



Covid-19: what impact on the return and volatility of the Moroccan stock market?

Covid-19: quel impact sur le rendement et la volatilité du marché marocain des actions cotées?

Nabil SIFOUH¹, Sara BAYOUD²

¹Docteur en sciences économiques et de gestion, Université Mohammed V de Rabat

²Docteur en sciences économiques et de gestion, Université Mohammed V de Rabat

Abstract: *The object of this research is to examine whether during a period of generalized confinement, the stock market return had a relationship with the evolution of the pandemic situation of Covid-19 in Morocco, and if the volatility of the return of the benchmark index of the Casablanca Stock Exchange was affected by the health crisis. Our investigation comprises two empirical tests, in the first test, we carried out a Granger causality test supplemented by a VAR (vector autoregressive) modeling between the daily return of the MASI (Moroccan All Shares Index) and the evolution of the daily rate of new cases of the Coronavirus for a confinement period. In the second test, and over a period from January 2, 2019 to June 22, 2020, we carried out a modeling of the conditional volatility of the stock return to test whether the volatility was impacted by the health crisis. Our results support a causal link between stock market performance and the development of a pandemic situation on the one hand, and a positive effect between disease information and stock market performance volatility on the other hand.*

Key Words: Covid-19; Stock return; Volatility.

Résumé : *L'objet de cette recherche est d'examiner si en période de confinement généralisé, le rendement boursier avait une relation avec l'évolution de la situation pandémique du Covid-19 au Maroc, et si la volatilité du rendement de l'indice de référence de la bourse des valeurs de Casablanca a été impactée par la crise sanitaire. Notre investigation comporte deux tests empiriques, dans le premier test, nous avons mené un test de causalité de Granger complété par une modélisation VAR (vecteur autorégressif) entre le rendement journalier du MASI (Moroccan All Shares Index) et l'évolution du taux quotidien des nouveaux cas du Coronavirus pour une période couvrant la durée du confinement. Dans le deuxième test, et sur une période allant du 2 janvier 2019 au 22 juin 2020, nous avons réalisé une modélisation de la volatilité conditionnelle du rendement boursier pour tester si la volatilité a été impactée par la crise sanitaire. Nos résultats sont en faveur d'un lien de causalité entre le rendement boursier et l'évolution de la situation pandémique d'une part, et d'un effet positif entre l'information sur la maladie et la volatilité du rendement du marché boursier d'autre part.*

Mot clefs: Covid-19 ; rendement boursier ; volatilité.

1. INTRODUCTION

Suite à la pandémie du covid-19, des pays ont choisi de fermer leurs frontières et de suspendre leurs secteurs d'activités afin de contenir le virus. Cette décision a créé des perturbations au niveau des différents secteurs, notamment, les secteurs de transport, de l'import et de l'export et bien évidemment le secteur du tourisme. L'onde de choc a atteint également les marchés financiers. Au niveau international, les cours des principaux indices mondiaux ont enregistré une forte baisse entre le 21 février et le 11 mars¹. Au Maroc, dès l'enregistrement des premiers cas de Covid-19, et en raison des phénomènes de contagion des marchés financiers, la Bourse des Valeurs de Casablanca (BVC) a vécu le même scénario à partir du mois de mars. L'indice du marché des actions MASI (*Moroccan All Shares index*) a enregistré une performance YTD² à -23% au 3 avril 2020³. Par ailleurs, à partir du mois de mai, il y a eu une reprise des performances globales suite à une correction à la hausse au cours du mois de mai 2020⁴.

En réponse à la question sur la relation entre la pandémie du Covid-19 et la volatilité des rendements boursiers, des études récentes ont examiné l'impact du nouveau coronavirus sur l'évolution des prix des actifs financiers, et de la volatilité des principaux indices boursiers mondiaux, notamment, ceux du marché américain. Dans son étude, Yousef (2020) a analysé la volatilité des indices Nasdaq, Dow Jones et S&P 500 en fonction du nombre et du taux de croissance quotidiens des cas de coronavirus, d'abord, sur l'écart type du rendement journalier de ces indices, ensuite, en étudiant l'impact sur la volatilité conditionnelle du rendement boursier en recourant aux modèles de la famille GARCH. La conclusion principale de cette recherche est en faveur d'un effet significatif du covid-19 sur la volatilité expliquant les fortes variations enregistrées durant les mois de mars-avril des principaux indices américains. Selon la même étude, l'introduction du coronavirus comme variable dichotomique montre que l'ampleur des fluctuations des cours a dépassé celle enregistrée pendant la crise des subprimes des années 2007-2008.

Dans une autre étude, Onali (2020) examine l'impact des nouveaux cas de covid-19 et du nombre de cas de décès dans six pays ayant enregistré plus de 1000 morts au 31 mars 2020 sur le rendement des indices américains Dow Jones et S&P500. Basées sur un modèle GARCH(1,1) les conclusions de cette recherche ne confirment pas le lien entre le nombre de cas contaminés et de décès déclarés par les pays majoritairement impactés par la pandémie (France, Italie, Espagne, Etats-Unis, Royaume-Uni, Chine) sur le rendement des indices américains à l'exception de la Chine dont on relève des évidences sur un impact positif sur la volatilité et le rendement des indices en question. On

peut constater, d'après ces conclusions, que l'onde de choc sanitaire a eu un impact sur la volatilité qui semble être plus prononcée après la phase de l'épidémie déclenchée au début dans la région de Wuhan en Chine. Ceci implique, très probablement, qu'il y a eu une rupture de confiance accompagnée d'une crise de panique généralisée plutôt qu'une conséquence directe de l'arrêt des activités économiques sur la dynamique des marchés financiers.

