marocain EUR/MAD et USD/MAD est le modèle asymétrique AR(1) - TGARCH(1.1) tout en se basant sur la distribution Student's-t. De plus, les performances prévisionnelles du modèle estimé permettant la modélisation de la volatilité sont basées sur les calculs de l'erreur quadratique moyenne (EQM), moyenne absolue erreur (MAE), et Theil Inequality (TI). Etant donné que, le modèle choisi a les plus faibles valeurs de RMSE, MAE et TI, et qui sont très proches de 0. Par ailleurs, la figure 4 en annexes représente l'évolution des variables financières étudiées en terme prévisionnel.

**Tableau N°7** : Valeur statistique d'erreur pour la performance de la prévision

		EUR/MAD	USD/MAD
AR(1)- TGARCH(1.1) Modèle optimal	Root Mean Squared Error (RMSE)	0.020713	0.042460
	Mean Absolute Error (MAE)	0.014929	0.030346
	Theil Inequality Coefficient (TI)	0.082949	0.095964

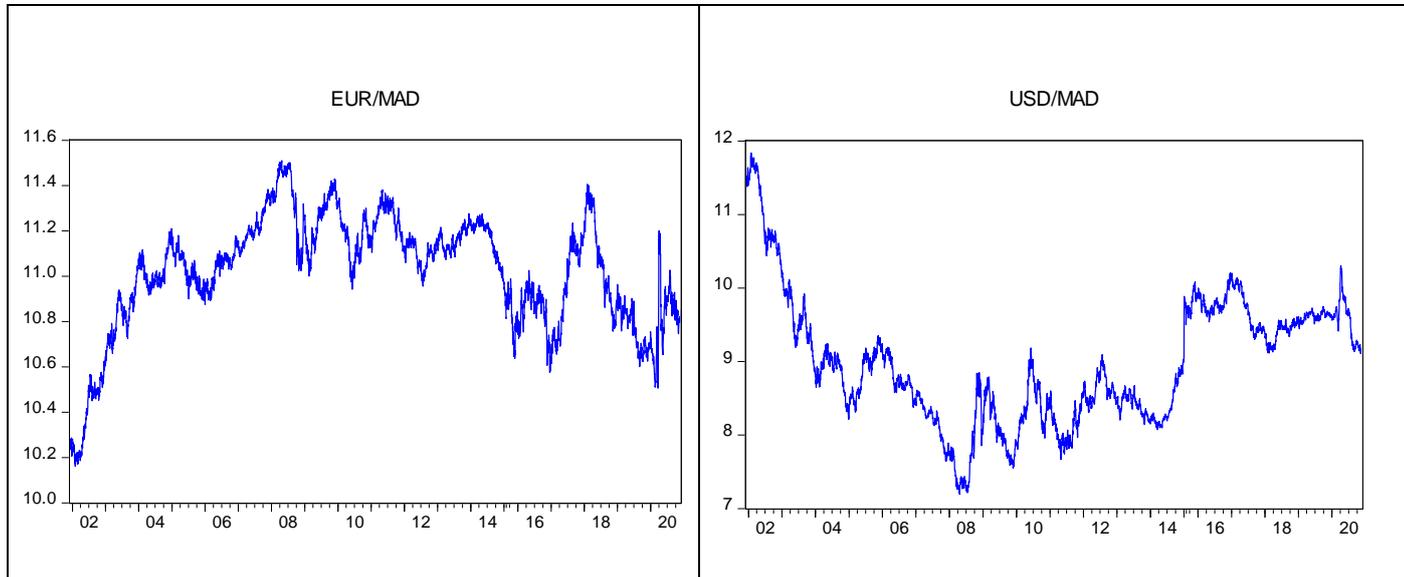
Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

## Conclusion

L'objectif principal de ce papier a été de modéliser la volatilité du taux de change du dirham marocain EUR/MAD et USD/MAD et d'en déterminer le modèle le plus approprié à prévoir la fluctuation du dirham marocain. 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. Par ailleurs, les résultats obtenus nous ont permis de confirmer l'hypothèse nulle qui avance l'idée que les modèles non linéaires asymétriques sont les plus appropriés pour répondre à notre problématique. Ainsi, d'après les critères d'informations AIC et SIC, nous avons choisi le modèle AR(1)-GARCH(1,1), comme étant le modèle asymétrique le plus adéquat pour la modélisation et la prévision de la fluctuation du taux de change du dirham marocain. Parmi les pistes de recherches futures, il est préférable d'étudier les sources d'asymétries de la volatilité du taux de change du dirham marocain, une analyse dans le cadre du nouveau régime de change appliqué actuellement basé sur l'élargissement des bandes de fluctuations.

