
Actes de la deuxième conférence internationale sur la Francophonie économique

L'ENTREPRENEURIAT ET L'INSERTION PROFESSIONNELLE DES JEUNES ET DES FEMMES EN AFRIQUE FRANCOPHONE

Université Mohammed V de Rabat, 2-4 mars 2020

ÉTUDE ÉCONOMÉTRIQUE DE LA DÉTECTION DES CRISES FINANCIÈRES DANS LE SYSTÈME FINANCIER MAROCAIN

Latifa MOURCHID

*Doctorante chercheuse dans le laboratoire d'analyse économique et de modélisation,
FSJES SUISSI, Université Mohamed V de Rabat, Maroc
latifamourchid55@gmail.com*

RÉSUMÉ – Le Maroc, doit, déployer des efforts considérables dans le cadre des crises financières et ce, dans le but d'appréhender des outils et des méthodes économétriques avancées et susceptibles de prévenir et détecter leurs déclenchements et leurs avènements. Notre étude porte sur détection des sources de vulnérabilités dans le système financier marocain par l'élaboration un indicateur de fragilité composé d'un ensemble de variables monétaires et financières et ensuite l'estimation du modèle économétrique LOGIT pour identifier les crises financières qui peuvent affecter notre système financier.

Mots clés : Crise financières, indicateur de vulnérabilité, modèle LOGIT.

Les idées et opinions exprimées dans les textes sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'OFE ou celles de ses partenaires. Aussi, les erreurs et lacunes subsistantes de même que les omissions relèvent de la seule responsabilité des auteurs.

INTRODUCTION

Les crises financières peuvent toucher la monnaie, les établissements financiers ainsi que le marché boursier. Elles peuvent affecter plusieurs secteurs dans l'économie, et aussi peuvent s'étendre par contagion et devenir internationale.

Dans ce sillage, il s'avère nécessaire de développer des indicateurs d'alerte et ce, dans le but d'anticiper et de détecter les faiblesses du système financier et la survenance des crises.

Théoriquement, Ghosh et al. (2008) ; Drees and Pazarbasioglu (1998) ont signalé les diverses sources de vulnérabilité et les facteurs déclencheurs de différentes crises financières survenues ces dernières décennies (crise asiatique, argentine, crise de subprime...).

Ces crises ont coûté trop cher aux pays concernés avec une diminution importante de la production et une augmentation des dépenses gouvernementales.¹ Ainsi, la crise peut avoir un impact sur la sphère réelle de l'économie à travers les effets d'une dépréciation de la monnaie domestique sur la dégradation des bilans des entreprises, (Krugman, 1999 et Aghion, Bacchetta et Banerjee, 2000). C'est pourquoi, il a été nécessaire de mettre en œuvre un système précoce visant à bien prévoir les diverses vulnérabilités et ceci dans le collimateur d'une proactivité pleinement efficace.

En effet, la littérature empirique, consacrée à l'élaboration de systèmes d'indicateurs d'alerte afin de détecter les faiblesses d'une économie à travers une batterie d'indicateurs économiques et financiers.

La stabilité et la résilience de notre système financier est assuré par Bank Al Maghreb, ce dernier exerce la politique monétaire tout en poursuivant l'évolution des indicateurs macroéconomiques, monétaires et financiers.

Le présent travail a pour objet de détecter les sources de vulnérabilité dans le système financier marocain. Dans ce sens, on va délimiter ces problèmes en utilisant un indicateur synthétique qui englobe toutes les informations existantes dans un ensemble de variables monétaires et financières. Par la suite, on va appliquer un modèle LOGIT pour prévoir la survenance des crises.

Ce papier est réparti en deux sections, la première section est consacrée à la revue de la littérature empirique sur la prédiction des crises financières et les méthodes économétriques utilisées, la seconde section présente notre étude empirique sur les crises financières.

I- REVUE DE LITTÉRATURE THEORIQUE ET EMPIRIQUES

La littérature économique fait la distinction entre trois types de crises financières : La crise de change, bancaire et de dette externe.²

En pratique, il n'y a pourtant pas de formes pures de crise. Dans ce sens, un concept particulier dans la théorie économique est représenté par les crises jumelles (twin crises), crise de change et crise bancaire.

Les crises de l'Asie (1997), de Russie (1998) ou de Turquie (2000) sont des exemples types. D'autres formes complexes de crises sont les crises de change et fiscales, Brésil (1999), ou les crises de change et de dette externe, Mexique (1994), Argentine (2001).³

Les études théoriques et empiriques montrent qu'il est difficile de délimiter les différents types de crises financières car, généralement, ces crises coexistent. Cependant, certaines font une distinction entre crises de change pures, crises de dette externe et crises jumelles en termes de succession des événements et des conséquences économiques, comme par exemple l'étude de Bauer et al. (2007).

¹ (ALAIRE ; 2001)

² (BENJEDI ; GHILES, 2009)

³ (CARTAPANIS, 2004)

Dans ce sens, plusieurs auteurs se sont penchés sur l'étude des crises financières et plusieurs études ont été faites dans le cadre de leurs anticipations, avec des différentes méthodes économétriques.

Ali ARI et Rustem DAGTEKIN, ont analysé la crise turque de 2000-2001 en utilisant un modèle de régression linéaire et un modèle logit qui a permis de mesurer le degré d'implication des fondamentaux économiques et des variables bancaires dans le déclenchement de la crise turque. L'objectif était de déterminer quels sont les facteurs qui ont précipité la crise turque et d'analyser de quelle nature ils relèvent.⁴

Une étude économétrique basée sur la modélisation LOGIT a été effectuée par Avery et Hanweck (1984), Barth et al. (1985) et Benston (1985) sur les banques américaines. Ils ont prédire les difficultés bancaires en utilisant sept ratios financiers, (la qualité des actifs, le ratio de solvabilité et les revenus...)

Aussi, une étude a été faite par Demirgüç and Detragiache (1998) sur les déterminants des crises bancaires des pays développés et ceux en voie de développement, par l'utilisation d'un modèle LOGIT multivarié sur un ensemble de variables financières.

Dans le même cadre, Hardy et Pazarbasioglu (1999) ont estimé un modèle LOGIT multi varié (ordonné) pour prévoir les crises bancaires. Les variables explicatives ont été incluses avec des retards permettant une analyse encore plus dynamique de leurs effets sur la vulnérabilité financière, en particulier lors d'un boom ou d'une récession.

Une étude effectuée par André GARTAPANI, Vincent DROPSY et Sophie MAMETZ intitulée (crise de change et indicateur de vulnérabilité), ces auteurs ont s'intéressée sur l'évaluation de la fiabilité d'un ensemble d'indicateur de vulnérabilité à une crise de change, ils ont proposé une analyse économétrique des déterminants des crises de change en distinguant des indicateurs de soutenabilité et vulnérabilité, ces études ont permis d'évaluer l'impact des indicateurs d'alerte sur la vulnérabilité à une crise de change⁵.