L'objet de ce papier est d'examiner si en période de confinement généralisé appliqué par les autorités marocaines comme mesure sanitaire prise pour lutter contre la propagation de la pandémie, la volatilité du rendement de l'indice de référence de la BVC a été significativement impactée par l'évolution de la situation pandémique. Autrement, nous testerons à travers un test économétrique approprié si les fluctuations des rendements journaliers du MASI (*Moroccan All Shares Index*) étaient principalement reliées à l'évolution quotidienne des cas déclarés positifs au covid-19.

2. METHODOLOGIE

La théorie financière standard fondée sur les hypothèses d'efficience informationnelle des marchés financiers (Fama, 1970), et d'anticipations rationnelles, stipule que les prix des actifs financiers reflètent entièrement l'information disponible. L'ensemble de ces informations faisant référence aux fondamentaux économiques, lorsqu'elles sont prises en compte dans toute stratégie de valorisation boursière, suppose que la volatilité des rendements boursiers suit celle des grandeurs macroéconomiques comme le chômage, l'inflation et la croissance du produit intérieur brut (PIB) par exemple. Partant de ce postulat, si le choix d'une stratégie de confinement généralisé a provoqué un ralentissement de l'activité économique dans un contexte d'incertitude sur la durée de la pandémie, l'esprit de l'analyse fondamentale qui découle de la rationalité fondamentaliste, impose un ralentissement des activités de marché. Autrement, on devrait s'attendre à une baisse continue des rendements boursiers, et une baisse de la volatilité en réponse à la baisse de la liquidité du marché sous l'hypothèse d'un ralentissement de la dynamique des échanges de titres.

L'objet de cette étude est d'analyser le rendement et la volatilité du marché boursier marocain, avant et pendant la période de confinement, dans la perspective d'examiner si dans un contexte d'arrêt des activités réelles, les fluctuations des cours boursiers seraient d'une ampleur moins importante qu'en situation normale du marché.

2.1 Période, données et variables de l'étude

¹Une bulle spéculative est définie comme un écart important entre le prix d'un actif financier et sa valeur fondamentale obtenu par un modèle mathématique de référence (pour les actions cette valeur correspond à la valeur actuelle des dividendes futurs anticipés).

²Performance YTD ou performance « year-to-date » est une expression en anglais qui désigne la performance (rentabilité) d'un investissement (actif financier, indice boursier ...) depuis le premier jour de l'année en cours

³Uplineresearch « Principales retombées de la Covid-19 et marché boursier marocain » (avril 2020).

⁴Direction des études et des prévisions financières, Note de conjoncture, N°280 juin 2020, p. 37

La période globale de cette étude s'étale du 2 janvier 2019 au 22 juin 2020, cette période couvre la durée du confinement généralisé (appliqué depuis le 20 mars 2020) et prend fin avec le début de l'accélération des mesures autorisant de manière progressive des activités économiques, culturelles et commerciales. Le choix de cette période permet de savoir s'il existe une relation étroite entre l'évolution de la situation pandémique au Maroc et la volatilité du rendement boursier, sachant qu'intuitivement, l'arrêt des activités économiques écarte toute stratégie d'échange axée sur les fondamentaux dans un contexte d'incertitude sur la durée du confinement. Par ailleurs, pour l'étude du lien qui pourrait exister entre le rendement boursier et l'évolution de la situation pandémique au Maroc, une première investigation empirique considère uniquement la période couvrant la phase de confinement généralisé.

Les données de l'étude comportent les valeurs quotidiennes de l'indice MASI extraites du site de la BVC, ainsi que des données relatives à l'évolution des nombres de cas déclarés positifs au Covid-19 collectées du site web <https://ourworldindata.org/>.

Les variables de l'étude concernent le rendement quotidien du MASI noté $Rmasi_t$ calculé comme suit :

$Rmasi_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$; avec P_{t-1} et P_t respectivement les valeurs quotidiennes de clôture de l'indice MASI en t-1 et t.

Et le taux quotidien d'évolution des nouveaux cas contaminés par le coronavirus, noté $Tcovid_t$ qu'on mesure ainsi:

$Tcovid_t = \ln\left(\frac{N_t}{N_{t-1}}\right)$; avec N_{t-1} et N_t respectivement le nombre quotidien de nouveaux cas déclarés positif au Covid-19 les dates t-1 et t.

2.2 Protocole empirique de recherche

Nous cherchons, tout d'abord, à savoir si nous pouvons mettre en évidence une relation causale entre l'évolution passée du coronavirus décalée d'un nombre de jours t-i, et le rendement courant à l'instant t de l'indice MASI. Ceci implique le recours à un test de causalité dont nous proposons le test de Granger (1969). La notion de causalité a été introduite pour étudier si la connaissance du passé d'une variable X pour un nombre de retards P améliore à court terme la prédictibilité d'une variable Y. Ainsi, la représentation VAR(p) (vecteur autorégressif) permet de conduire le test à l'aide d'une statistique classique de Fisher de nullité des coefficients. En ce qui concerne la causalité entre $Tcovid_t$ et $Rmasi_t$ la démarche consiste à estimer les deux équations :

$$RMASI_t = \alpha_{11} + \sum_{i=1}^p \beta_{11} RMASI_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{12} Tcovid_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$Tcovid_t = \alpha_{21} + \sum_{i=1}^p \beta_{21} Tcovid_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{22} RMASI_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

Ce qui donne sens à ce test est la significativité statistique des coefficients de la relation (1). Autrement, nous vérifions l'hypothèse nulle du test selon laquelle $Tcovid$ ne cause pas au sens de Granger $Rmasi$. En revanche, une relation causale entre le rendement du MASI et le taux de variation du nombre de contamination au covid-19 n'a pas de sens et ne serait pas interprétable quel que soit le résultat.