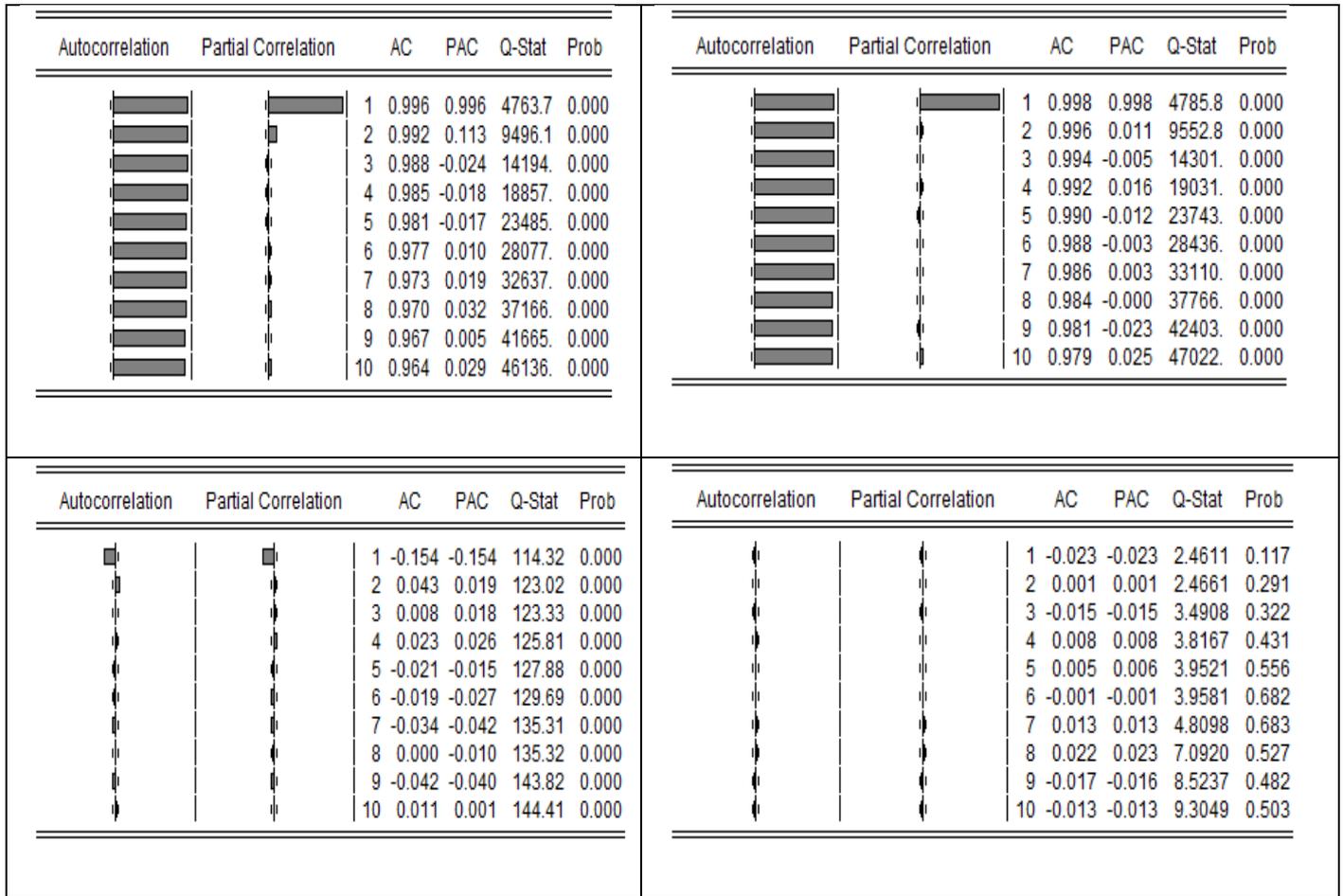
## ANNEXES

**Figure N°1** : Représentation graphique du taux de change EUR/MAD et USD/MAD



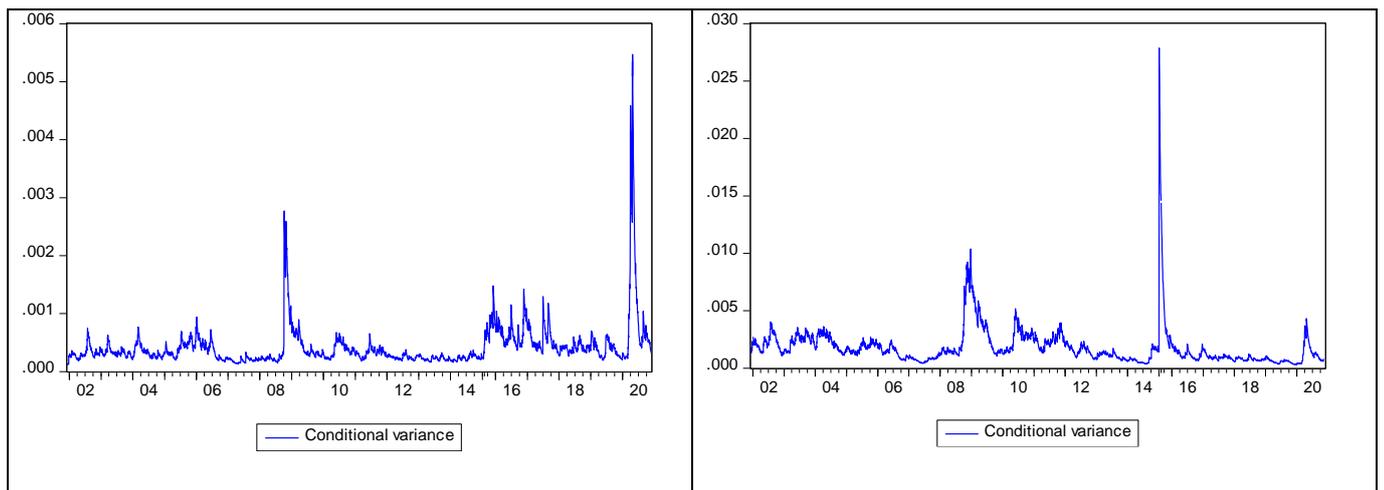
Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