Eichengreen et Rose (1998) ont utilisé la modélisation probit et une analyse graphique pour étudier l'impact des conditions externes (taux de croissance et d'intérêt des pays industriels) sur la stabilité financière et l'impact de la composition de la dette et des régimes de change, Ils arrivent à conclure que, la probabilité de crise est élevée si taux d'intérêt élevé et faible croissance des pays de l'OCDE, forte dette à court terme.⁶

Egalement, le fond monétaire international (FMI) a calculé un indicateur composite de vulnérabilité macro-économique en ne retenant que trois variables : le taux de change réel, la croissance du crédit domestique et le ratio M2/réserves internationales.

Les pondérations répondent à la volatilité relative des trois fondamentaux, chacun étant intégré dans l'indicateur à partir des écarts vis à vis de sa tendance sur trois années. Les calculs ont été réalisés pour six pays asiatiques et quatre pays latino-américains, entre novembre 1993 et novembre 1997.⁷

⁴ (ARI ; DAGATEKIN ; 2000-2001)

⁵ (GARTAPANI ; VINCENT DROPSY-SOPHIE MAMETZ ; 1998)

⁶ (HAMDANE BEN LETAIFA ; 20011)

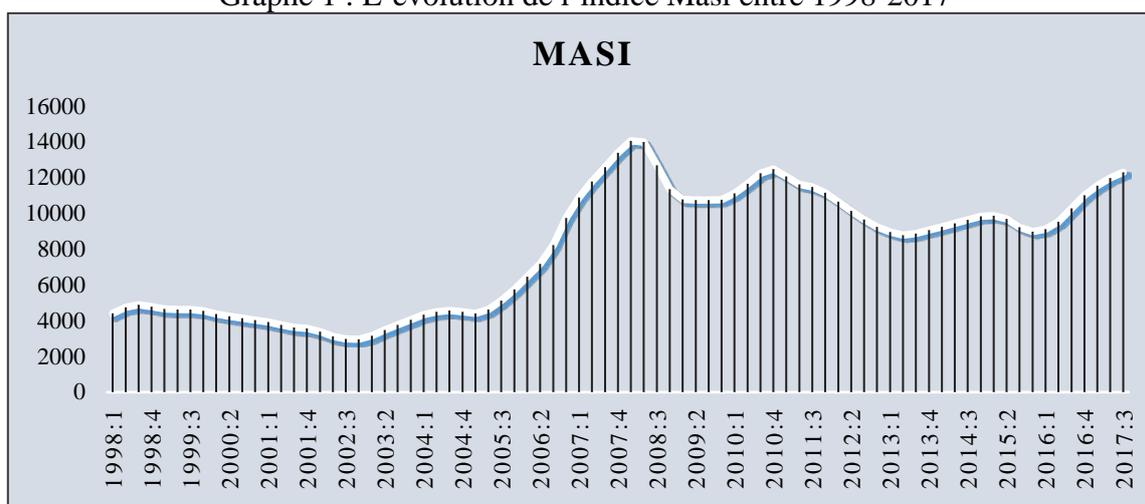
⁷(GARTAPANI ; VINCENT DROPSY-SOPHIE MAMETZ ; 1998)

II- ETUDE EMPIRIQUE SUR LA DETECTION DES CRISES DANS LE SYSTEME FINANCIER MAROCAIN

1. Variables utilisées

Indice MASI : Le suivi de la situation de la bourse suppose la définition d'un indicateur pertinent capable de refléter en permanence les caractéristiques et l'évolution des produits boursiers (Valeurs mobilières). L'indice de Masi permet de mesurer la performance des valeurs mobilières sur la bourse de Casablanca⁸. Le choix de cette variable a pour but d'avoir une idée claire sur la santé du marché financier, surtout dans les périodes des crises.

Graph 1 : L'évolution de l'indice Masi entre 1998-2017



Source de données : La bourse des valeurs de Casablanca

D'après le graphique ci-dessus, on constate que l'indice MASI a connu une baisse dans le troisième trimestre de l'année 2002. Cette diminution s'explique par l'effet psychologique de la crise financière 2000- 2002 (krash boursier qui a été marqué par les faillites de grandes sociétés comme Enron, Worldcom...). En 2009, on remarque une baisse de l'indice qui a été due à l'effet de la crise de Subprime de 2007. Pour ce qui concerne la diminution de cet indice à partir du premier trimestre de 2016, on peut l'expliquer par l'effet psychologique de la crise financière de 2015 qui a affecté la bourse de Shanghai.

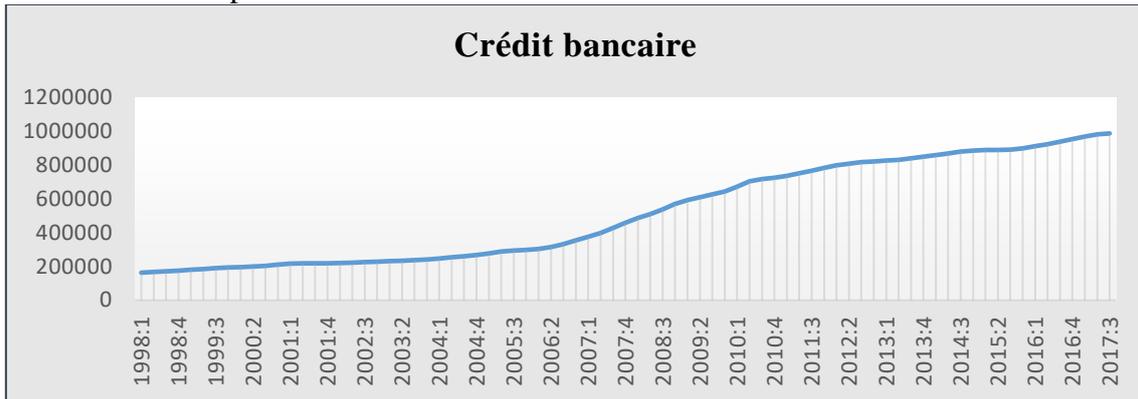
Les crédits bancaires :

Les crédits bancaires sont des financements accordés aux différents agents économiques à savoir les personnes morales ou personnes physiques par les établissements de crédit. Ils impliquent avant leur octroi, une analyse de risque, et aussi des prises de garanties. Ils peuvent être consentis pour des durées courtes (découvert) ou peuvent tout au contraire, être remboursés à long terme (30 ans et plus). ⁹On a choisi cette variable comme un indicateur financier qui évalue la santé de notre économie.

⁸ <http://www.casablanca-bourse.com>

⁹ <https://actufinance.fr>

Graphe 2 : L'évolution des crédits bancaires entre 1998-2017



Source de données : BAM

D'après ce graphe, on constate une quasi stabilité des crédits bancaires depuis 1998 jusqu'au troisième trimestre de l'année 2005. A partir du second trimestre de 2006 les crédits ont connu une augmentation sans cesse jusqu' à 2017. Ceci peut être expliqué par l'existence d'un matelas de liquidités bancaires importantes.