Sous l'hypothèse d'une causalité allant de $Tcovid$ au rendement de l'indice MASI, nous estimerons pour un nombre de décalages optimal l'équation (1) où le rendement du MASI peut être estimé en fonction de ces propres valeurs décalées et des valeurs décalées du taux quotidien d'évolution des cas de covid-19.

Partant de l'hypothèse selon laquelle le début de la crise sanitaire a eu un effet sur l'ampleur des fluctuations des rendements boursiers, nous considérons la période allant du 2 janvier 2019 au 22 juin 2020 pour mener une modélisation de la volatilité du rendement en introduisant l'information sur le covid-19. Pour ce faire, les travaux de recherche ont montré l'importance de recourir aux modèles **Autorégressifs Conditionnellement Hétéroscédastiques** (ARCH) introduits par Engel (1982) et généralisés ensuite par Bollerslev (1986) en donnant naissance aux modèles de la famille GARCH (*Generalised Autoregressive Conditional Heteroscedastic*).

Ces modèles ont été introduits dans le contexte du débat sur la linéarité (ou non) des processus stochastiques, notamment des séries des cours boursiers. En réponse aux critiques des modèles linéaires, les modèles de la famille ARCH/GARCH prennent en considération le caractère non-gaussien des distributions, en particulier la nature épaisse des queues des distributions des rendements boursiers (effet leptokurtique).

Selon la représentation de la variance conditionnelle de Bollerslev (1986), la spécification GARCH (p,q) est donnée par :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (3)$$

Dans cette spécification, en fonction des carrés des erreurs passées (ε_{t-i}^2) issues d'un modèle de régression général ou de type ARMA⁵ (*Autoregressive moving average model*), et des variances décalées (σ_{t-i}^2), les coefficients α_0 , α_i , et β_i permettent une représentation de la variance des erreurs (conditionnellement à l'information passée).

Avec le développement de l'outil économétrique, les modèles GARCH ont donné lieu à l'élaboration de nouvelles spécifications appartenant à cette même famille, mais qui prennent en considération certaines caractéristiques, et plus particulièrement, l'effet asymétrique des innovations positives et négatives sur la variance conditionnelle. Parmi ces modèles, le modèle Exponentiel GARCH (EGARCH) se présente comme l'une des alternatives au modèle général qui ne met pas de restriction sur les paramètres. Le terme « exponentiel » fait référence à un effet de levier lorsqu'il

⁵Les modèles de type ARMA ou modèle de *Box-Jenkins* combinent deux processus, une partie autorégressive noté AR, et un processus moyenne mobile noté MA.

existe une corrélation négative entre les rendements actuels et la volatilité future. En effet, selon Racicot et Théoret (2001), il en résulte un effet de levier pour l'entreprise émettrice de l'action se manifestant par une augmentation du ratio des dettes rapportées aux actifs ce qui rend l'entreprise plus risquée, et donc plus volatile.

Le modèle EGARCH (p,q) de Nelson (1991) se présente comme suit :

$$\ln \sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \ln(\sigma_{t-i}^2) + \sum_{j=1}^q \alpha_j g(z_{t-j}) \quad (4)$$

Avec

$$g(z_t) = \theta z_t + \gamma [|z_t| - E|z_t|] \text{et} z_t = \varepsilon_t / \sqrt{\sigma_t^2}; \text{ Notant aussi que } E|z_t| = \sqrt{2/\pi} \text{ lorsque } z_t \sim N(0,1).$$

Selon Nelson et Cao(1992), pour le modèle EGARCH, il n'existe pas de contrainte de non-négativité des paramètres, et la variance conditionnelle est une fonction asymétrique des erreurs retardées. Ainsi, la volatilité est positive et stationnaire si la contrainte $\beta_1 < 1$ est vérifiée (Avouyi-Dovi and Jondeau, 1999).

La démarche économétrique dans cette étude sera complétée par une modélisation de la volatilité conditionnelle par un modèle GARCH (1,1). Le choix de la spécification GARCH (1,1) s'inspire, d'une part, des études récentes sur l'impact du covid-19, et d'autre part, d'études antérieures menées en contexte marocain. En effet, parmi ces travaux, l'étude de Falloul et Mansouri (2014) qui ont montré la pertinence de la spécification GARCH (1,1) par rapport aux modèles de type ARMA dans leur modélisation de la volatilité du marché boursier marocain.

Pour examiner si la pandémie du coronavirus a eu son impact sur la volatilité boursière, nous introduisons une variable dichotomique (**Dummy variable**) noté **Dcovid** qui prend la valeur 1 après la déclaration du premier cas de covid-19, et la valeur 0 avant cette période. Une modélisation de la volatilité conditionnelle du rendement de l'indice Masi constitue donc la deuxième partie dans cette étude dans l'objectif d'examiner l'ampleur des fluctuations boursières après le début de la crise sanitaire.