**Figure N°2 : Correlogram des séries statistiques en niveau et en première différence**



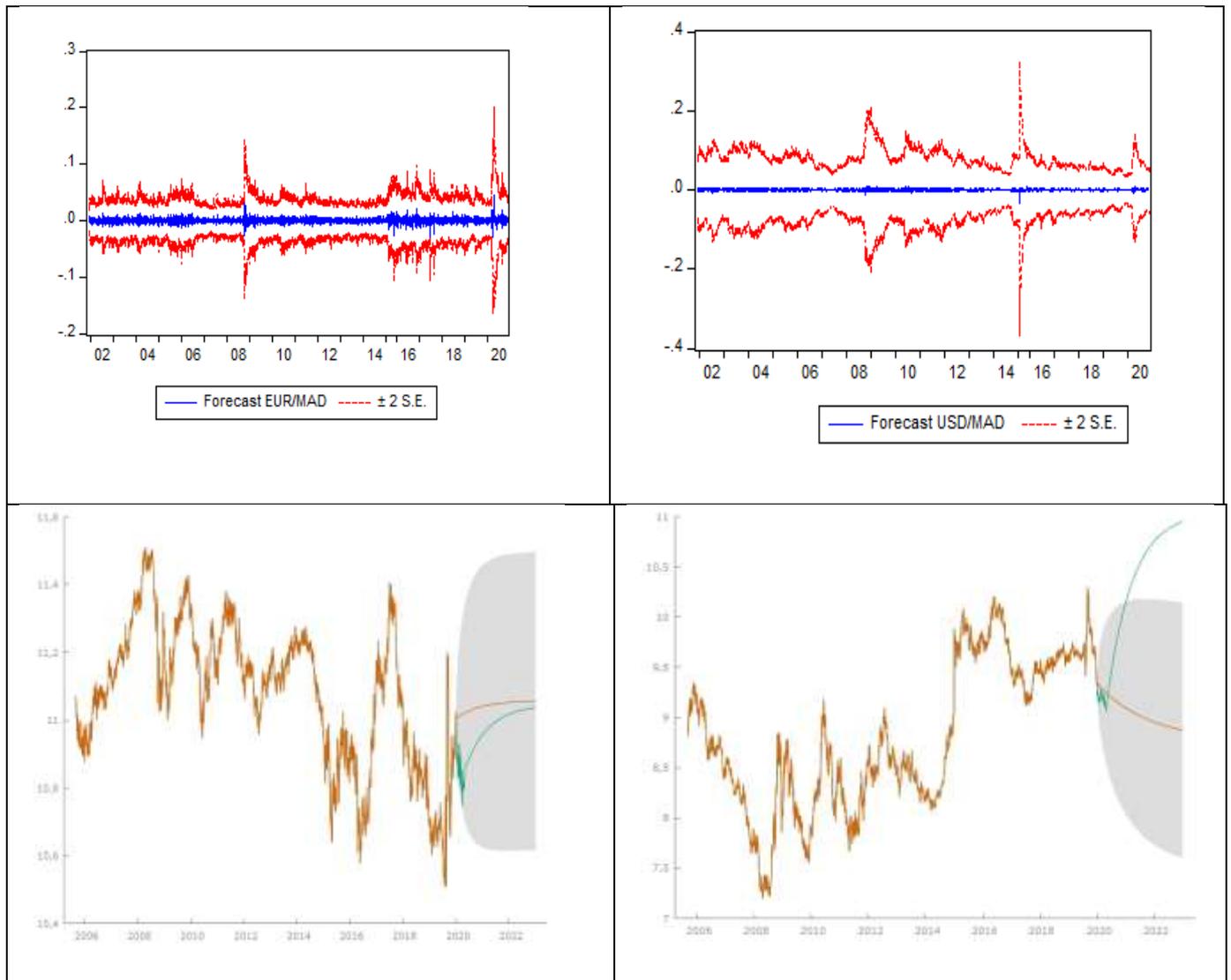
Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