La dette publique :

La dette publique est, dans le domaine des finances publiques, l'ensemble des engagements financiers pris sous formes d'emprunts par un État, ses collectivités publiques et ses organismes qui en dépendent directement (certaines entreprises publiques, les organismes de sécurité sociale, etc.). Le choix de cette variable a pour objectif d'évaluer le degré d'endettement public de l'économie marocaine.

Graphe 3 : L'évolution de la dette publique 1998-2017



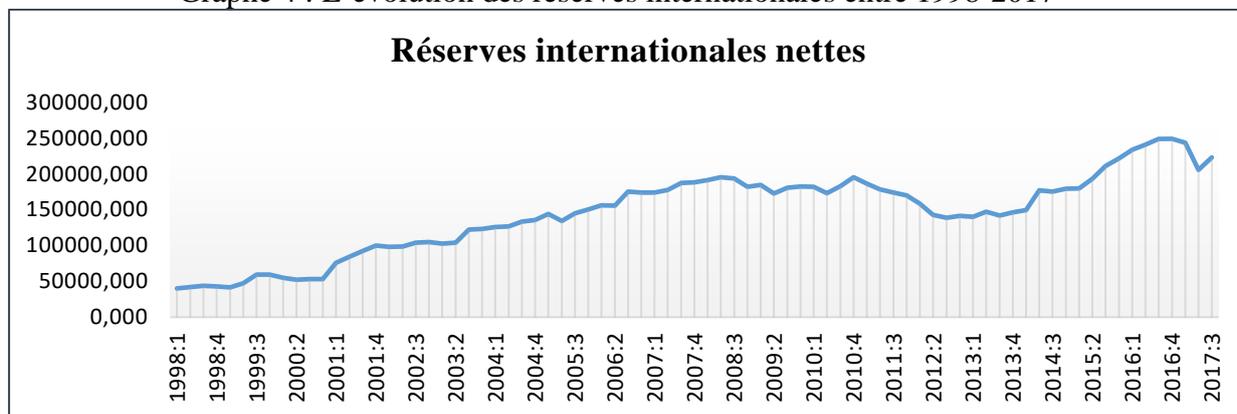
Source de données : Ministère de l'économie et des finances

L'analyse de ce graphique, nous montre que la dette publique a connu une quasi stabilité durant la période 1998-2006. Cependant, on constate une augmentation à partir du premier trimestre de 2007 jusqu'à le troisième de l'année 2008. Cette élévation coïncide avec l'émergence de la crise financière internationale de 2007. La dette publique a continué sa hausse à partir de l'année 2010 jusqu'aujourd'hui. Une telle évolution peut être explicitée par la tendance du gouvernant marocain à rehausser le niveau d'investissement ou encore le recours au financement des grands chantiers du royaume (TGV à titre illustratif).

Les réserves internationales nettes :

Les réserves de change sont les moyens de règlement dont disposent les autorités monétaires d'un pays, c'est à dire la banque centrale, pour solder les déficits de la balance des paiements envers l'étranger. Cette variable vise à refléter la situation monétaire de la banque centrale.

Graph 4 : L'évolution des réserves internationales entre 1998-2017



Source de données : Bank Al Maghreb (BAM)

D'après la représentation graphique, on remarque qu'il y a une baisse des réserves internationales dans le trimestre 2 de l'année 2000 par rapport au même trimestre de l'année précédente. En revanche, à partir du quatrième trimestre de 2002, les réserves ont connu une hausse significative jusqu'au 2007. Toutefois, à partir de l'année 2008, les réserves ont affiché une chute apparente qui est amplement due aux effets de la crise mondiale de 2007. Cette tendance baissière s'est poursuivie jusqu'à l'an 2013. Le niveau de réserves s'est nettement amélioré à partir de 2014, avec une baisse apparente en 2016.

Selon la dernière publication de Comité de Coordination et de Surveillance des Risques Systémiques, Les réserves internationales nettes se sont établies à 240,9 milliards de dirhams en 2017 couvrant 5 mois et 21 jours d'importations de biens et services.

Le solde commercial :

Le solde commercial se calcule par la différence des exportations et des importations au cours d'une période déterminée, qui est le plus souvent un mois, un trimestre ou une année. On parle du déficit commercial, lorsque le solde est inférieur à 0. Lorsqu'on a un excédent ; le solde commercial est supérieur à 0.

Graph5 : L'évolution du solde commercial entre 1998-2017



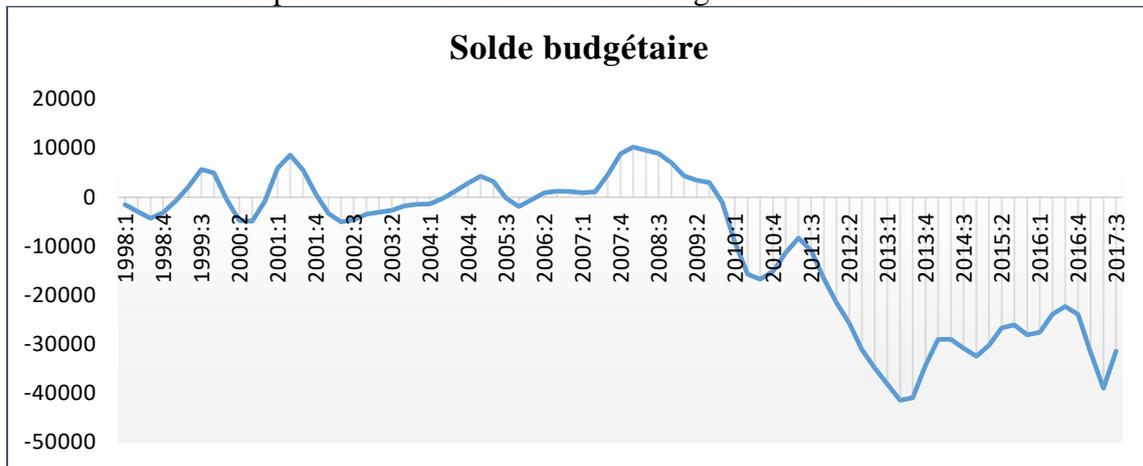
Source de données : L'office de change

Le graphe ci-dessus nous montre que le solde commercial est structurellement déficitaire. Toutefois, une telle situation s'est aggravée au cours des années 2000 et 2002. Ainsi, à partir de 2003 le déficit s'est largement creusé jusqu'à atteindre un niveau plus bas.

Le solde budgétaire :

Le solde budgétaire de l'État est la différence entre le niveau des recettes et le niveau des dépenses constatées dans le budget de l'État. Lorsque ce solde est positif, il s'agit d'un excédent. Dans le cas contraire, on dit que le solde est déficitaire. La source de notre variable est le ministère de l'économie et des finances.

Graph 6 : L'évolution du solde budgétaire 1998-2017



Source de données : Ministère de l'économie et des finances

On remarque d'après le graphique ci-dessus, le solde budgétaire a augmenté en 1999 et 2001 par contre, il y a eu une détérioration qui s'affichait en 2000.