Nous estimons respectivement les deux modèles GARCH(1,1), et EGARCH(1,1) comme suit :

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \delta Dcovid_t \quad (5)$$

$$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \beta_1 \ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha_1 \left[\frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{2/\pi} \right] + \delta Dcovid_t \quad (6)$$

(6)

Dans le modèle GARCH(1,1), la positivité de la variance est assurée sous la contrainte de positivité des paramètres. En outre la variance non-conditionnelle des résidus est finie sous la condition $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ (Rzepkowski,2001). Selon la représentation GARCH, l'effet symétrique est assuré, les chocs positifs et négatifs sont supposés avoir le même effet sur la variance conditionnelle sous l'hypothèse d'un ralentissement géométrique des fortes oscillations, suite à un choc, dans le temps.

En revanche, le modèle EGARCH (1,1) ne met pas de contrainte sur les paramètres. De même, la variance non-conditionnelle des résidus est garantie si $\beta_1 < 1$ ce qui constitue l'un des avantages du modèle par rapport au modèle général. Par ailleurs, la principale raison justifiant une modélisation de la volatilité conditionnelle par ce type de spécification, réside essentiellement dans le résultat qu'on pourrait obtenir quant à l'impact des chocs positifs et négatifs comme réponse asymétrique de la variance conditionnelle au comportement des résidus passés. Cet effet asymétrique est déterminé par le coefficient γ pour lequel les chocs agissent plus sur la volatilité lorsqu'ils sont négatifs.

3. EVOLUTION DU RENDEMENT BOURSIER ET DES NOUVEAUX CAS DE COVID-19

Une première observation de la série des cours de l'indice MASI montre un début de l'année 2020 sur de belles performances globales reflétant le climat de confiance favorable qui a marqué la fin de l'année 2019. En effet, l'indice de marché a atteint 12633,57 points enregistrant une performance YTD à 4,22% depuis le 2 janvier 2020. Pendant le mois de février, alors que les bourses mondiales commencent a encaisser les effets négatifs d'une rupture de confiance en réponse à l'onde de choc sanitaire, le MASI reste relativement stable avec un léger recul par rapport au mois de janvier (figure 1). Dès l'annonce des premiers cas dépistés positif au covid-19, le MASI enregistre une chute significative de sa performance pour s'établir à 8987 points le 18 mars ce qui représente une rentabilité YTD à -29,82%. Sur toute la période allant du 2 janvier au 22 juin, malgré une légère reprise d'une tendance haussière courant avril, le MASI enregistre un recul de 15,34% par rapport au début de l'année.



Figure 1 : Evolution journalière du MASI entre 2 janvier et 22 juin 2020

Source : auteurs, base de données

Pour le rendement journalier de l'indice MASI, la figure 2 montre le caractère turbulent et l'intensité de la volatilité. En effet, une mesure statique de la volatilité du rendement journalier a fait ressortir un écart-type de 2,08% après le début de la pandémie au Maroc, contre 0,73% entre le 2 janvier et la date d'enregistrement du premier cas de covid-

19, et un écart type de 1,74% pour la période totale ce qui reste en faveur d'une forte variabilité des prix constatée le début de la crise sanitaire.

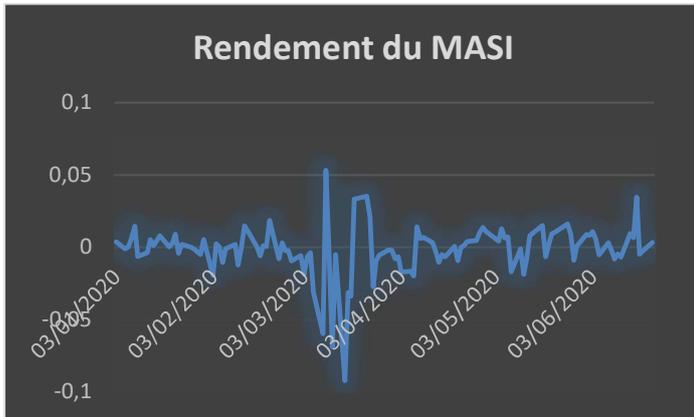


Figure 2 : Evolution du rendement journalier du MASI entre 2 janvier et 22 juin 2020

Source : auteurs, base de données

La forte volatilité enregistrée à partir du mois de mars s'est coïncidé avec l'évolution soutenue des nouveaux cas de covid-19. Plus encore, et comme le montre la figure 3, la courbe représentative de l'évolution quotidienne des nouveaux cas du coronavirus, montre le caractère fluctuant et une évolution en dents de scie. En effet, la moyenne journalière des cas déclarés positifs à la maladie durant la période de confinement est proche de 100 cas avec des hauts et des bas, et une dispersion relativement faible dans l'ensemble. Cette situation a été maintenue jusqu'au 20 juin date d'enregistrement de plus de 500 cas en un seul jour marquant le début d'une deuxième phase d'évolution exponentielle de la pandémie.