**Figure N°3 : Volatilité des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD**



Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

**Figure N°4 : Prédiction des volatilités des taux de change bilatéraux EUR/MAD et USD/MAD**



Source : Estimations à partir du logiciel EViews 10.

## BIBLIOGRAPHIE

- Alam, Z & Rahman, A. (2012). Modelling Volatility of the BDT / USD Exchange Rate with GARCH Model. *International Journal of Economics and Finance* 4, pp. 193 – 204.
- Abdalla, S (2012). Modelling Exchange Rate Volatility using GARCH Models: Empirical Evidence from Arab Countries. *International Journal of Economics and Finance*, 4(3), 216-229.
- Baillie, R & Bollerslev, T. (1989). The Message in Daily Exchange Rates: A Conditional Variance Tale. *Journal of Business and Economic Statistics*, 7, 297-305.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Bollerslev, T. (1988). On the Correlation Structure for the Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic Process. *Journal of Time Series Analysis*, Vol. 9, pp. 121-131.
- Choi, P & Nam, K. (2008). Asymmetric and leptokurtic distribution for heteroscedastic asset returns: the SU-normal distribution. *Journal of Empirical finance* 15, 41-63.
- Diebold, F.X & Mariano, R.S. (1995). Comparing Predictive Accuracy. *Journal of Business & Economic Statistics*, 13(3), 253-263.
- Djaballah M. (2020). Volatility and Long Memory Modeling of Exchange Rate Case of Algerian Interbank Market. *International Journal of Economics, Finance and Management Sciences*. Vol. 8, No. 4, pp. 128-137.
- Engle, R.F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50(4), 987-1007.
- Engle, R. F & Bollerslev, T. (1988). Modeling the Persistence of Conditional Variance. *Econometric Review*. Vol. 5, pp. 1-50.
- Geweke, J & Porter-Hudak, S. (1983) .The Estimation and Application of Long Memory Time Series Models. *Journal of Time Series Analysis*, Vol. 4, pp. 221-238.
- Hosking, J & R, Granger, C. W. J. (1996). Modeling Volatility Persistence of Speculative Returns: A New Approach. *Journal of Econometrics*, Vol. 73, pp. 185-215.
- Huang, C & Gong, X & Chen, X & Wen, F. (2013). Measuring and forecasting volatility in chinese stock market using HAR-CJ-M model. *Abstract and Applied Analysis*, 2013. 1-13.
- Hansen, P. R. and Lunde, A. (2005). A forecast comparison of volatility models: does anything beat a GARCH(1,1)?. *Journal of Applied Econometrics*, 20, 873889.
- Loudon, G & Watt. W, Yadav, P., (2000). An empirical analysis of alternative parametric ARCH models. *Journal of Applied Econometrics*, 15, 117–36.
- Rahman, S & Mia. S. (2019). Evaluating the Forecast Accuracy of Exchange Rate Volatility in Bangladesh Using ARCH Family of Models. *American Journal of Mathematics and Statistics*, 9(5): 183-190.