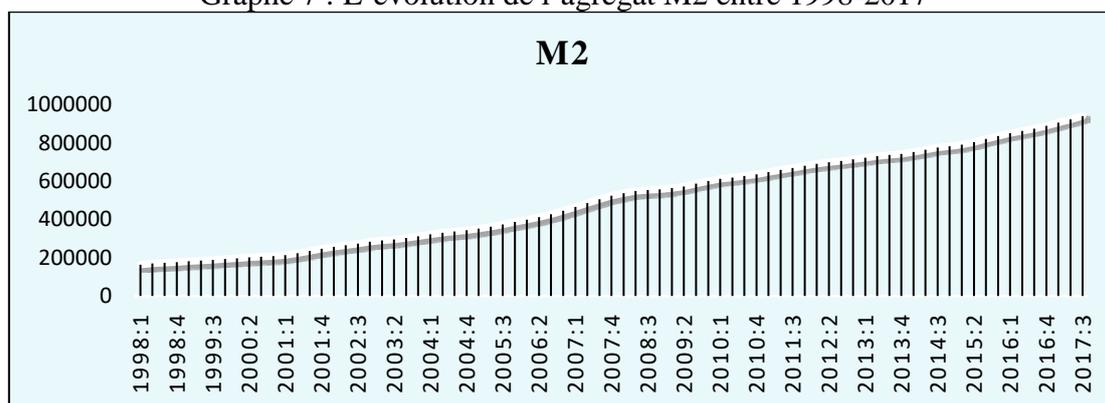
À partir de 2010, le solde budgétaire est devenu déficitaire et y resté jusqu'à aujourd'hui avec une forte diminution en 2013 qui est liée surtout à l'accroissement des dépenses publiques en l'occurrence les dépenses de personnel et les dépenses de la compensation.

L'agrégat M2 :

Dans un pays ou d'un groupe de pays partageant une monnaie, la masse monétaire est la quantité de monnaie en circulation à un instant donné, ou plus exactement l'ensemble des moyens de paiement susceptibles d'être convertis à courte échéance en liquidités.

L'agrégat M2 est composé de M1 (billets de banque et pièces de monnaie et monnaie scripturale qui se compose de soldes créditeurs détenus par les clients sur leurs comptes bancaires à vue) et les dépôts à terme d'une durée inférieure au égale à deux ans et les dépôts assorties d'un préavis de remboursement inférieurs au égale à trois mois.

Graphe 7 : L'évolution de l'agrégat M2 entre 1998-2017



Source de données : BAM

D'après le graphe on constate que l'agrégat M2 est en augmentation rythmée depuis 1998 jusqu'à 2017 avec une petite baisse en 2008. Cette amélioration s'explique par l'accroissement des crédits bancaires.

Tableau 1 : Les variables retenues et leurs impacts attendus sur l'indicateur de crise

Variables	Notation	Impact attendu des variables sur l'indicateur de crise
L'indice Masi	Masi	L'effondrement de l'indice boursier montre le retrait massif des capitaux peut être perçu comme un signe avant-coureur de la crise.
Les crédits bancaires	CB	Les crédits bancaires jouent un rôle vital dans le financement de l'économie. Toute diminution de ces derniers entraîne un déséquilibre financier, l'indice de crise devrait augmenter suite une baisse des crédits.
La dette publique	DP	L'augmentation de la dette est considérée comme une source de vulnérabilité pour un pays, l'indice de crise devrait augmenter face à l'augmentation de la dette.
Les réserves internationales nettes	RSRV	Les réserves internationales sont les moyens de règlement dont dispose la banque centrale. En effet, la diminution des réserves constitue une source de vulnérabilité pour un pays, l'indice de crise devrait augmenter face à la diminution des réserves internationales.

M2	M2	L'agrégat M2 regroupe aussi l'indicateur M1. Ils s'agissent des indicateurs statistiques qui regroupent dans des ensembles homogènes les moyens de paiement détenus par les agents économiques. Ainsi, une baisse de ces indicateurs représente une source de vulnérabilité pour le système financier. Notre indice de crise devrait augmenter vis à vis la baisse de M2.
Solde commercial	SOLDBUDG	Une augmentation du déficit de la balance courante peut être perçue comme un signe de fragilité aux yeux des marchés et peut contribuer à une augmentation de l'indice de crise.
Solde budgétaire	SOLDCOMER	Un déficit budgétaire est souvent considéré par les marchés comme une source de déséquilibre puisqu'il réduit l'épargne nationale disponible et peut conduire à des taux d'inflation élevés ou à une hausse des taux d'intérêt. L'indice de crise devrait augmenter suite à une détérioration du solde budgétaire.

2. Élaboration d'un indicateur de vulnérabilité

La crise financière est un mouvement qui se propage avec des phases décalées au niveau des composantes du système financier, c'est pour cette raison, nous avons besoin d'un indicateur qui synthétise la phase qui englobe toutes les informations existantes dans toutes les variables. Ainsi, et pour avoir cet indicateur il y a plusieurs méthodes qui sont utilisés, parmi laquelle, celle de la moyenne arithmétique.

Notre indicateur est composé d'un ensemble de variables susceptible de détecter quelques points de fragilité du système financier marocain, l'élaboration de cet indicateur consiste à passer par les étapes suivantes :

- Le calcul de la moyenne arithmétique des variables financières et monétaires qui sont : l'indice de la bourse de Casablanca, les réserves internationales nette, le solde commercial, le solde budgétaire, la dette publique et l'agrégat M2.

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$= \frac{(M2+MASI+CB-DP+RSRV+SOLDCOMER+SOLDBUDG)}{6}$$

Avec :

CB : Crédits Bancaires

DP : Dette Publique

RSRV : Réserves Internationales Nettes

SOLDCOMER : Solde Commercial

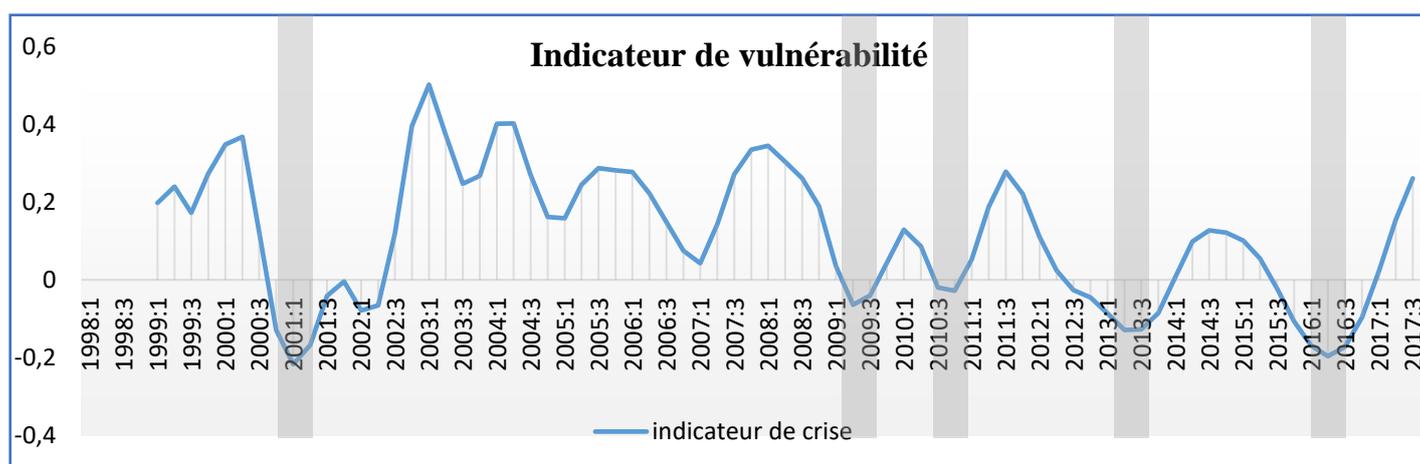
SOLDBUDG: Solde Budgétaire

MASI: Moroccan All Shares Index

- Le calcul de la variation annuelle de la moyenne arithmétique $\frac{X_t - X_{t-4}}{X_{t-4}}$

- On a observé les périodes qui affichent une variation négative de cette variation annuelle de la moyenne et lui faire correspondre 1 et 0 ailleurs.