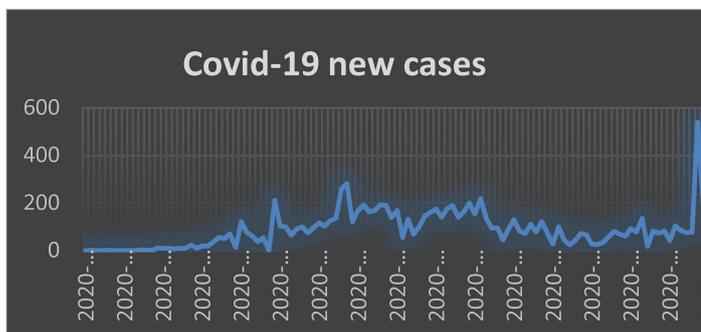


Figure 3 : Evolution journalière du cas positifs au covid-19 entre mars

Source : auteurs, base de données

4. LA RELATION ENTRE LE RENDEMENT BOURSIER ET L'EVOLUTION DE LA PANDEMIE DU COVID-19

Comme indiqué au tableau 1, le rendement journalier de l'indice MASI affiche une valeur moyenne négative pour la période couvrant la durée de confinement et une volatilité

élevée selon avec un écart-type à 0,014. Les autres indicateurs regroupent les statistiques d'appréciation de la nature de la distribution de la série à savoir, l'aplatissement, l'asymétrie et la normalité. La statistique Kurtosis indique une valeur de 18,09 ce qui implique que la courbe de la distribution de densité est plus pointue que celle de la loi normale, la statistique Skewness est négative (-2,28) indiquant une distribution asymétrique, elle est décalée à droite avec une queue étalée vers la gauche. S'agissant de la statistique de Jarque-Bera, une p-value du test inférieur à 1% (probabilité= 0,0000) rejette l'hypothèse nulle de normalité.

Tableau 1 : Statistiques descriptives des variables de l'étude

	Tcovid	Rmasi
Mean	0.039920	-0.000179
Median	0.005291	0.000000
Maximum	2.397895	0.035191
Minimum	-	-0.092317
Std. Dev.	0.683699	0.014572
Skewness	0.540768	-2.281667
Kurtosis	5.404341	18.09190
Jarque-Bera	29.53996	1056.505
Probability	0.000000	0.000000
Observations	102	102

Pour le taux quotidien d'évolution des nouveaux cas positifs au covid-19, ce dernier enregistre une moyenne de 3,99%, un écart-type élevé (0,68) et des valeurs extrêmes nettement très éloignées de la moyenne, et bien évidemment une distribution qui s'écarte des caractéristiques de la loi normale selon les trois indicateurs Kurtosis, Skewnes et Jarque-Bera (tableau 1).

4.1 Étude de causalité

Une première étape consiste à tester la stationnarité des deux séries en question. Une méthode formelle du test de stationnarité est le test ADF de Dikey et Fuller augmenté (1981). Le tableau 2 montre que les séries du rendement quotidien Rmasi et du taux quotidien des cas de covid-19 Tcovid sont stationnaires au seuil de 1%.

Tableau 2 : Test de stationnarité ADF des variables Tcovid et Rmasi

Null Hypothesis	Modèle	t-Statistic	Prob.
	Tendance et constante	-7.6883***	0.0000
Rmasi has a unit root	Constante	-7.4892***	0.0000
	Sans tendance ni constante	-7.5269***	0.0000
	Sans tendance ni constante	-9.7761***	0.0000
Tcovid has a unit root	Constante	-9.6249***	0.0000
	Sans tendance ni constante	-9.4366***	0.0000

Pour examiner s'il existe une relation causale entre les deux variables, le test de Granger (tableau 3) permet de mettre en évidence un sens de causalité allant du taux quotidien **Tcovid** au rendement boursier quotidien **Rmasi** pour un nombre de décalage égal à 3⁶. Autrement, l'information concernant les nouvelles déclarations sur la maladie selon le bilan quotidien du Ministère de la Santé marocain, exercent un effet sur la rentabilité de l'indice MASI après jusqu'au troisième jour après la date d'annonce.

Table 3 : Test de causalité de Granger entre **Rmasi** et **Tcovid**

Null Hypothesis:	F-Statistic	Prob.
TCOVID does not Granger Cause RMASI	8.80***	0.0003
RMASI does not Granger Cause TCOVID	0.12	0.8847

Au seuil de 1%, selon la valeur de la probabilité (0,0003) associée à la statistique *F-Statistic*, l'hypothèse nulle selon laquelle il n'existe pas de causalité allant de **Tcovid** vers **Rmasi** est rejetée, d'où, nous retenons son alternative stipulant que l'information passée sur la maladie améliore au sens de Granger la prédictibilité du rendement boursier.

4.2 Modélisation vecteur autorégressive VAR

Selon la spécification du modèle VAR dans l'équation (1), l'objectif est de savoir si le rendement boursier a été impacté, selon les valeurs de la statistique *t* de *student*, par sa propre valeur décalée d'un jour, et par les valeurs décalées, jusqu'au troisième jour, du taux d'évolution des nouveaux cas contaminés de covid-19 (tableau 4).

Tableau 4 : Estimation VAR entre Rmasi et Tcovid

Vector Autoregression Estimates; Date: 08/10/20 Time: 21:05; Sample (adjusted): 4 102; Included observations: 99 after adjustments; Standard errors in () & t-statistics in []		
	Rmasi	Tcovid
Rmasi(-1)	0.228692** (0.10488) [2.18050]	-4.300973 (4.32816) [-0.99372]
Rmasi(-2)	0.008539 (0.10006) [0.08535]	0.040043 (4.12903) [0.00970]
Rmasi(-3)	-0.126952 (0.09527) [-1.33257]	3.317956 (3.93149) [0.84394]
Tcovid(-1)	-0.007958*** (0.00229) [-3.48054]	-0.594978 (0.09436) [-6.30544]
Tcovid(-2)	-0.007438** (0.00274) [-2.71767]	-0.363589 (0.11295) [-3.21908]
Tcovid(-3)	0.000942 (0.00256) [0.36832]	-0.321170 (0.10555) [-3.04274]
Constante	0.000743 (0.00137) [0.54386]	0.093128 (0.05638) [1.65180]
<i>R-squared</i>	0.245789	0.317974
<i>Adj. R-squared</i>	0.196601	0.273494
<i>F-statistic</i>	4.996959	7.148687
<i>Akaike AIC</i>	-5.741325	1.698827
<i>Schwarz SC</i>	-5.557832	1.882320

Le signe négatif associé aux variables **Tcovid (-1)** et **Tcovid (-2)** montre la nature de la relation causale mise en évidence par le test de Granger. En effet, il existe un impact négatif à court terme sur le rendement boursier en tenant compte de l'évolution de la situation pandémique. Selon les valeurs associées aux coefficients, le taux quotidien de nouveaux cas dépistés le jour *j*, exerce un effet au seuil de 1% sur le rendement du MASI à *j+1*, et au seuil de 5% à *j+2*.

4.3 Impact du covid-19 sur la volatilité du rendement boursier

Tout d'abord, le graphique qu'illustre l'évolution du rendement journalier pour la période considérée montre l'ampleur des fluctuations durant les mois de mars, avril de l'année 2020 avec le début de la crise sanitaire au Maroc (figure 4). S'agissant de quelques caractéristiques de la

⁶Pour déterminer le nombre optimal de décalage, nous avons retenu les critères d'information d'Akaike AIC (1974) et de Schwarz (1978).

série du rendement, le MASI a enregistré une rentabilité moyenne négative pour toute la période à -0.02% autour de laquelle oscillent les valeurs de la série. Par ailleurs, les valeurs des statistiques d'asymétrie et d'aplatissement (Skewnes et Kurtosis) sont en défaveur d'une distribution normale. En effet, une Kurtosis élevée (26.19) indique le cratère pointu de la distribution, on dit qu'elle est **leptokurtique**. Le caractère non-gaussien de la série est confirmé par la statistique de Jarque-Bera qui rejette l'hypothèse nulle de normalité (p-value=0.00).

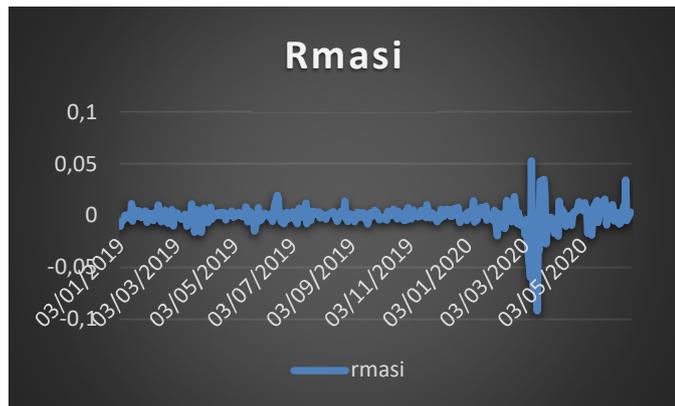


Figure 4 : Evolution du rendement journalier du MASI entre 2 janvier 2019 et 22 juin 2020

Source : auteurs, base de données

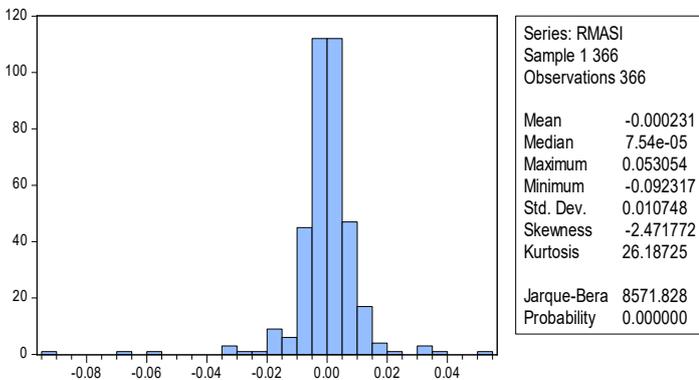


Figure 5 : Caractéristiques du rendement boursier entre janvier 2019 et juin 2020

Avant d'exposer les résultats de la modélisation de la volatilité conditionnelle en introduisant l'information sur le covid-19, nous présentons notre estimation d'un modèle général de type ARMA selon la procédure de Box et Jenkins (1976) qui impose une étude de la stationnarité suivie d'une identification du nombre de retard à retenir pour le processus autorégressif. Le corrélogramme des fonctions d'autocorrélation FAC et d'autocorrélation partielle PAC (figure 6), montrent préalablement la nature stationnaire de la série d'une part, et un processus ARMA (1,1) d'autre part. Cependant, de manière formelle, nous avons effectué le test ADF qui confirme cette stationnarité au seuil de 1%.