Graph 8 : L'évolution de l'indicateur de fragilité entre 1998-2017



Interprétation

Notre indicateur de fragilité a pu détecter des phases de vulnérabilité de notre système financier dans les périodes des crises internationales.

Pour l'année 2001 : On constate que l'indicateur de fragilité nous a permis de détecter la transmission d'une crise boursière à notre système financier en 2001, qui est le krach boursier qui s'est produit plus particulièrement sur le marché américain des valeurs technologiques, le NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated Quotation), dont l'indice phare du même nom perdit alors 40 % de sa valeur en quelques semaines, cependant, cette valeur avait été multipliée par 5 de 1995 à mars 2000. Pour le cas de la bourse de Casablanca, on a déjà remarqué, par l'analyse précédente la chute de l'indice Masi dans cette période. Cette baisse est le résultat de la sortie des investisseurs étrangers de la bourse (effet psychologique).

L'année 2009 : D'après l'indicateur de fragilité, l'année 2009 a subi une crise. En réalité, c'est la transmission de la crise internationale de 2007, qui a concerné prioritairement le secteur de l'immobilier et qui s'est transformé par la suite à une crise de l'économie réelle à partir de 2007.

Cette crise a eu des conséquences non seulement sur le marché immobilier et bancaire américain, mais aussi sur l'économie mondiale. En effet, un nombre important de banques britanniques, françaises ou encore allemandes ont acheté des titres regroupant des créances peu risquées et risquées (les Subprimes) ce qui a provoqué une baisse immédiate des indices boursiers et a engendré une panique sur les marchés.

Pour l'année 2013 : L'indicateur signale l'existence d'une vulnérabilité qui peut être expliquée par la conjonction d'une multitude de raisons en particulier celle liée à la baisse des réserves de changes ainsi que celle relative au creusement du déficit budgétaire.

Pour 2015-2016 : Ces deux années ont été frappé par une crise financière, selon l'indicateur de fragilité, cela est justifié par le krach boursier en Chine qui a été commencé le 12 juin 2015. Le tiers de la valeur des titres de la bourse de Shanghai a été perdu en l'espace d'un mois. Les entreprises inscrites voient donc leur capacité d'emprunt fortement réduite, ce qui ralentira leur croissance et affectera par ricochet les bourses américaines. Ce krach serait la conséquence d'une bulle financière commencée en novembre 2014.

3. Estimation du modèle LOGIT :

- Présentation théorique des variables dichotomiques

Par modèle dichotomique, on entend un modèle statistique dans lequel la variable expliquée ne peut prendre que deux modalités (variable dichotomique). Il s'agit alors généralement d'expliquer la survenance ou le non survenu d'un événement.

Hypothèse : On considère un échantillon de N individus indicés $i = 1, \dots, N$. Pour chaque individu, on observe si un certain évènement s'est réalisé et l'on note y_i la variable codée associée à évènement. On pose, $\forall i \in [1, N]$

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{L'évènement s'est réalisé pour l'individu } i \\ 0 & \text{L'évènement ne s'est pas réalisé pour l'individu } i \end{cases}$$

Le modèle dichotomique probit et logit admettent pour variable expliquée, non pas un codage quantitatif associé à la réalisation d'un évènement (comme dans le cas de la spécification linéaire), mais la probabilité d'apparition de cet évènement, conditionnellement aux variables exogènes. Ainsi, on considère le modèle suivant :

$$P_i = \text{Prob}(y_i = 1 | x_i) = F(x_i \beta) \quad (1.1)$$

Où la fonction $F(\cdot)$ désigne une fonction de répartition. Le choix de la fonction de répartition $F(\cdot)$ est a priori non contraint. Toutefois, on utilise généralement deux types de fonction : la fonction de répartition de la loi logistique et la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite. A chacune de ces fonctions correspond un nom attribué au modèle ainsi obtenu : Modèle logit et modèle probit.

Définition 1 : On considère le modèle dichotomique suivant :

$$P_i = \text{Prob}(y_i = 1 | x_i) = F(x_i \beta) \quad \forall i = 1 \dots N \quad (1.2)$$

Dans le cas du modèle logit, la fonction de répartition $F(\cdot)$ correspond à la fonction logistique $\forall \omega \in \mathbb{R} : F(\omega) =$

$$F(\omega) = \frac{e^\omega}{1+e^\omega} = \frac{e}{1+e^{-\omega}} = \Lambda(\omega) \quad (1.3)$$

Dans le cas du modèle probit, la fonction de répartition $F(\cdot)$ correspond à la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite $\forall \omega \in \mathbb{R} :$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\omega} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = \Phi(\omega) \quad (1.4)$$

4. Estimation des Paramètres par la méthode du Maximum de Vraisemblance

Dans le cas du modèle dichotomique univarié, la construction de la vraisemblance est extrêmement simple. En effet, à l'évènement $y_i = 1$ est associée la probabilité $p_i = F(x_i \beta)$ et à l'évènement $y_i = 0$ correspond la probabilité $1 - p_i = 1 - F(x_i \beta)$. Ceci permet de considérer les valeurs observées y_i comme les réalisations d'un processus binomial avec une probabilité de $F(x_i \beta)$. La vraisemblance des échantillons associés aux modèles dichotomiques s'écrit donc comme la vraisemblance d'échantillons associés à des modèles binomiaux. La seule

particularité étant que les probabilités p_i varient avec l'individu puisqu'elles dépendent des caractéristiques x_i . Ainsi la vraisemblance associée à l'observation y_i s'écrit sous la forme :

$$L(y_i, \beta) = p_i^{y_i} (1 - p_i)^{1-y_i}$$

Dès lors, la vraisemblance associée à l'échantillon de taille N , noté $y = (y_1, \dots, y_N)$ s'écrit de la façon suivante.

$$L(y, \beta) = \prod_{i=1}^N p_i^{y_i} (1 - p_i)^{1-y_i} = \prod_{i=1}^N [F(x_i, \beta)]^{y_i} [1 - F(x_i, \beta)]^{1-y_i}$$

5. Interprétations des résultats et test statistiques

Contrairement aux modèles linéaires estimés par la méthode des moindres carrés ordinaires pour lesquels les coefficients ont des interprétations économiques immédiates en termes de propension marginale, les valeurs des coefficients des modèles ne sont pas directement interprétables. Seuls les signes des coefficients indiquent si la variable agit positivement ou négativement sur la probabilité P_i . Cependant, il est possible de calculer les effets marginaux afin de connaître la sensibilité de la variation d'une variable explicative sur la probabilité P_i .