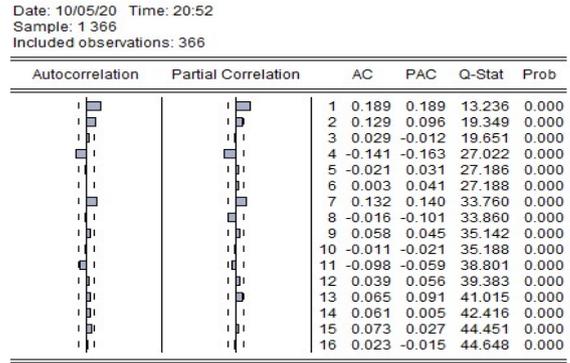


Figure 6 : Corrélogramme des fonctions FAC et PAC du rendement

H0	Modèles	t-statistic	Prob
Rmasi has a unit root	Tendance et constante	-15.7361***	0.0000
	Constante	-15.7464***	0.0000
	Sans tendance ni constante	-15.7639***	0.0000

*** indique un seuil de significativité de 1%.

Tableau 5 : Test de stationnarité ADF du Rmasi (entre janvier 2019 et juin 2020)

En estimant par la méthode des moindres carrés ordinaire MCO, les paramètres AR et MA avec un retard optimal de 1, nous proposons les trois modèles candidats dont nous choisissons celui qui minimise les critères d'information d'Akaike (AIC) et de Schwarz (SIC). Selon les résultats de l'estimation des trois modèles, AR (1), MA (1) et ARMA (1,1), le modèle AR (1) minimise le critère d'information de Schwarz (-6.235) contre une valeur de -6.256 pour l'autre critère AIC. Le modèle ARMA (1,1) minimise l'autre critère AIC (-6.257) mais maximise le critère de Schwarz. Il serait donc plus logique de retenir la spécification AR (1) comparativement aux modèles, MA (1) étant éliminé selon les deux critères en question et le modèle ARMA (1,1) maximisant le critère Schwarz.

Tableau 6 : Estimation des modèles candidats AR (1), MA (1) et ARMA (1,1)

Modèle candidat	Constante	Coefficient AR(1)	Coefficient MA(1)	AIC	Schwarz	F-Statistic ARCH-test
Modèle AR(1)	-0.000194 (-0.2845) (0.7761)	0.1894*** (0.680258) (0.0003)		-6.254	-6.235	85.9809 0.0000
Modèle MA(1)	-0.0002 (-0.3632) (0.7167)		0.158*** (3.0597) (0.0024)	-6.250	-6.228	80.9761 0.0000
Modèle ARMA(1,1)	-0.0001 (-0.2367) (0.8130)	0.4519** 2.1012 0.0363	-0.267 (-1.1500) (0.2509)	-6.257	-6.224	91.2030 0.0000

** , *** indiquent un seuil de significativité de 5% et 1% ; les valeurs entre parenthèses indiquent les valeurs de t-statistic et des p-value

Par ailleurs, pour les trois modèles candidats appartenant à la famille des estimations linéaires autorégressives, le test ARCH d'hétéroscédasticité rejette son hypothèse nulle d'absence d'effet ARCH suivant la valeur de la statistique F de Fisher (p-value=0.0000 pour les trois modèles) ce qui rend légitime une tentative de modélisation du rendement du MASI par un modèle de la famille ARCH.

En introduisant l'information sur le coronavirus, les tableaux 7 et 8 indiquent les paramètres des modèles estimés selon les deux spécifications (5) et (6) présentées au niveau de la méthodologie. Dans la première spécification AR(1)-GARCH(1,1), les paramètres α_0 , α_1 et β_1 sont positifs et statistiquement significatifs au seuil de 1%. Si α_1 indique l'ampleur d'un choc de rendement (représenté par le résidu décalé issu de l'équation de la moyenne) sur la volatilité, le coefficient β_1 s'interprète en termes de persistance cette volatilité. Ainsi, la condition $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ est vérifiée ce qui implique la stationnarité du processus qu'on interprète comme une tendance de la volatilité à retourner vers sa moyenne. Par ailleurs, ce qui nous intéresse, dans le cadre de cette recherche, est plutôt la significativité du paramètre δ indiquant la relation positive et significative (au seuil de 1%) entre la volatilité du rendement boursier et l'information sur la covid-19.

Tableau 7 : Estimation du modèle AR(1)-GARCH(1,1) (1)

	coefficient	z-statistic	Prob
Equation de la moyenne			
Constante	0.000307	0.891128	0.3729
AR(1)	0.137084**	2.105581	0.0352

Equation de la variance			
$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \delta Dcovid_t$			
α_0	5.80E-06***	3.726597	0.0002
α_1	0.230187***	4.687595	0.0000
β_1	0.611962***	10.01359	0.0000
δ	2.59E-05***	3.231185	0.0012
AIC	-7.145382		
Q-stat (16)	18.616		0.232
Q-stat ² (16)	25.814		0.057
F-stat/ARCH Effect	1,363		0.6729
Jarque-Bera	43.5283		0.0000

*** indique une significativité à 1% ; Q-stat, Q-stat² correspondent à la statistique de Ljung-Box pour les corrélogrammes des résidus et des carrés des résidus issus de l'estimation.

L'estimation du modèle AR(1)-EGARCH(1,1) (tableau 8), a fait ressortir un paramètre β_1 inférieur à 1 et significatif au seuil de 1% ce qui garantit la positivité de la volatilité et sa stationnarité. Les autres paramètres sont également significatifs au seuil de 1% pour la constante et α_1 , et 5% pour le coefficient γ . Ce dernier, étant négatif, indique que les chocs de rendement négatifs ont un effet plus significatif sur la volatilité, en d'autres termes, les rendements négatifs passés ont tendance à accroître l'ampleur des fluctuations futures et constituent, de ce fait, une source d'agitation du marché. Pour la relation entre la volatilité et la pandémie du coronavirus, le modèle montre que le début de la pandémie au Maroc a eu son effet sur la volatilité du rendement du marché des actions suivant le signe du paramètre δ , significatif au seuil de 1%, associé à la variable dichotomique *Dcovid*.