La significativité des coefficients est appréciée à l'aide des ratios appelés « z -Statistique » car la distribution des rapports du coefficient sur son écart type ne suit pas une loi de Student, comme dans le modèle linéaire général, mais une loi normale. Cette z -Statistique s'interprète de manière classique à partir des probabilités critiques et permet la tenue de tous les tests de significativité concernant les coefficients.

Afin de tester l'hypothèse : $H_0 : a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_k = 0$,

Nous utilisons le ratio du Log vraisemblance.

Soit la statistique suivante :

$LR = -2 (\ln(LR) - \ln(LU))$ avec LR = valeur de la fonction du Log vraisemblance contrainte sous H_0 et LU = Valeur de la fonction du Log vraisemblance non contrainte.

LR suit, sous l'hypothèse nulle H_0 , une distribution d'un χ^2 à k degrés de liberté. Si la statistique LR est supérieure au χ^2 lu dans la table pour un seuil déterminé, généralement de 5%, alors nous refusons l'hypothèse H_0 , le modèle estimé comporte au moins une variable explicative de significative.

Compte tenu de la caractéristique de la variable à expliquer codée en 0 ou 1, le coefficient de détermination R^2 n'est pas interprétable en termes d'ajustement du modèle, c'est pourquoi on utilise une statistique appelée le pseudo- R^2 donnée par : $R^2 = 1 - \frac{\log(Lu)}{\log(Lr)}$ ¹⁰

¹⁰ (BOURBONNAIS ; 9ème Edition)

6. L'estimation de notre modèle :

Dependent Variable: CRISE
 Method: ML - Binary Logit (Newton-Raphson / Marquardt steps)
 Date: 06/28/18 Time: 15:57
 Sample (adjusted): 1999Q1 2016Q3
 Included observations: 71 after adjustments
 Convergence achieved after 7 iterations
 Coefficient covariance computed using observed Hessian

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
DP	9.554631	4.795937	1.992234	0.0463
M2	-16.46451	5.235554	-3.144750	0.0017
MASI(3)	-12.16629	3.765031	-3.231391	0.0012
Mean dependent var	0.323944	S.D. dependent var		0.471310
S.E. of regression	0.356400	Akaike info criterion		0.863496
Sum squared resid	8.637411	Schwarz criterion		0.959102
Log likelihood	-27.65409	Hannan-Quinn criter.		0.901515
Deviance	55.30818	Restr. deviance		89.43251
Avg. log likelihood	-0.389494			
Obs with Dep=0	48	Total obs		71
Obs with Dep=1	23			

- Interprétations statistiques

À la lecture des résultats, nous constatons que :

- La variable M2 à une probabilité critique de 0,0463, elle est donc significative,
- La variable MASI à une probabilité critique de 0,0017 elle est donc significative
- La variable DP (dette publique) est aussi significatives.

Alors les coefficients sont tous significativement différents de 0,

Avec: LU = Log likelihood; LR = Restr. Log likelihood; LR = LR statistic;

LU /n = Avg. log likelihood. Le critère d'information de Hannan-Quinn permet des comparaisons entre les modèles (comme les critères d'Akiak ou Schwarz) en termes d'arbitrage :

Le pseudo-R2 est égale : $R^2 = 33\%$

Le modèle est validé sur le plan statistique.

Le logiciel Eviews propose une table permettant d'appréhender les qualités prévisionnelles du modèle sur l'échantillon en comparant la probabilité estimée pour un individu i d'être $y_i = 1$ ($P(\text{Dep} = 1)$) au seuil arbitraire de 50 % à la valeur observée des $Y_i = 0$ ou 1

Expectation-Prediction Evaluation for Binary Specification

Equation: EQ01

Date: 06/28/18 Time: 15:58

Success cutoff: C = 0.5

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
P(Dep=1)≤C	43	6	49	48	23	71
P(Dep=1)>C	5	17	22	0	0	0
Total	48	23	71	48	23	71
Correct	43	17	60	48	0	48
% Correct	89.58	73.91	84.51	100.00	0.00	67.61
% Incorrect	10.42	26.09	15.49	0.00	100.00	32.39
Total Gain*	-10.42	73.91	16.90			
Percent Gai...	NA	73.91	52.17			

	Estimated Equation			Constant Probability		
	Dep=0	Dep=1	Total	Dep=0	Dep=1	Total
E(# of Dep=0)	39.31	9.13	48.43	32.45	15.55	48.00
E(# of Dep=1)	8.69	13.87	22.57	15.55	7.45	23.00
Total	48.00	23.00	71.00	48.00	23.00	71.00
Correct	39.31	13.87	53.18	32.45	7.45	39.90
% Correct	81.89	60.33	74.91	67.61	32.39	56.20
% Incorrect	18.11	39.67	25.09	32.39	67.61	43.80
Total Gain*	14.29	27.93	18.71			
Percent Gai...	44.10	41.31	42.71			

Pour les observations (48) pour lesquels $y_i=0$ le modèle nous indique que 43 observations ont une probabilité estimée de réussite inférieure à 50%, Dans 89,58 des cas, les échecs ont correctement prévus.

Pour les observations (23) pour lesquels $y_i=1$ le modèle indique que (17) observation ont une probabilité estimée supérieure à 50%, Dans 73.91% des cas, les réussites sont alors correctement prévues.

Ainsi, notre modèle a réussi de prévenir 60, 33% des cas de crises

Le calcul de la fonction logistique est opéré en utilisant EXCEL

Tableau 2 : Indicateur réel et indicateur estimé (Suite du tableau dans l'annexe)

Indicateur de crise	Ex	Pi (ex/1+exp)	Indicateur de crise estimé
0	0,060242338	0,056819404	0
0	0,098261674	0,089470184	0
0	0,320402414	0,242655126	0
0	0,313850404	0,238878341	0
0	0,251491987	0,200953733	0
0	0,210633936	0,173986479	0
0	0,282596215	0,220331396	0
1	0,344414272	0,256181654	0
1	2,764394333	0,734353016	0
1	2,992157621	0,749508888	0
1	2,839439267	0,739545301	1
1	2,63407613	0,724826898	1

• Interprétations économiques

Le LOGIT estimé permet de prédire l'occurrence de la survenue d'une crise à partir de l'indice Masi, l'agrégat M2, et la dette publique, s'écrit :

$$\text{Crise} = f(\text{dette publique ; M2 ; MASI}(3))$$

$$\text{Log}\left(\frac{Pi}{1-Pi}\right) = 9,5546 * DP - 16,46451 * M2 - 12,16629 * MASI(3) + \epsilon_i$$

$$\text{Avec : } \pi_i = \frac{e^{9,5546 * DP - 16,46451 * M2 - 12,16629 * MASI(3) + \epsilon_i}}{1 + e^{9,5546 * DP - 16,46451 * M2 - 12,16629 * MASI(3) + \epsilon_i}}$$

ϵ_i = Résidu d'estimation :

- L'agrégat M2 agit négativement sur l'indice de crise, on peut dire que la diminution de l'offre de la monnaie nationale augmente la probabilité de crise.
 - L'indice de Masi est un facteur négatif de crise, c'est-à-dire la baisse de l'indice Masi peut conduire à l'augmentation de la probabilité de crise.
 - La dette publique agit négativement sur l'indice de crise ce qui revient à dire que la hausse de l'endettement de l'Etat peut augmenter la probabilité de crise chose qui est logique.
- Donc on peut conclure que, notre modèle semble être valide du point de vue économique.

• L'ODDS-RATIO :

Prenant les caractéristiques suivantes relatives à l'année 2016 : la variation annuelle de la dette publique = -0,0083 la variation annuelle du MASI = -0,04804 la variation annuelle de L'agrégat M2= 0,0868

$$\text{Log}\left(\frac{Pi}{1-Pi}\right) = 9,5546 * -0,0083 - 16,46451 * 0,0868 - 12,16629 * -0,0480$$

$$\left(\frac{Pi}{1-Pi}\right) = e^{-0,93}$$

$$= 0,39 \text{ donc } \pi_i = \frac{0,39}{1+0,39}$$

$$= 27 \%$$

On peut dire ici que, si la variation annuelle du MASI atteint -0,04804 et celui de la dette publique -0,0083 et si la variation annuelle de l'offre de la monnaie nationale atteint 0,0868, la probabilité de la survenance de la crise est égale 27%.

• Matrices de confusion

Il est judicieux de construire ce que l'on appelle une matrice de confusion. Elle confronte toujours les valeurs observées de la variable dépendante avec celles qui sont prédites, puis comptabilise les bonnes et les mauvaises prédictions. Son intérêt est qu'elle permet à la fois d'appréhender la quantité de l'erreur (le taux d'erreur) et de rendre compte de la structure de l'erreur (la manière de se tromper du modèle).

Tableau 3 : Matrice de confusion

Y*Ŷ	1	0	Total
1	a=17	b=5	a+b=22
0	c=6	d=43	c+d=49
	a+c	c+d	n=a+b+c+d=71

On peut réécrire la matrice comme suit :

$Y^* \hat{Y}$	Crise prévue par le modèle	Absence de crise prévue par le modèle	Total
Crises observées	a=17	b=5	a+b=22
Absence de crises	c=6	d=43	c+d=49
	a+c	c+d	n=a+b+c+d=71

A partir de la forme générique de la matrice de confusion (Tableau 2), plusieurs indicateurs peuvent être déduits pour rendre compte de la concordance entre les valeurs observées et les valeurs prédites. Nous nous concentrons sur les ratios suivants :

– a sont les vrais positifs c'est à dire. Les observations qui ont été classées positives et qui le sont réellement.

– b sont les faux positifs c'est à dire les observations classés positifs et qui sont en réalité des négatifs. De la même manière, c sont les faux négatifs et d sont les vrais négatifs.

– Le taux d'erreur est égal au nombre de mauvais classement rapporté à l'effectif total c.-à-d. Il estime la probabilité de mauvais classement du modèle.¹¹

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{b+c}{n} = 1 - \frac{a+d}{n} \\ &= 1 - \frac{17+43}{71} \\ &= 0,15 = 15\%\end{aligned}$$

Le taux d'erreur est donc faible.

– Le taux de succès correspond à la probabilité de bon classement du modèle, c'est le complémentaire à 1 du taux d'erreur

$$\begin{aligned}\Theta &= \frac{a+d}{n} = 1 - \epsilon \\ &= 1 - 0,15 \\ &= 0,85 = 85\%\end{aligned}$$

Donc le taux de succès est élevé.

– La sensibilité (ou le rappel, ou encore le taux de vrais positifs [TVP]) indique la capacité du modèle à retrouver les positifs

$$\begin{aligned}\text{Se} = \text{Sensibilité} = \text{TVP} = \text{rappel} &= \frac{a}{a+b} \\ &= \frac{17}{17+5} \\ &= 0,77 = 77\%\end{aligned}$$

– La précision indique la proportion de vrais positifs parmi les observations qui ont été classés positifs.

$$\begin{aligned}\text{Précision} &= \frac{a}{a+c} \\ &= \frac{17}{17+6} \\ &= 73\%\end{aligned}$$

Elle estime la probabilité d'une observation d'être réellement positif lorsque le modèle le classe comme tel.

– La spécificité, à l'inverse de la sensibilité, indique la proportion de négatifs détectés

$$\begin{aligned}\text{Sp} = \text{Spécificité} &= \frac{d}{c+d} \\ &= \frac{43}{6+43}\end{aligned}$$

¹¹ (ROKOTOMOLALA ; 2017)

$$= 87\%$$

– La F-Mesure est très utilisée en recherche d'information. Elle synthétise (moyenne harmonique) le rappel et la précision, l'importance accordée à l'une ou à l'autre est paramétrable avec

$$F\beta = \frac{(1+\beta^2) \times \text{rappel} \times \text{précision}}{\beta^2 \times \text{précision} + \text{rappel}}$$

Lorsque $\beta = 1$ est la valeur usuelle, on accorde la même importance au rappel et à la précision, la F-Mesure devient :

$$F\beta=1 = \frac{2 \times \text{rappel} \times \text{précision}}{\beta^2 \times \text{précision} + \text{rappel}}$$

* $\beta < 1$, on accorde plus d'importance à la précision par rapport au rappel. Une valeur fréquemment utilisée est $\beta = 0,5$, on accorde deux fois plus d'importance à la précision.

* $\beta > 1$, on accorde plus d'importance au rappel par rapport à la précision. Une valeur fréquemment rencontrée est $\beta = 2$.

Dans notre cas, on accorde la même importance au rappel et à la précision, alors $\beta = 1$ on va remplacer cette valeur dans la formule :

$$F\beta=1 = \frac{2 \times \text{rappel} \times \text{précision}}{\beta^2 \times \text{précision} + \text{rappel}} = \frac{2 \times 0,77 \times 0,73}{1 \times 0,73 + 0,77} = 0,74$$

– Indice de Youden

L'index de Youden (Y) est une mesure de la précision de la méthode de diagnostic. Il dépend de la spécificité et de la sensibilité du modèle.

$$Y = \text{Se} + \text{SP} - 1$$

Son mérite est de caractériser le classifieur selon la sensibilité et la spécificité. Il prend la valeur maximum 1 lorsque le modèle est parfait.