Tableau 8 : Estimation du modèle AR(1)-EGARCH(1,1)

	coefficient	z-statistic	Prob
Equation de la moyenne			
Constante	0.000174	0.486890	0.6263
AR(1)	0.111749	1.876128	0.0606
Equation de la variance			
$\ln(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \beta_1 \ln(\sigma_{t-1}^2) + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} + \alpha_1 \left[\frac{ \varepsilon_{t-1} }{\sqrt{\sigma_{t-1}^2}} - \sqrt{2/\pi} \right] + \delta Dcovid_t$			
α_0	-1.574429***	-4.159219	0.0002
α_1	0.873693***	24.85628	0.0000
β_1	-0.118596**	-2.447852	0.0144
δ	0.35736***	4.960943	0.0000

AIC	-7.145382		
Q-stat (16)	18.616		0.232
Q-stat ² (16)	25.814		0.057
F-stat/ARCH Effect	1,363		0.6729
Jarque-Bera	43.5283		0.0000

*** et ** indiquent une significativité à 1% et 5%.

S'agissant des tests de diagnostic effectués sur les résidus issus des deux modèles ci-dessus, les résultats des tests d'autocorrélation indiquent, globalement, l'absence d'autocorrélation des résidus et des carrés des résidus pour les deux modèles. Pour le test ARCH, la statistique F de Fisher permet de rejeter l'hypothèse d'hétéroscédasticité et de conclure sur l'homoscedasticité des résidus ce qui constitue un autre argument en faveur de la robustesse de la modélisation conditionnelle de la volatilité, cependant, l'hypothèse de normalité selon la statistique de Jarque-Bera, est rejetée ce qui représente, probablement, le seul indicateur en défaveur de la robustesse des spécifications retenues pour répondre à la question du lien entre l'information sur la maladie du coronavirus et la volatilité boursière.

5. CONCLUSION

Cette recherche avait pour objectif d'examiner la relation entre l'évolution de la situation pandémique au Maroc et la volatilité du rendement boursier pendant la période du confinement généralisé, et d'étudier, si le début de la pandémie pourrait être considéré comme une source de l'importance des fluctuations boursières constatées après l'annonce des premiers cas dépistés positifs au covid-19 au Maroc.

Une première conclusion tirée de ce travail confirme l'hypothèse d'une relation causale entre le rendement boursier et l'évolution quotidienne de la maladie en termes du nombre des nouveaux cas déclarés. Pour le lien entre la pandémie mondiale et la volatilité, la deuxième conclusion montre qu'il y a eu une forte agitation du marché en termes de rendement avec le début de la crise au Maroc.

D'un point de vue de la théorie financière standard, ces résultats constituent, un argument en faveur de l'hypothèse d'efficience informationnelle en constatant une réaction des cours boursiers à l'arrivée de l'information sur la covid-19. Par ailleurs, paradoxalement, les mêmes conclusions représentent un argument en défaveur de cette hypothèse stipulant que l'information sur les fondamentaux économiques est entièrement reflétée dans les prix. En effet, comme nous l'avons précisé, durant la phase de confinement, il n'y avait pas une véritable activité économique, ni de perspectives de croissance justifiant l'intensité des mouvements des prix et l'ampleur des fluctuations constatées.

Certes, le caractère imprévisible de l'évolution de la courbe pandémique rend, relativement, difficile une étude axée sur une relation de causalité, ou encore une tentative de mener objectivement une modélisation en incorporant de l'information sur la maladie, cependant, les conclusions de

cette recherche s'inscrivent dans le cadre du débat classique entre partisans du paradigme financier dominant, fondé sur l'hypothèse de la valeur objective, et d'autres approches alternatives ou concurrentes, voire, parfois complémentaires. En effet, si les conclusions tirées soulèvent des questions sur la validité des modèles théoriques de formation et d'évaluation des prix des actifs financiers, elles constituent, également, une extension des conclusions de travaux antérieurs, et une réflexion sur un nouveau cadre théorique pour repenser la valeur économique en dehors des constructions axées uniquement sur une logique purement de calcul.

REFERENCES

- Avouyi-Dovi, S., & Jondeau, E. (1999). La modélisation de la volatilité des bourses asiatiques. (No. 58).
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics*, 31(3), 307-327.
- Box G.E.P., Jenkins, G., (1976). *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, San Francisco : Holden-Day.
- Dickey, D.A., & Fuller, W. A. (1976). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 74, 1979, pp. 427-431.
- Engel, S. M. (1982). *With good reason an introduction to informal fallacies*.
- Falloul, M. E. M., & Mansouri A. (2014). Indice MASI : une tentative de modélisation par les modèles ARIMA et GARCH [MASI index: an attempt of modeling using ARIMA and GARCH models]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7(4), 1560.
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets : A review of theory and empirical work. *The journal of Finance*, 25(2), 383-417.
- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica : journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Nelson D. B. (1991)., Conditional heteroskedasticity in asset returns : A new approach, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Nelson, D. B., & Cao C. Q. (1992). Inequality constraints in the univariate GARCH model. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10(2), 229-235.
- Onali, E. (2020). Covid-19 and stock market volatility. Available at SSRN 3571453.