Pour le cas de notre modèle, l'indice de youden est le suivant :

$$Y = 0,77 + 0,87 - 1 = 0,67$$

- Quelques remarques sur le comportement de ces indicateurs

- Un "bon" modèle doit présenter des valeurs faibles de taux d'erreur et de taux de faux positifs (proche de 0) ; des valeurs élevées de sensibilité, précision et spécificité (proche de 1).
- Le taux d'erreur est un indicateur symétrique, il donne la même importance aux faux positifs (c) et aux faux négatifs (b).
- La sensibilité et la précision sont asymétriques, ils accordent un rôle particulier aux positifs. On peut dire que la qualité de notre modèle est bonne, puisqu'il contient un taux d'erreur faible et un taux de succès élevé.

Les valeurs de précisions, sensibilité et la spécificité sont proches de 1.

Tableau 4 : Représentation de la qualité du modèle

Indicateur	Valeurs
les vrais positifs	17
les faux positifs	6
taux d'erreur	15%
taux de succès	87%
sensibilité (rappel)	77%
Spécificité	87%
Précision	73%
F-mesure	74%
Indice youden	67%

CONCLUSION

En guise de conclusion de ce travail qui a objet d'étudier quelques points sur la vulnérabilité du système financier marocain dans les périodes de crises. Ce résultat a été réalisé par l'élaboration d'un indicateur de fragilité composé par la variation annuelle de la moyenne arithmétique des variables suivantes. Les crédits bancaires, les réserves internationales nettes, l'indice MASI, la dette publique, le solde commercial, le solde budgétaire et en fin l'agrégat de la monnaie M2.

Par ailleurs, l'estimation du modèle LOGIT nous a servi à connaître quelques sources de vulnérabilité du système financier marocain, ce dernier été affecté principalement par la fragilité de la bourse de Casablanca, ainsi, il est vulnérable à une crise lorsque l'offre de la monnaie dans l'économie nationale diminue, Dans le même sens, l'augmentation de la dette publique peut conduire à l'augmentation de la probabilité de crise.

La première limite de notre modèle, est due au non significativité de quelques variables, nous n'avons retenu que quelques-unes dans le modèle, à savoir l'indice MASI, l'agrégat M2 et la dette publique qu'ont été fidèle à la théorie économique.

BIBLIOGRAPHIE

- A. CARTAPANIS, LE DÉCLENCHEMENT DES CRISES DE CHANGE : QU'AVONS-NOUS APPRIS DEPUIS DIX ANS ? (2004)
- A. ARI, Globalisation financière et fragilité économique et bancaire : une modélisation d'un système d'indicateur d'alerte pour l'économie turque, (2009), thèse d'obtention du doctorat en science économique.
- A.R. GHOSH, J. D. OSTRY et N. TAMIRISA Les signaux de la prochaine crise ? (2009), Finance et développement. Page 35-36
- A. ETTE ANGORA : système d'alerte avancée des crises bancaires : Une approche fondée sur les modèles multinomiaux.

- CLAUDIU TIBERIU ALBULECU, La stabilité du secteur financier en roumaine dans la perspective de son adhésion à l'UEM, (2009) thèse de doctorat en science économique page 43-44.
- GARTAPANI, V. DROPSY et SOPHIE MAMETZ ; crise de change et indicateur de vulnérabilité LE CAS DES PAYS EMERGENTS D'AMERIQUE LATINE ET D'ASIE page 9.
- R. BOURBONNAIS, économétrie, 9ème édition.
- R. ROKOTOMALALA, pratique de la régression logistique, régression logistique binaire et polytomique, (2017), page 42- 45
- H. HAMDANE BEN LATEFA, Déréglementation bancaire et stabilité financière dans les pays émergents, Journal of Academic Finance Vol. 2 n°1 spring 2011 page 7.
- T. BENJEDI ET M. GHILES, *Crise financière : cas de crise des subprimes, 2007, tayb (2009), université de toulouse1 master 1 finance.*
- B. ALLAIRE, *Les indicateurs d'une crise monétaire, (2001, rapport de recherche faculté de Montréal. Page2*
- <http://www.casablanca-bourse.com>
- <https://actufinance.fr>

Annexe 1 : Indicateur réel indicateur estimé

Indicateur de crise	Ex	Pi (ex/1+exp)	Indicateur de crise estimé
0	0,060242338	0,056819404	0
0	0,098261674	0,089470184	0
0	0,320402414	0,242655126	0
0	0,313850404	0,238878341	0
0	0,251491987	0,200953733	0
0	0,210633936	0,173986479	0
0	0,282596215	0,220331396	0
1	0,344414272	0,256181654	0
1	2,764394333	0,734353016	1
1	2,992157621	0,749508888	1
1	2,839439267	0,739545301	1
1	2,63407613	0,724826898	1
1	1,359454776	0,576173271	1
1	1,200675761	0,545594123	1
0	1,159269171	0,536880342	1
0	0,560983396	0,359378195	0
0	0,201640206	0,167804144	0
0	0,100987235	0,091724256	0
0	0,247082612	0,198128504	0
0	0,092078321	0,08431476	0
0	0,05279349	0,050146102	0
0	0,031810108	0,030829421	0
0	0,047880135	0,045692378	0
0	0,051340832	0,048833671	0
0	0,115445458	0,103497179	0
0	0,027109664	0,026394128	0
0	0,027021797	0,026310831	0
0	0,007448083	0,007393019	0
0	0,002046463	0,002042283	0
0	0,000397172	0,000397015	0
0	0,000693374	0,000692893	0
0	8,33352E-05	8,33283E-05	0
0	1,20163E-05	1,20162E-05	0
0	3,32937E-06	3,32936E-06	0
0	3,62102E-06	3,621E-06	0
0	2,57511E-06	2,57511E-06	0
0	2,62702E-06	2,62702E-06	0
0	1,09024E-05	1,09023E-05	0
0	0,000300644	0,000300553	0
0	0,005289778	0,005261944	0
0	0,068816649	0,064385831	1
1	0,033247184	0,032177377	0
1	0,061919038	0,058308624	0
0	0,094922231	0,086693126	0

0	0,327502946	0,246706003	0
0	0,500777885	0,333678881	0
1	1,01726776	0,504279987	1
1	1,660501575	0,624131025	1
0	0,670396444	0,401339722	0
0	0,455634124	0,313014182	0
0	0,511720489	0,338502053	0
0	0,730721989	0,422206451	0
0	0,547278237	0,353703829	0
0	0,279800144	0,218627998	0
1	0,45112443	0,31087922	0
1	0,757130278	0,430890235	0
1	0,637769897	0,389413616	0
1	1,213752304	0,548278279	1
1	0,667325377	0,400237042	0
1	0,686205347	0,40695242	0
0	0,417494823	0,294530051	0
0	3,450341662	0,775298151	1
0	1,889843191	0,653960463	1
0	1,927236102	0,658380819	1
0	0,8430212	0,457412644	0
0	0,845324247	0,458089817	0
1	1,844976494	0,648503247	1
1	3,395042363	0,772470908	1
1	5,968407037	0,85649518	1
1	4,40443332	0,814966724	1
1	3,263225429	0,765435815	1
1	1,074558551	0,517969739	1
0	0,245984563	0,197421838	0
0	0,001578915	0,001576426	0
0	0,001136619	0,001135328	0